

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PEMANFAATAN TRAS SEBAGAI  
BAHAN PENGISI PENGGANTI TERHADAP  
KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT MASTIC*  
*ASPHALT (SMA)*  
*(THE EFFECT OF USING “TRAS” AS A FILLER  
MATERIAL SUBSTITUTION IN THE *SPLIT MASTIC*  
ASPHALT)***

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



**Ramanda Aditya  
15511148**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2021**

## TUGAS AKHIR

# PENGARUH PEMANFAATAN TRAS SEBAGAI SEBAGAI BAHAN PENGISI PENGGANTI TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *SPLIT* *MASTIC ASPHALT (SMA)* (*THE UTILIZATION OF "TRAS" AS A FILLER MATERIAL SUBSTITUTION IN THE SPLIT MASTIC ASPHALT*)

Disusun Oleh

Ramanda Aditya  
15511148

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

Diuji pada tanggal, 24 Oktober 2021

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Ir. Subarkah., M.T.  
NIK: 865110101

Penguji I



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK: 955110103

Penguji II



Berlian Kushari S.T., M.Eng  
NIK: 015110101

Mengesahkan,



Sri Amia Yuni Astuti, DR., I.R., M.T.,  
NIK: 885110101

# PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ramanda Aditya  
NIM : 15511148  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Pemanfaatan Tras sebagai Bahan Pengisi  
Pengganti terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*

Saya menyatakan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir ini yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan yang diberikan oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia adalah hasil dari karya saya sendiri. Adapun juga bagian-bagian tertentu di dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumber-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 untuk menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Oktober 2021

Damulis,



Ramanda Aditya  
15511148

## DEDIKASI



Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam yang senantiasa memberikan nikmat dan rahmat yang tiada mampu penulis menghitungnya.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada nabi agung nabi besar Muhammad SAW serta seluruh keluarganya dan para sahabatnya.

Penulis tak henti-hentinya mengucapkan syukur atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya yang selalu mengalir untuk hambanya.

Lewat selembar kertas ini, penulis ingin mengucapkan ribuan terimakasih kepada:

1. Bapak Herlin dan Ibu Atika, Adek Putra Agung Anugerah serta seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan tanpa kenal lelah kepada penulis.
2. Bapak Ir. Subarkah M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing saya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
3. Bapak Sukamto dan Bapak Pranoto sebagai laboran di laboratorium Jalan Raya UII yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil UII yang telah memberikan ilmu yang tak ternilai harganya serta membimbing penulis hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh keluarga besar “Teknik Sipil 15” yang telah membantu, mengingatkan serta menjadi teman diskusi, terutama untuk teman-teman Laboratorium Jalan Raya.
6. Teman-teman seperjuangan saya Andi Haerul, Farkhan Ramadhan, Matris, Adiyatma, Nugrah yang telah banyak membantu mengingatkan dan menjadi teman diskusi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT Tuhan Semesta Alam, yang mana dengan segala rahmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Pemanfaatan Tras Sebagai Bahan Pengisi Pengganti Terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA). Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

1. Bapak Ir. Subarkah, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran kepada penulis.
3. Bapak Berlian Kushari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran, kritik kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Keluarga Besar penulis (Bapak Herlin, Ibu Atika, Putera Agung Anugerah, Yolanda Rachmadhita) yang selalu memberikan do'a dan dukungan yang tiada henti dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Teman seperjuangan Andi Haerul dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 24 Oktober 2020

Penulis

Ramanda Aditya

(15511148)



## DAFTAR ISI

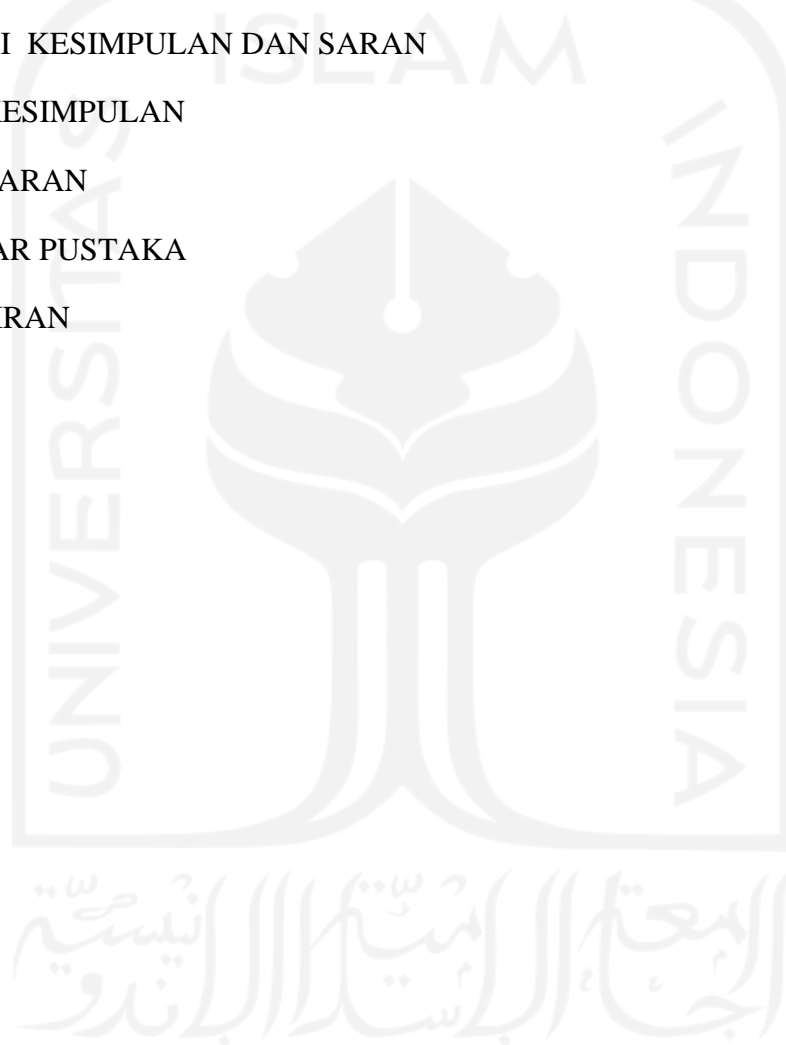
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Pustaka	5
2.2 Karakteristik Campuran dengan berbagai <i>Filler</i> Pengganti	5

2.3 Batu Tras Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Bahan Pengisi ( <i>filler</i> ) pada Karakteristik Campuran	7
2.4 Perbandingan Penelitian	8
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	<b>13</b>
3.1 Perkerasan Lentur Jalan	13
3.2 <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	14
3.2.1 Durabilitas / Keawetan ( <i>Durability</i> )	14
3.2.2 Fleksibilitas / Kelenturan ( <i>Flexibility</i> )	14
3.2.3 Stabilitas ( <i>Stability</i> )	14
3.2.4 Kekesatan ( <i>Skid Resistance</i> )	15
3.2.5 <i>Impermeabilitas</i>	15
3.2.6 Ketahanan Kelelahan ( <i>Fatigue Resistance</i> )	15
3.3 Bahan Penyusun Perkerasan Lentur Jalan	15
3.3.1 Aspal	16
3.3.2 Agregat	17
3.3.3 Gradasi Agregat	18
3.3.4 Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	19
3.3.5 <i>Additive</i>	19
3.4 Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	20
3.5 Karakteristik <i>Marshall Test</i>	21
3.5.1 Pengujian Nilai Stabilitas ( <i>Stability</i> )	21
3.5.2 Pengujian Nilai Kelelahan ( <i>flow</i> )	22
3.5.3 Pengujian Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> )	22
3.5.4 Berat Jenis <i>Bulk Beton Aspal Padat (Gmb)</i>	23



3.5.5 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan (Gmm)	23
3.5.6 <i>Void in Mix (VIM)</i>	24
3.5.7 <i>Void in Mineral Agregate (VMA)</i>	24
3.5.8 <i>Void in Filled with Asphalt (VFA)</i>	25
3.5.9 <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	25
3.6 <i>Immersion Test</i>	26
3.7 <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	26
3.8 <i>Cantabro Loss</i>	27
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>	30
4.1 Metode Penelitian	30
4.2 Tahapan Penelitian	30
4.3 Langkah-Langkah Penelitian	31
4.3.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material	31
4.3.2 Persiapan Alat	33
4.3.3 Perancangan	34
4.4 Pengujian <i>Marshall</i>	40
4.5 Pengujian Perendaman ( <i>Immersion Test</i> )	41
4.6 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	42
4.7 Pengujian <i>Contabro</i>	42
4.8 Analisis Data	42
4.9 Bagan Alir Penelitian	44
<b>BAB V</b>	47
5.1 Karakteristik Material	47
5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	47

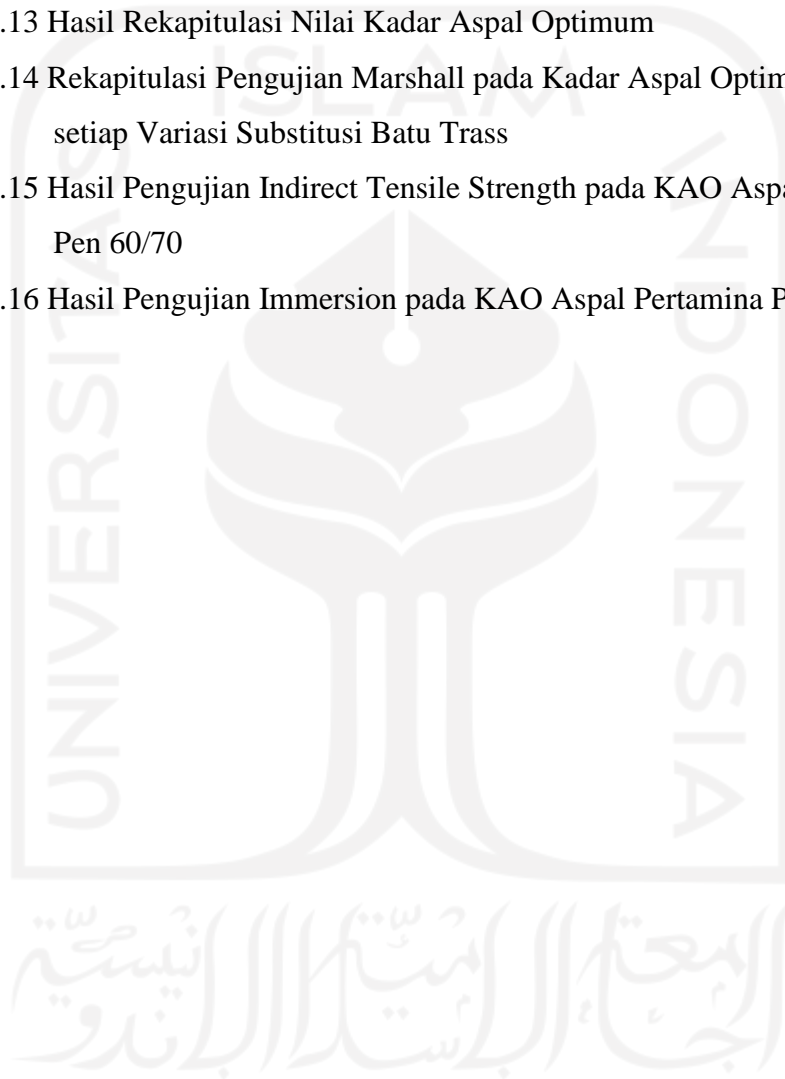
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	47
5.1.3 Hasil Pengujian Campuran SMA Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	49
5.1.4 Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum	60
5.1.5 Hasil Pengujian Campuran SMA Pada Kadar Aspal Optimum	61
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>71</b>
6.1 KESIMPULAN	71
6.2 SARAN	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penggunaan Filler	9
Tabel 3.1 Ketentuan Aspal Pertamina Pen 60/70	16
Tabel 3.2 Spesifikasi Pengujian Karakteristik Agregat	17
Tabel 3.3 Gradasi Agregat campuran Split Mastic Asphalt (SMA)	18
Tabel 3.4 Sifat-Sifat Campuran Split Mastic Asphalt	21
Tabel 4.1 Persyaratan Gradasi Filler	32
Tabel 4.2 Kebutuhan Filler Batu Trass	35
Tabel 4.3 Gradasi Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)	35
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%	37
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%	37
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	38
Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,0%	38
Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,5%	39
Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)	39
Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji pada Setiap Pengujian	40
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	47
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng	48
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Filler Clereng	48
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis Filler Batu Trass	48
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 0%	55
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 25%	55
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 50%	56

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 75%	57
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 100%	58
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum	59
Tabel 5.13 Hasil Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum	60
Tabel 5.14 Rekapitulasi Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Batu Trass	61
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Indirect Tensile Strength pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70	67
Tabel 5.16 Hasil Pengujian Immersion pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70	68



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Struktur Perkerasan Lentur	13
Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)	36
Gambar 4.2 Bagan Aliran Penelitian	46
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	49
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	50
Gambar 5.3 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	51
Gambar 5.4 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	52
Gambar 5.5 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	53
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Marshall Quotient dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	53
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Density dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70	54
Gambar 5.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Filler 0% Aspal Pertamina Pen 60/70	55
Gambar 5.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 25% Aspal Pertamina Pen 60/70	56
Gambar 5.10 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 50% Aspal Pertamina Pen 60/70	57
Gambar 5.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 75% Aspal Pertamina Pen 60/70	57

Gambar 5.12 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 100% Aspal Pertamina Pen 60/70	58
Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Filler Batu Trass Sebagai Substitusi Filler Terhadap Stabilitas	61
Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi Filler Terhadap Nilai Flow	62
Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi Filler Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ)	63
Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi <i>Filler</i> Terhadap Nilai <i>Void In Total Mix (VITM)</i>	64
Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi <i>Filler</i> Terhadap Nilai <i>Void in Mineral Aggregate (VMA)</i>	65
Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi <i>Filler</i> Terhadap Nilai <i>Void Filled with Asphalt (VFWA)</i>	65
Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi Filler Terhadap Nilai Density	66
Gambar 5.20 Grafik ITS Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70	67
Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Nilai Index Of Retained Strength 24 Jam pada Filler Pengganti Batu Trass	69
Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Filler Trass Terhadap Nilai Cantabro loss	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	75
Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE	76
Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas	77
Lampiran 4 Titik Nyala & Titik Bakar Aspal	78
Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	79
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	80
Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	81
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Filler Clereng	82
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	83
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	84
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Filler Trass	85
Lampiran 12 Pemeriksaan Sand Equivalent	86
Lampiran 13 Pemeriksaan Keausan Agregat	87
Lampiran 14 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 0%	88
Lampiran 15 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 25%	89
Lampiran 16 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 50%	90
Lampiran 17 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 75%	91
Lampiran 18 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 100%	92
Lampiran 19 Hasil Pengaruh Substitusi Filler Batu Trass Pada Pengujian Marshall KAO	93

Lampiran 20 Hasil Pengaruh Substitusi Filler Trass Pada Pengujian Index of Retained Strength 24 Jam KAO	94
Lampiran 21 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO	95
Lampiran 22 Pengujian Cantabro dari Hasil KAO	96





## DAFTAR NOTASI

### Notasi :

- S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam  
S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam  
Pruntuh = Beban Puncak (kg)  
h = Tinggi sampel (cm)  
A0 = Konstanta (tabel A0 terlampir pada lampiran)  
K = Koefisien permeabilitas (cm/dtk)  
Y<sub>air</sub> = Berat jenis air (kg/cm<sup>3</sup>)  
L = Panjang atau tinggi sampel (cm)  
T = Lama waktu rembesan (dtk)  
A = Luas penampang sampel (cm<sup>2</sup>)

### Singkatan :

- SMA* = *Split Mastic Asphalt*  
*IRS* = *Index of Retained Strength*  
*CL* = *Cantabro Loss*  
*ITS* = *Indirect Tensile Strength*  
KAO = Kadar Aspal Optimum  
*JMF* = *Job Mix Formula*  
*MQ* = *Marshall Quetient*  
*VITM* = *Void In The Mix*  
*VFWA* = *Void Filled With Asphalt*  
*VMA* = *Void Mineral Aggregate*  
*SSD* = *Saturated Surface Dry*

SNI = Standar Nasional Indonesia

PC = Pasir Clereng



## ABSTRAK

Pada umumnya infrastruktur jalan di Indonesia menggunakan *flexible pavement*. Terdapat beberapa campuran salah satunya *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Campuran *Split Mastic Asphalt* terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. *Filler* umumnya adalah debu yang dihasilkan oleh *stone crusher* akan tetapi persediaan semakin lama semakin terbatas dan mahal. Alternatif yang dapat digunakan adalah *filler trass* Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan batu trass sebagai substitusi *filler* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.

Terdapat empat tahapan dalam penelitian ini, yaitu pengujian sifat fisik material agregat dan aspal. Kedua menentukan kadar aspal optimum pada campuran *SMA* pada variasi substitusi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Ketiga melakukan uji *Marshall*, uji *Index of Retained Strength*, uji *Indirect Tensile Strength*, dan uji *Cantabro*. Keempat melakukan analisis, pembahasan, dan kesimpulan terhadap hasil penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan substitusi batu trass Rembang pada semua variasi substitusi sebagai *filler* pengganti pada campuran *Split Mastic Asphalt* memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan pengganti *filler* Clereng. Hasil uji karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa campuran dapat menahan beban lalu lintas dan kelenturan. Uji *Indirect Tensile Strength* menunjukkan bahwa campuran mampu menahan kuat tarik tak langsung. Pada uji *cantabro* campuran mampu menahan disintegrasi akibat benturan. Nilai durabilitas pada uji *IRS* memenuhi semua persyaratan Bina marga 2018  $\geq 90\%$ .

Kata Kunci : *Split Mastic Asphalt*, *Filler*, Batu Trass Rembang

## ABSTRACT

*In general, Indonesia infrastructure road uses flexible pavement. These are several asphalt mixtures one of which Split Mastic Asphalt (SMA). The mixture of Mastic asphalt is composed of coarse aggregate, fine aggregate, and the filler. Filler are generally the dust taken from stone crusher but the longer the supplies are increasingly limited and costly. Therefore, it takes an alternative that can be used as a filler subtle of one that can be used as an alternative is trass stone. The research aims to determine the influence of the use of coastal trass stone as filler substitution on the Split mastic asphalt (SMA).*

*This research has four phases in this study, first the testing of the properties of aggregate and asphalt material. Second Determined the optimum asphalt in the mix on variation of substitution 0%, 25%,50%, 75%, and 100%. Third are Marshall test, Index of Retained Strength, Indirect Tensile Strength, and Cantabro. Fourth performed analysis, discussion, and conclusions on the results of the research.*

*The results showed that the use of Rembang trass stone as a filler on the Split Mastic Asphalt mix on all variations Meet the requirements and can be used as a filler substitute material of Clereng. Marshall test results showed that the mixture can withstand traffic loads and flexibility. The Indirect Tensile Strength test shows that the mixture is able to withstand tensile strength. The results of cantabro test on the mixed is able to withstand a breakup due to impact. value of durability in the IRS test meets all requirements of Bina Marga 2018  $\geq 90\%$ .*

*Keywords : Split Mastic Asphalt, filler, Rembang trass stone*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, kebutuhan transportasi dirasa semakin penting untuk masyarakat Indonesia. Maka dari itu pembangunan perkerasan jalan semakin banyak dilakukan di Indonesia. Perkerasan lentur jalan adalah suatu konstruksi yang dibangun di atas tanah dasar dan juga merupakan salah satu faktor terpenting dalam hal menunjang pembangunan sarana transportasi. Beberapa jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ialah perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Konstruksi perkerasan lentur ialah jenis konstruksi yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan banyak digunakan selama ini. Konstruksi perkerasan ini terdiri dari beberapa lapisan di mana di beberapa lapisan terutama pada lapis permukaan menggunakan aspal beton atau campuran aspal panas (*Hotmix*).

Campuran dalam perkerasan lentur jalan membutuhkan perkuatan dengan bahan pengisi (*filler*) selaku modifikasi untuk mendukung kekuatan. Campuran perkerasan ialah campuran dari beberapa komposisi seperti agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang telah diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis tertentu. Campuran perkerasan itu sendiri memiliki beberapa macam jenis yaitu salah satunya adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)*. *Split Mastic Asphalt* adalah campuran agregat kasar, agregat halus, aspal, bahan pengisi (*filler*) dan bahan tambah berupa serat selulosa (*fiber*), serat (*fiber*) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dedak padi. Dedak padi yaitu suatu bahan dari hasil proses penggilingan padi. Dedak tersusun dari tiga bagian yang masing masing mempunyai kandungan zat yang berbeda. Salah satu dari tiga bagian tersebut adalah kulit gabah yang banyak mengandung serat kasar dan mineral, sehingga dengan menggunakan serat ini baik digunakan untuk bahan aditif sebagai serat selulosa campuran aspal (Tahir, 2011).

Campuran pada SMA terdiri dari 3 macam jenis, salah satu dari campuran tersebut ialah *Split Mastic Asphalt* yang mana campuran tersebut memiliki gradasi agregat yang paling tinggi tebal perkerasannya dibandingkan dua jenis campuran lainnya. Menurut Tahir (2011) jenis acampuran *Split Mastic Asphalt* merupakan campuran yang pada saat di lapangan nantinya bertebalkan 3,0 – 5,0 cm, dan digunakan sebagai bahan lapis pada permukaan jalan baru. Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* sendiri memerlukan bahan pengisi (*filler*) sebagai salah satu bahan yang berperan penting dalam mengetahui karakteristik kekuatan suatu campuran beton aspal.

Trass/*Pozzolan* sebagai bahan aditif atau *filler* memiliki keuntungan meningkatkan ketahanan terhadap pengelupasan (*stripping*) serta mempengaruhi kinerja campuran dengan cara meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. *Filler* yang biasa digunakan pada campuran berupa abu debu batu. Seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur jalan, maka komposisi campuran aspal seperti *filler* dapat menggunakan bahan lokal seperti batu trass di Rembang, Jawa Tengah. Material *filler* yang ada seperti abu batu dan semen memberikan harga yang relatif cukup mahal. Oleh karena itu pada penelitian ini dicoba material trass dari Kota Rembang, Jawa Tengah sebagai alternatif pengganti atau untuk mengurangi pemakaian dari debu abu batu dan semen yang memiliki nilai ekonomis dan juga masuk kedalam persyaratan umum sebagai bahan pengisi (*filler*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisik dan karakteristik dari batu trass Rembang sebagai substitusi *filler* pada perkerasan *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
2. Bagaimana kualitas dan kinerja campuran penggunaan batu trass Rembang sebagai substitusi *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada perkerasan *Split Mastic Asphalt (SMA)* antara lain stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA* dan *Density*.

3. Bagaimana kualitas dan kinerja campuran penggunaan batu trass Rembang sebagai substitusi *filler* terhadap nilai durabilitas dengan pengujian *Index Of Retained Strength (IRS)*.
4. Bagaimana pengaruh penggunaan batu trass Rembang sebagai substitusi *filler* terhadap kuat tarik tak langsung pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* dengan pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*.
5. Bagaimana pengaruh campuran penggunaan batu trass Rembang sebagai substitusi *filler* pada kinerja campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* terhadap disintegrasi akibat benturan pada pengujian *Contabro Loss*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik dan sifat fisik batu trass pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
2. Mengetahui kualitas dan kinerja karakteristik *Marshall* pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* antara lain stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA* dan *Density* yang menggunakan batu trass sebagai substitusi bahan pengisi.
3. Mengetahui kualitas dan kinerja pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan batu trass sebagai substitusi bahan pengisi terhadap nilai durabilitas campuran pada pengujian *Index of Retained Strength (IRS)*.
4. Mengetahui nilai kuat tarik tak langsung pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan batu trass sebagai substitusi bahan pengisi pada pengujian *Indirect Tensile Test (ITS)*.
5. Mengetahui nilai ketahanan terhadap disintegritas terhadap benturan pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan batu trass sebagai substitusi bahan pengisi pada pengujian *Cantabro Loss*.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Manfaat dari adanya penelitian ini adalah seandainya batu trass dapat

digunakan sebagai pengganti dari material abu batu sebagai bahan pengisi pada campuran aspal beton, maka didapatkan bahan pengganti dari abu batu yang lebih ekonomis namun juga sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018, sehingga meningkatnya permasalahan kebutuhan *filler* sebagai material campuran aspal beton terjawab.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini bertujuan agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan secara efektif dan tidak menyimpang dari maksud dan tujuan penelitian. Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
2. Agregat kasar, agregat halus dan *filler* diperoleh dari Clereng, Kulonprogo yang ada di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan *filler* batu trass dari Rembang, Jawa Tengah.
3. Serat selulosa yang digunakan adalah pada kadar 0,3 % berupa dedak padi.
4. Spesifikasi teknis SMA +S yang digunakan beracuan pada Bina Marga 1983.
5. Penelitian ini tidak membahas unsur-unsur mineral pada *filler* yang digunakan.
6. Persyaratan aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* Clereng dan *filler* trass mengacu pada Bina Marga 2018.
7. Spesifikasi gradasi ideal campuran yang digunakan beracuan pada Kimbangwil (1999) dalam Rahayu (2014)



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Pustaka**

Studi pustaka adalah kegiatan untuk mengumpulkan berbagai informasi yang relevan dengan topik atau masalah yang menjadi objek penelitian. Pada penelitian ini, studi pustaka diperlukan untuk menggambarkan permasalahan yang diteliti dan untuk menganalisis permasalahan mengenai Pengaruh Pemanfaatan Tras Sebagai Bahan Pengisi Pengganti Terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA).

#### **2.2 Karakteristik Campuran dengan berbagai *Filler* Pengganti**

*Filler* merupakan bagian dari agregat penyusun pada campuran lapis perkerasan jalan aspal (bitumen) yang berperan penting untuk menentukan sifat dan kandungan pada campuran aspal beton. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah butiran halus yang lolos saringan no. 200 yang berfungsi untuk menempati rongga-rongga antar butiran pada campuran.

Jurnal Penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2001) tentang pengaruh penggunaan variasi kadar *filler* abu batu dan abu marmer dalam campuran *Split mastic asphalt* +s menghasilkan kesimpulan bahwa *filler* limbah marmer dapat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran SMA+S dan untuk nilai *VITM*, *VFWA*, dan *density* pada masing-masing campuran tersebut secara keseluruhan bahwa campuran dengan bahan *filler* limbah marmer mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding campuran yang menggunakan abu batu.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Eva Tristi Hidayati (2018) tentang pengaruh abu sekam padi sebagai *filler* pengganti terhadap karakteristik campuran *stone matrix asphalt* (SMA) menghasilkan kesimpulan bahwa abu sekam padi sebagai *filler* pengganti berpengaruh pada karakteristik campuran *Stone Matrix*

*Asphalt (SMA) 12,5 mm pada Marshall untuk nilai stabilitas, immersion, dan Cantabro Loss. Pada nilai flow, MQ, VITM, VMA, VFWA, ITS, dan Poisson Ratio mendapatkan hasil yang tidak signifikan yang artinya filler pengganti abu sekam padi tidak berpengaruh terhadap karakteristik campuran SMA 12,5 mm pada nilai flow, MQ, VITM, VMA, VFWA, ITS, dan Poisson Ratio.*

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Ishak (2015) tentang kajian nilai *marshall* campuran SMA 0/11 dengan menggunakan *fly ash* (abu terbang) sebagai pengganti *filler* abu batu menghasilkan kesimpulan bahwa semakin besar kadar *fly ash* dalam campuran SMA 0/11 maka nilai stabilitas semakin besar. Untuk nilai *flow, density, dan Marshall Quotient* menaik seiring dengan bertambahnya kadar *fly ash*. Untuk nilai *VITM dan VFWA* turun seiring bertambahnya kadar *fly ash*.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Razali (2014) tentang (Razali, 2014)(SMA). Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk memperoleh data penggunaan beberapa kadar kapur super sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* grading 0/11. Hasil dari analisis nilai *dust proportion* terhadap nilai *density* menunjukkan nilai fluktuatif atau naik turun. Semakin tinggi *dust proportion* terhadap campuran semakin rendah nilai *VMA*. Semakin tinggi nilai *dust proportion* cenderung menurunkan nilai *VFA*. Nilai cenderung meningkat dengan meningkatnya nilai *dust proportion*. Nilai stabilitas cenderung turun naik dan fluktuatif atau naik turun seiring dengan peningkatan *dust proportion* pada campuran. Peningkatan nilai *dust proportion* mengakibatkan Turun nya nilai *flow*. Peningkatan nilai *dust proportion* mengakibatkan naik nya nilai *marshall Quotient (MQ)*.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Hadiastari (2018) tentang (Hadiastari, 2018). Tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui kinerja campuran SMA grading 0/11 pengaruh *filler* pengganti dengan menggunakan abu sekam padi akibat durasi perendaman air laut yang ditinjau dari nilai karakteristik *Marshall, Index Rentained Strenght (IRS), Indirect Tensile Strength (ITS), Cantabro*, dan permeabilitas dengan skema perendaman menerus berdurasi 0 jam, 48 jam, dan 96 jam. Hasil dari penelitian penambahan kadar *filler* pengganti abu sekam padi terjadi peningkatan nilai stabilitas dan nilai *MQ*, kemudian pada kada *filler 75% dan 100%*

mengalami penerunan, Sedangkan nilai *flow* terjadi penerunan kemudian pada kadar *filler* 75% dan 100% mengalami peningkatan. Pada saat dilakukan perendaman air laut nilai stabilitas, *flow*, dan *MQ* mengalami penurunan.

### **2.3 Batu Tras Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Bahan Pengisi (*filler*) pada Karakteristik Campuran**

Tras adalah batuan lunak atau lapisan tanah yang berasal dari abu gunung api. Tras biasa berwarna putih kumal sampai cokelat muda. Batu tras juga merupakan bahan hasil dari letusan gunung api, berbutir halus yang susunannya mengandung oksida silika amorf ( $\text{SiO}_2$ ) yang telah mengalami pelapukan. Rembang, Jawa Tengah merupakan salah satu daerah penghasil batu tras yang di mana ada salah satu pertambangan batu tras di daerah tersebut. Tras dapat menjadi pengganti bahan semen setelah dicampur dengan bahan kapur (*lime*) sehingga sangat memungkinkan batu tras memiliki kekuatan pada strukturnya. Oleh karena itu, batu tras cocok untuk dijadikan bahan pengisi pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Mecky R.E.Manoppo (2011) tentang pemanfaatan tras sebagai *filler* dalam campuran aspal panas *HRS-WC* menghasilkan kesimpulan bahwa untuk menurunkan nilai stabilitas dan *VIM* serta aspal yang lebih optimal dapat memvariasikan kembali material agregat kasar, sedang, halus, pasir serta tras dan material tras baik digunakan sebagai agregat halus sekaligus berfungsi sebagai *filler* dalam campuran aspal panas *HRS-WC* karena dapat menghasilkan campuran yang baik serta memenuhi spesifikasi.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Alfian M. Abdjan (2013) tentang pemanfaatan tras pada perkerasan jalan menghasilkan kesimpulan bahwa sebagaimana yang diisyaratkan pada spesifikasi Bina Marga 2010, untuk nilai *CBR* pada lapisan pondasi atas dan bawah benda uji telah memenuhi persyaratan kekuatan pada Bina Marga 2010.

Jurnal penelitian yang dilakukan oleh Ayu An Nissa Dali (2017) tentang pengaruh tras lampoto'o terhadap sifat permeabilitas pada campuran *asphalt hot rolled sheet wearing course (HRS-WC)* menghasilkan kesimpulan bahwa pengaruh penambahan variasi Tras Lompoto'o pada *campuran Hot Rolled Sheet – Wearing*

*Coarse (HRS-WC)* memberikan nilai koefisien permeabilitas yang semakin kecil. Variasi tras terbaik untuk campuran *HRSWC* berada pada 15%, karena memiliki nilai stabilitas yang tertinggi sebesar 1577,616 kg dengan nilai koefisien permeabilitas 0 cm/dtk yang menerangkan bahwa campuran tersebut sudah tidak dapat dilalui air (*impervious*), sehingga memiliki tingkat keawetan yang bagus dan lebih tahan terhadap pengaruh air hujan, tidak mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan *film* aspal dari permukaan agregat serta mampu menahan beban lalu lintas.

#### **2.4 Perbandingan Penelitian**

Adapun perbandingan penelitian atau tugas akhir ini dibandingkan dengan beberapa penelitian di atas dalam bentuk tabel, yang dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penggunaan *Filler*

No	Aspek	Santoso (2001)	Eva (2018)	Ishak (2015)	Mecky (2011)	Alfian (2013)	Ayu (2017)	Razali (2014)	Hadiastari (2018)	Penulis
	Judul	Pengaruh Penggunaan Variasi Kadar <i>Filler</i> Abu Batu dan Abu Marmer dalam Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> +s	Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai <i>Filler</i> Pengganti Terhadap Karakteristik Campuran <i>Stone Matrix Asphalt (SMA)</i>	Kajian Nilai <i>Marshall</i> Campuran <i>SMA 0/11</i> dengan Menggunakan <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang) Sebagai Pengganti <i>Filler</i> Abu Batu	Pemanfaatan Tras Sebagai <i>Filler</i> dalam Campuran Aspal Panas <i>HRS-WC</i>	Pemanfaatan Tras pada Perkerasan Jalan	Pengaruh Tras Lampoto'o Terhadap Sifat Permeabilitas pada Campuran <i>Asphalt Hot Rolled Sheet Waring Course (HRS-WC)</i>	Pengaruh <i>Dust Proportion</i> terhadap karakteristik <i>Marshall</i> pada campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	kinerja campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> dengan menggunakan <i>filler</i> abu sekam padi akibat rendaman air laut	Pengaruh Penggunaan Batu Tras Sebagai Filler pada Campuran <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i> + Serat Selulosa pada Gradasi 0/11

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penggunaan *Filler*

No	Aspek	Santoso (2001)	Eva (2018)	Ishak (2015)	Mecky (2011)	Alfian (2013)	Ayu (2017)	Razali (2014)	Hadiastari (2018)	Penulis
	Jenis Campuran	<i>SMA +S</i>	<i>SMA +S</i>	<i>SMA +S</i>	<i>HRS-WC</i>	-	<i>HRS-WC</i>	<i>SMA +S</i>	<i>SMA +S</i>	<i>SMA +S</i>
	Jenis Bahan Ikat	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	-	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70
	<i>Additive</i>	<i>Roadcell 50</i>	Dedak Padi	-	-	-	-	-	-	Dedak Padi
	<i>Filler</i>	Abu Batu dan Abu Marmer	Abu Sekam Padi	<i>fly ash</i>	Batu Tras	-	Tras Lompoto'o	<i>Dust Proportion</i> Batu kapur super	Abu Sekam Padi	Tras Rembang
	Pengujian	Metode <i>Marshall</i>	Metode <i>Marshall</i> , <i>IRS</i> , <i>Contabro</i> , <i>ITS</i> , dan <i>Poisson Ratio</i>	Metode <i>Marshall</i>	Metode <i>Marshall</i>	Metode <i>CBR</i> dan <i>UCS</i>	Metode <i>Marshall</i>	Metode <i>Marshall</i>	<i>Marshall</i> , <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>Cantabro</i> , dan permeabilitas	Metode <i>Marshall</i> , <i>ITS</i> , <i>IRS</i> , dan <i>Contabro</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penggunaan *Filler*

No	Aspek	Santoso (2001)	Eva (2018)	Ishak (2015)	Mecky (2011)	Alfian (2013)	Ayu (2017)	Razali (2014)	Hadiastari (2018)	Penulis
	Spesifikasi Peninjauan	Pengaruh penggunaan variasi kadar <i>filler</i> abu batu dan abu marmer terhadap karakteristik campuran <i>SMA</i>	Pengaruh <i>filler</i> abu sekam padi terhadap karakteristik campuran <i>SMA</i>	Pengaruh <i>filler fly ash</i> terhadap karakteristik nilai <i>marshall</i> pada campuran <i>SMA</i>	Pengaruh penggunaan <i>filler</i> tras pada campuran HRS-WC	Pengaruh Tras untuk mengetahui nilai <i>CBR</i> dan kuat tekan dari campuran tras dan semen	Pengaruh penggunaan <i>filler</i> tras pada campuran HRS-WC terhadap sifat permeabilitas	Pengaruh <i>dust</i> <i>proportion</i> terhadap karakteristik <i>marshall</i> pada campuran <i>Split Mastic</i> <i>Asphalt</i> ( <i>SMA</i> )	Pengaruh <i>filler</i> abu sekam padi terhadap rendaman air laut terhadap karakteristik nilai <i>marshall</i> , <i>IRS</i> , <i>ITS</i> , <i>Cantabro</i> dan permeabilitas	Pengaruh <i>filler</i> batu tras terhadap kekuatan struktur dan karakteristik campuran <i>SMA</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Penggunaan *Filler*

No	Aspek	Santoso (2001)	Eva (2018)	Ishak (2015)	Mecky (2011)	Alfian (2013)	Ayu (2017)	Razali (2014)	Hadiastari (2018)	Penulis
	Hasil	Campuran dengan bahan <i>filler</i> limbah marmer mempunyai kualitas yang lebih baik dibanding campuran yang menggunakan abu batu.	Terjadi peningkatan nilai stabilitas campuran SMA 12,5 mm seiring bertambahnya kadar <i>filler</i> pengganti ASP hingga kadar 50% sebesar 49,382%.	<i>Filler fly ash</i> berpengaruh terhadap naik turunnya nilai <i>flow</i> , <i>VITM</i> , <i>VFWA</i> , <i>density</i> , dan <i>marshall</i> seiring bertambahnya kadar <i>fly ash</i> .	Tras baik digunakan sebagai agregat halus sekaligus berfungsi sebagai <i>filler</i> dalam campuran aspal panas.	Nilai <i>CBR</i> pada lapisan pondasi atas dan bawah benda uji telah memenuhi persyaratan kekuatan pada Bina Marga 2010.	Pengaruh penggunaan <i>filler</i> tras memiliki tingkat keawetan yang bagus dan lebih tahan terhadap pengaruh air hujan, tidak mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan <i>film</i> aspal dari permukaan agregat serta mampu menahan beban lalu lintas.	Hasil penelitian menunjukkan nilai <i>density</i> dan stabilitas terhadap <i>dust proportion</i> cenderung cenderung <i>fluktuatif</i> , nilai <i>VMA</i> , <i>VFA</i> dan nilai <i>flow</i> menunjukkan penurunan sedangkan nilai <i>MQ</i> menunjukkan peningkatan	Hasil menunjukkan penambahan abu sekam padi pada kadar <i>filler</i> 75% dan 100% menyebabkan peningkatan nilai stabilitas dan <i>MQ</i> dan penurunan pada nilai <i>flow</i> .	

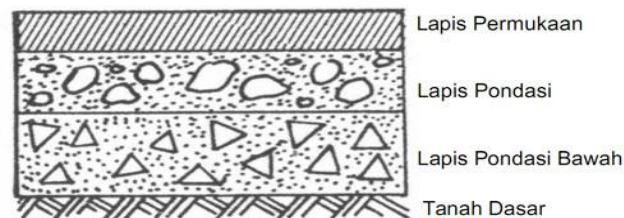
Sumber : Santoso (2001), Eva (2018), Ishak (2015), Mecky (2011), Alfian (2013), Ayu (2017), Razali (2014), Hadiastari (2018)



## **BAB III LANDASAN TEORI**

### **3.1 Perkerasan Lentur Jalan**

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran berupa aspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas atau kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan yang melintas di atasnya. Bahan utama pada perkerasan lentur berupa agregat kasar dan agregat halus yang dicampur atau diikat oleh aspal dan semen sehingga campuran tersebut memiliki sifat yang kedap air. Struktur pada perkerasan jalan itu sendiri memiliki beberapa lapisan yang tujuannya pada tiap tiap lapisan memberikan suatu komposisi yang mempunyai daya dukung dan keawetan yang baik serta memberikan nilai yang ekonomis. Lapisan paling atas dinamakan dengan lapisan permukaan yaitu berupa lapisan yang baik dari segi mutu serta lapisan yang memberikan rasa nyaman pada kendaraan yang melintas di atasnya. Lapisan yang paling bawah pada perkerasan ini adalah lapisan pondasi, di mana fungsi utamanya adalah mendistribusikan beban dari kendaraan yang lewat ke lapisan tanah dasar. Perlu dilakuan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan juga harus memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas perkerasan, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu sangat optimal.



**Gambar 3.1 Struktur Perkerasan Lentur**

Sumber : Binamarga (2018)

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

*Split Mastic Asphalt (SMA)* ialah campuran dengan gradasi senjang (*gap graded*) yang memiliki kandungan lebih banyak agregat kasar, lalu membentuk kerangka yang efisien guna untuk penyebaran beban. Agregat kasar diikat bersama-sama oleh *mastic*, yang memiliki kandungan berupa bahan pengisi (*filler*), serat (*fiber*) dan polimer dengan lapisan aspal yang cukup tebal (Affandi, 2010 dalam Mustofa, 2016). Sedangkan menurut Riyanto dkk. (2015) *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah lapis permukaan bergradasi terbuka, terdiri dari susunan *split* (agregat kasar dengan kadar tinggi  $\pm 75\%$ ), *Mastic Asphalt* (campuran agregat sedang, *filler*, dan aspal dengan kadar yang relatif tinggi), serta bahan *additive* yang dicampur dengan *AMP (Asphalt Mixing Plant)* dalam keadaan panas.

Pada struktur campuran itu sendiri terdapat beberapa sifat dan karakteristik yang harus dimiliki pada campuran. Karakteristiknya yaitu seperti di bawah ini:

#### 3.2.1 **Durabilitas / Keawetan (*Durability*)**

Durabilitas merupakan kemampuan pada campuran aspal beton yang dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu serta keausan akibat gesekan kendaraan dan juga ketahanan terhadap iklim, udara, air, dan perubahan suhu.

#### 3.2.2 **Fleksibilitas / Kelenturan (*Flexibility*)**

Fleksibilitas merupakan kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume atau membuat lapisan di bawahnya mengalami penurunan. Diperlukan agregat dengan gradasi terbuka untuk mendapatkan nilai fleksibilitas yang tinggi.

#### 3.2.3 **Stabilitas (*Stability*)**

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas untuk menahan deformasi atau mencegah terjadinya perubahan bentuk pada aspal beton. Stabilitas terjadi akibat dari adanya gesekan antar butir, penguncian antar partikel serta daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Diperlukan agregat

bergradasi yang baik, rapat, serta rongga antar butir yang kecil untuk mendapatkan nilai stabilitas yang tinggi.

#### 3.2.4 **Kekesatan (*Skid Resistance*)**

*Skid resistance* merupakan kemampuan kekesatan pada beton aspal yang memberikan kekesatan pada permukaan beton aspal agar kendaraan yang lewat tidak mengalami slip di saat hujan ataupun kering. Diperlukan kadar aspal dan agregat kasar yang tepat serta penggunaan yang baik untuk mendapatkan nilai *skid resistance* yang baik.

#### 3.2.5 **Impermeabilitas**

*Impermeabilitas* merupakan kemampuan pada aspal beton untuk mencegah masuknya air dan udara pada campuran aspal beton. Akibat dari masuknya air dan udara masuk kedalam campuran aspal beton yaitu mempercepat pengelupasan selimut aspal dan mempercepat proses penuaan aspal. Dibutuhkan jumlah pori yang sedikit untuk mendapatkan nilai impermeabilitas yang baik.

#### 3.2.6 **Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)**

*Fatigue Resistance* merupakan kemampuan untuk menahan beban berulang tanpa terjadinya keretakan dan kelelahan serta terjadinya kerusakan alur (*rutting*).

### 3.3 **Bahan Penyusun Perkerasan Lentur Jalan**

Campuran perkerasan lentur adalah campuran dari agregat halus, agregat kasar, dan bahan pengisi dengan bahan pengikat aspal. Diperlukan analisis hasil rancangan dan juga pengujian selama pencampuran material dan pemadatan untuk mendapatkan hasil campuran aspal yang sesuai dengan perencanaan. Pencampuran agregat dengan aspal harus pada keadaan panas (*hot mix*), apabila campuran sudah memasuki kondisi dingin maka campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat seluruh material di dalamnya (agregat kasar dan agregat halus) secara bersamaan dan akan menghasilkan suatu perkerasan.

### 3.3.1 Aspal

Aspal merupakan material perekat (*cementitious*), berwarna hitam ataupun juga coklat tua, dengan unsur utama bitumen yang diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi yang berfungsi sebagai bahan pengikat agregat dalam konstruksi jalan. Aspal dipilih untuk konstruksi jalan karena mempunyai beberapa karakteristik seperti sifat pekat (*consistency*), tahan terhadap pelapukan yang disebabkan oleh iklim, derajat pengerasan dan ketahanan terhadap air.

Aspal memiliki sifat visko-elastis serta tergantung pada waktu pembebanan. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dan akan kembali membeku jika temperaturnya turun. Kandungan aspal terdiri dari 80% karbon, 10% hidrogen, 6% belerang dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel dan *vanadium*. Kepekaan terhadap temperatur menjadikan dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak maupun mengeras (Sukirman, 2003). Aspal yang biasa digunakan di Indonesia adalah aspal penetrasi 60/70. Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang baik serta memenuhi persyaratan, maka bahan pembentuknya juga harus memenuhi persyaratan. Berikut merupakan persyaratan aspal menurut Bina Marga 2018 yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

**Tabel 3.1 Ketentuan Aspal Pertamina Pen 60/70**

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
4	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
6	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥99
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1.0
8	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.3.2 Agregat

Agregat adalah bahan campuran pada campuran perkerasan yang akan dicampurkan lalu diikat dengan aspal. Agregat adalah material yang berperan sangat penting terhadap kualitas campuran. Agregat merupakan batuan yang memiliki ragam jenis bentuk dan ukuran. Kadar agregat dalam campuran pada umumnya berkisar 90% - 95% dari berat total (Sukirman, 2003).

Berdasarkan pada bentuk dan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Berikut adalah penjelasan dari ke 3 jenis agregat.

1. Agregat kasar, berukuran paling besar dan batuan yang lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm).
2. Agregat halus, berukuran sedang dan lulus lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm).
3. Bahan pengisi, bagian yang paling halus di mana batuan ini harus lolos saringan minimum 75% lolos saringan No. 200 (0,0075 mm).

Sebelum diuji agregat harus dicampur terlebih dahulu dengan aspal, tujuan pengujian tersebut yaitu untuk meneliti bahan yang dipakai dapat terpenuhi persyaratannya dengan menggunakan pengujian agregat kasar dan agregat halus. Pengujian ini dilakukan di laboratorium, berikut spesifikasi pengujian karakteristik agregat yang tertampil pada Tabel 3.3 berikut.

**Tabel 3.2 Ketentuan Pengujian Karakteristik Agregat**

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan	
			Min	Maks
a. Agregat Kasar				
1	Penyerapan (%)	SNI-03-1969-1990	-	3,00
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)		2,50	-
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)		2,50	-
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)		2,50	-
3	Keausan Agregat (%)	SNI-03-2417-1991	-	40

**Lanjutan Tabel 3.2 Ketentuan Pengujian Karakteristik Agregat**

4	Indeks Kepipihan (%)	SNI-M-25-1991-03	-	25
5	Indeks Kelonjongan (%)	SNI-M-25-1991-03	-	25
b. Agregat Halus				
1	Penyerapan (%)	SNI-03-1970-1990	- 2,50	3,00
2	a. Berat Jenis Bulk (gr/cc)		2,50	-
	b. Berat Jenis SSD (gr/cc)		2,50	-
	c. Berat Jenis Semu (gr/cc)		2,50	-
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	SNI-03-4428-1997	50	-

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.3.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah suatu susunan butir agregat yang ukurannya sesuai atau seragam. Jika ingin mendapatkan ukuran agregat maka perlu dilakukan pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan yang umum terdiri dari ukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2 inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, ⅜ inci, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Ukuran saringan dalam bentuk nomor menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang dan pada bentuk ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan (Sukirman, 2003).

**Tabel 3.3 Gradasi Agregat campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)**

Ukuran Saringan	Lolos Saringan	Ideal
12,5	90-100	95
9,5	50-75	62,5
4,75	30-50	40
2,36	20-30	25
0,6	13-25	19
0,3	10-20	15
0,075	8-13	10,5

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Rahayu (2014)

### 3.3.4 **Bahan Pengisi (*Filler*)**

*Filler* adalah suatu agregat yang lolos saringan No. 200 (0,0075 mm). Bahan pengisi (*filler*) ini berfungsi sebagai material yang akan mengisi rongga-rongga kecil antar partikel agregat kasar dan agregat halus, meningkatkan tingkat kerapatan dan stabilitas dari campuran tersebut.

Trass merupakan material yang berasal dari hasil letusan gunung api, berbutir halus yang mengandung oksida silika amorf (SiO<sub>2</sub>) yang telah mengalami pelapukan. Trass disebut pula sebagai *pozzolan*, tergolong bahan galian industri atau golongan C yang cukup banyak mengandung silika amorf yang dapat larut di dalam air atau dalam larutan asam. Rembang, Jawa Tengah merupakan salah satu daerah penghasil batu trass yang di mana ada salah satu pertambangan batu trass di daerah tersebut. Trass biasanya dikenal sebagai "*pozzolan*".

### 3.3.5 ***Additive***

*Additive* adalah bahan tambah yang digunakan dalam campuran *Split mastic asphalt (SMA)*. Serat selulosa merupakan salah satu dari bahan tambah yang digunakan pada campuran *SMA*. Kegunaan dari serat selulosa sendiri yaitu sebagai bahan stabilisasi aspal yang berguna untuk menaikkan titik leleh pada aspal, viskositas, dan menurunkan penetrasi campuran aspal. Bahan alternatif *Additive* yang digunakan pada penelitian ini yaitu dedak padi.

Dedak padi yaitu suatu bahan dari hasil proses penggilingan padi. Dedak tersusun dari tiga bagian yang masing masing mempunyai kandungan zat yang berbeda. Salah satu dari tiga bagian tersebut adalah kulit gabah yang banyak mengandung serat kasar dan mineral, sehingga dengan menggunakan serat ini baik digunakan untuk bahan aditif sebagai serat selulosa campuran aspal (Tahir, 2011).

Supaya bahan *additive* dapat berguna secara maksimal, maka harus memenuhi persyaratan umum dari Bina Marga sebagai berikut :

1. Sangat mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering *Split Mastic Asphalt (SMA)*.
2. Bahan dapat dipisahkan kembali dari *SMA*.



3. Tahan terhadap temperatur campuran panas sampai minimum 250°C selama waktu pencampuran.
4. Bila kadar selat selulosa 0.3% terhadap berat campuran panas maka dapat meningkatkan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek aspal.

#### 3.4 Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Menurut Santoso (2001) *Split Mastic Asphalt* (SMA) adalah salah satu jenis campuran panas (*hot mix*) bergradasi terbuka, yang terdiri dari campuran:

1. Agregat (*split*), adalah agregat yang merupakan agregat gradasi kasar dengan ukuran  $> 2$  mm dan dengan fraksi yang besar, yaitu sebesar 75 %.
2. *Mastic Asphalt* (SMA), adalah bahan pengikat yang merupakan campuran antara agregat halus dengan aspal dengan kadar yang relatif tinggi.
3. Bahan tambahan, adalah serat selulosa yang berupa dedak padi pada kadar 0.3% yang berfungsi menstabilkan aspal (memberikan sifat-sifat aspal minyak).

SMA adalah campuran yang memaksimalkan interaksi dan kontak antara fraksi kasar (agregat) akibat dari gradasi senjang *gap graded* yang menghasilkan struktur beton aspal yang efisien untuk penyebaran beban. Tingginya interaksi dan kontak pada fraksi kasar menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi dan tahan terhadap gaya geser. Campuran ini membutuhkan bahan tambah yang berupa serat selulosa. Serat selulosa yang digunakan berupa dedak padi pada kadar 0.3% yang bertujuan sebagai bahan yang menstabilkan campuran serta memberikan sifat-sifat aspal minyak (Tahir, 2011).

Menurut Sukirman (2007), terdapat 3 jenis SMA, yaitu :

1. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3,0 cm, digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan setempat seperti perbaikan rutting.
2. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2,0 – 4,0 cm, digunakan untuk pelapisan ulang (*overlay*).
3. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3,0 – 5,0 cm, digunakan untuk lapis permukaan jalan baru.

Sifat-sifat campuran *Split Mastic Asphalt* menurut Bina marga 1983 dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 sebagai berikut.



**Tabel 3.4 Sifat-Sifat Campuran *Split Mastic Asphalt***

1	Additive	
	a. Jenis	CF31500
	b. Kadar, % berat	0,03
2	Kriteria dari Marshall	
	a. Pemadatan, tumbukan	2x75
	b. Stabilitas min (Kg)	670
	c. Rongga terisi aspal	76-82
	d. Rongga dalam campuran, % campuran	3-5
	e. Kekelahan ( <i>flow</i> ), mm	2-4
	f. Indeks perendaman 48 jam, %	75
	g. Marshall Quotient	≥300

Sumber : Bina Marga (1983)

### 3.5 Karakteristik *Marshall Test*

*Marshall* adalah salah satu pengujian yang dikembangkan oleh insinyur bernama Bruce Marshall pada tahun 1940-an, dan dibuatkan standar dalam *ASTM D 1559-89* dengan membuat beberapa benda uji dengan kadar aspal yang berbeda kemudian dilakukan test kadar udara, *stability*, dan *flow*. Hasil dari pengujian tersebut diplot terhadap kadar bitumen, kemudian kadar optimum pada bitumen dipilih sehingga proses ini mengukur *porosity*, *stability*, dan *flow* secara teliti sehingga didapatkan sifat-sifat aspal yang awet dan tahan terhadap penurunan (*rutting*) serta retak (*fatigue*).

#### 3.5.1 Pengujian Nilai Stabilitas (*Stability*)

Pengujian nilai stabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan lapisan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi *deformation* atau perubahan bentuk yang berupa gelombang maupun alur (*bleeding*).

Nilai stabilitas dapat diketahui setelah mendapatkan jenis jalan yang akan dibangun, biasanya nilai stabilitas dipengaruhi dengan jumlah lalu lintas dan beban

kendaraan yang akan melintas pada jalan tersebut. Variabel-variabel yang berhubungan dengan nilai stabilitas antara lain gaya gesek, kohesi, dan juga inersia.

Nilai stabilitas diperoleh dari tekstur, bentuk, dan gradasi agregat serta kepadatan campuran aspal. Berikut adalah Persamaan 3.1 untuk mendapatkan nilai stabilitas suatu campuran aspal.

$$q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.1)$$

keterangan :

$q$  = stabilitas (kg)

$p$  = pembacaan arloji pada alat stabilitas x kalibrasi

alat,  $s$  = koreksi tebal benda uji

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

### 3.5.2 Pengujian Nilai Kelelehan (*flow*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan bentuk pada suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban yang diterima hingga terjadinya keruntuhan. *Flow* menunjukkan besarnya penurunan yang terjadi pada lapisan keras. Nilai *flow* didapatkan dari beberapa faktor, antara lain gradasi agregat, kadar aspal, dan viskositas aspal. Agregat dengan gradasi terbuka memerlukan kadar aspal lebih besar sehingga *film* aspal yang terbentuk akan lebih tebal. Hal ini memberikan kelelehan yang lebih baik dibandingkan menggunakan gradasi rapat.

### 3.5.3 Pengujian Nilai Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan berat campuran padat pada tiap satuan *volume*, nilai kepadatan merupakan nilai yang menunjukkan kepadatan campuran setelah dipadatkan. Nilai *density* dipengaruhi oleh gradasi campuran, kadar *filler*, kadar aspal, dan juga proses pemadatan.

– Penambahan kadar *filler* dan kadar aspal secara umum dapat diartikan sebagai faktor untuk meningkatkan nilai kepadatan hingga suatu nilai maksimum, di mana *filler* dan aspal akan mengisi rongga-rongga kosong pada campuran aspal beton, sehingga dapat meningkatkan kepadatan. Nilai *density* dapat diperoleh dari Persamaan 3.2 dan 3.3 berikut.

$$g = c \div f \quad (3.2)$$

$$f = d - e \quad (3.3)$$

keterangan :

$g$  : nilai *density* (gr/cc)

$c$  : berat benda uji sebelum direndam (gr)

$d$  : berat benda uji dalam keadaan jenuh / *ssd* (gr)

$e$  : berat dalam air (gr)

$f$  : volume/ isi (cm<sup>3</sup>)

#### 3.5.4 Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ )

Berat jenis *bulk* beton aspal adalah berat jenis campuran beton aspal dengan pori / udara, diukur dengan menggunakan persamaan hukum *Archimedes* pada Persamaan 3.4 berikut.

$$G_{mb} = \frac{BK}{B_{ssd} - Ba} \quad (3.4)$$

Keterangan :

$G_{mb}$  : Berat jenis *bulk* campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

$Bk$  : Berat kering beton aspal padat (gr)

$B_{ssd}$  : Berat kering permukaan beton aspal yang telah dipadatkan (gr)

$Ba$  : Berat beton aspal padat di dalam air (gr)

$B_{ssd} - Ba$  : Volume *bulk* dari beton aspal padat, jika jenis air diasumsikan sama dengan 1

#### 3.5.5 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ )

Berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori / udara, dengan menggunakan Persamaan 3.5.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \quad (3.5)$$

Keterangan :

$G_{mm}$  : Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan

$P_a$  : Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)

$G_a$  : Berat jenis aspal

$G_{se}$  : Berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat

### 3.5.6 *Void in Mix (VIM)*

*VIM* adalah volume total udara yang berada pada partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang sudah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen volume *bulk*.

*VIM* digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan dari susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidak seragaman bentuk agregat. Rongga udara yang terlalu kecil dalam campuran aspal dapat menimbulkan *bleeding*. Semakin kecil rongga udara maka campuran aspal akan semakin kedap terhadap air, namun udara tidak mudah masuk ke dalam lapisan aspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Untuk mendapatkan nilai *VIM* maka dapat dilihat pada Persamaan 3.6 berikut.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

*VIM* : Rongga udara dalam campuran, persen total campuran (%)

*G<sub>mm</sub>* : Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (gr/cm<sup>3</sup>)

*G<sub>mb</sub>* : Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

Untuk nilai syarat persen *VIM* dapat ditentukan berdasarkan jenis lapisan permukaan yang dipilih, persyaratan ini mengacu pada Bina Marga tahun 2010.

### 3.5.7 *Void in Mineral Agregate (VMA)*

*VMA* adalah rongga antar butiran agregat dalam suatu campuran yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan. Agregat bergradasi senjang akan memberikan rongga antar butiran *VMA* yang relatif kecil dan menghasilkan nilai *stability* yang tinggi namun membutuhkan kadar aspal yang cukup rendah untuk mengikat agregat. *VMA* yang bernilai kecil akan menyebabkan kerusakan akibat dari aspal tidak dapat menyelimuti agregat secara maksimal. *VMA* dinyatakan dalam persen sebagaimana yang dipaparkan pada Persamaan 3.7 berikut.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 - pb)} \times 100 \quad (3.7)$$

Keterangan :

- VMA* : Rongga di antara mineral agregat, persen volume bulk  
*Gsb* : Berat jenis bulk agregat (gr/cm<sup>3</sup>)  
*Gmb* : Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)  
*Pb* : Kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

### 3.5.8 *Void in Filled with Asphalt (VFA)*

Pengertian *VFA* adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (*VMA*) yang terisi aspal efektif dan dinyatakan dalam persen. Untuk mendapatkan nilai *VFA* maka dapat dilihat pada persamaan 3.8 berikut.

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{Gmm} \quad (3.8)$$

Keterangan :

- VFA* : Rongga terisi aspal (%)  
*VMA* : Rongga di antara mineral (%)  
*VIM* : Rongga udara campuran, persen total campuran (%)  
*Gmm* : Berat jenis maksimum campuran

Untuk nilai *VFA* yang disyaratkan oleh Bina Marga tahun 1983 adalah minimum 65%.

### 3.5.9 *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall quotient (MQ)* adalah nilai yang menunjukkan fleksibilitas (kelenturan) dari suatu campuran aspal beton, apabila nilai *MQ* besar maka campuran tersebut akan memiliki sifat semakin kaku, sebaliknya apabila nilai *MQ* rendah maka campuran aspal beton tersebut akan lebih bersifat lentur. Nilai *MQ* didapatkan dari hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. Dibutuhkan beberapa faktor untuk mendapatkan nilai *MQ* seperti bentuk, tekstur permukaan agregat, kualitas, kohesi dan juga viskositas aspal. Nilai *MQ* diporeleh berdasarkan persamaan 3.9 berikut.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.9)$$

Keterangan :

- MQ* : Nilai *Marshall Quotient*  
*Q* : Nilai stabilitas (kg)

$r$  : Nilai *flow* (mm)

### 3.6 *Immersion Test*

*Immersion test* adalah salah satu jenis pengujian campuran perkerasan yang memiliki tujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik suatu campuran yang terpengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini merupakan salah satu parameter kinerja campuran perkerasan yang memiliki kaitan dengan keawetan suatu campuran. Campuran yang agregat-agregatnya memiliki indeks perendaman semakin besar dapat menyebabkan nilai durabilitas campuran yang semakin besar. Menurut Bina Marga 2018 memberikan rekomendasi lebih dari 90%.

Nilai dari pengujian perendaman ini (*IRS*) dapat dihitung dengan Persamaan 3.10 di bawah ini.

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

Keterangan :

*IRS* : Indeks stabilitas sisa (%)

*MSi* : Stabilitas *Marshall* perendaman (24 jam) (kg)

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

### 3.7 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

*ITS* adalah suatu pengujian untuk mendapatkan nilai gaya tarik dari beton aspal. *ITS* memiliki sifat yang berupa suatu kegagalan gaya tarik yang berfungsi untuk memperkirakan terjadinya potensi retakan.

Menurut Tahir (2011) pengujian kuat tarik tidak langsung ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kemampuan material dalam menerima gaya tarik. Dapat dikatakan tidak langsung karena tidak diuji dengan menggunakan beban tarik secara langsung. Tetapi dihitung dengan pembebanan maksimum di mana dilakukan pembebanan tekan secara terus menerus dengan laju yang konstan sampai tercapai beban maksimum.

Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* dapat diperoleh melalui Persamaan 3.11.

$$ITS = \frac{Pruntuh}{h} \times A_0 \quad (3.11)$$

Keterangan :

- ITS* : nilai kuat tarik tidak langsung (kg/cm<sup>2</sup>)  
*P* : beban puncak (kg)  
*H* : tinggi benda uji (cm)  
*Ao* : konstanta (tabel *Ao* terlampir pada Lampiran)

### 3.8 *Cantabro Loss*

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai ketahanan benda uji terhadap keausan pada suatu campuran aspal beton. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat mesin *Loss Angeles* dengan kondisi benda uji yang sudah dipadatkan pada kedua sisinya sebanyak 2x75 kali tumbukan. Setelah itu benda uji diletakkan dalam drum *Los Angeles* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 kali putaran.

Nilai *Cantabro Loss* dapat diperoleh dari Persamaan 3.13 berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

- M<sub>o</sub>* : berat sebelum diabrasi (gr)  
*M<sub>i</sub>* : Berat setelah diabrasi (gr)  
*L* : persentase kehilangan berat (%)

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Metode Penelitian**

Pada penelitian kali ini metode penelitian yang dipakai adalah metode penelitian eksperimental. Maksud dari metode penelitian eksperimental ini adalah dengan membuat beberapa sampel benda uji dengan variabel tertentu yang nantinya akan diuji untuk mendapatkan data yang berupa nilai-nilai. Data yang akan didapatkan nantinya kemudian diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, selanjutnya data tersebut akan dibandingkan dengan persyaratan khusus atau standar spesifikasi yang sudah ada. Standar spesifikasi dan prosedur penelitian mengacu kepada SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

### **4.2 Tahapan Penelitian**

Semua tahapan penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan-tahapan yang harus dilakukan pada penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Tahapan Persipan  
Tahapan ini adalah tahapan awal yaitu proses rangkaian persiapan bahan dan alat yang akan digunakan untuk pembuatan sampel.
2. Tahapan Pengujian Sampel  
Tahapan pengujian sampel yaitu proses rangkaian pengujian yang sudah direncanakan pada perencanaan awal dan harus sesuai dengan prosedur pengujian dan menggunakan alat pengujian yang sudah dikalibrasi agar mendapatkan nilai hasil yang valid.
3. Tahapan Pengumpulan Data  
Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan setelah melakukan proses pengujian sampel, lalu seluruh data yang didapatkan pada saat pengujian dikumpulkan.
4. Tahapan Analisis Data



Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan setelah mendapatkan seluruh data pengujian lalu dilakukan proses mengolah dan menganalisis data. Hasil dari analisis data yang akan didapatkan kemudian dibandingkan dengan standar dan persyaratan yang sudah ditentukan.

#### 5. Tahapan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan yang terakhir yaitu merupakan tahapan yang memberikan kesimpulan dari data yang sudah dibandingkan dengan standar dan persyaratannya yang sudah ditentukan dan kemudian hasil dari perbandingan tersebut akan bersifat *final*.

### 4.3 Langkah-Langkah Penelitian

Adapun beberapa langkah-langkah penelitian yang harus dilakukan pada awal pelaksanaan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar aspal dan material lainnya supaya memenuhi standar dan persyaratan yang sudah ditentukan.

#### 4.3.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Pembuatan benda uji campuran *Split Mastic Asphalt* pada penelitian ini menggunakan material aspal dan agregat yang sudah dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pengujian sampel.

Pemeriksaan material bertujuan untuk mengetahui apakah material sudah layak dan memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan atau belum. Pemeriksaan material ini mengacu kepada SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Pengujian untuk agregat dan aspal adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat
  - a. Pengujian penyerapan air yang berpedoman pada SNI 1969 : 2008. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui tingkat penyerapan air suatu agregat.
  - b. Pengujian berat jenis yang berpedoman pada SNI 1970 : 2008. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai berat jenis, berat kering permukaan jenih, dan berat jenis semua agregat.

- c. Pengujian kelekatan aspal pada agregat yang berpedoman pada SNI 06-2439-1991. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui tingkat daya lekat suatu agregat terhadap aspal.
  - d. Pengujian abrasi (*Loss Angeles*) yang berpedoman pada SNI 2417 : 2008. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai keausan suatu agregat.
  - e. Pengujian *Sand Equivalent* yang berpedoman pada SNI 3423 : 2008. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai kadar debu dan lumpur pada agregat halus
2. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)
- Pengujian ini dilakukan guna mengetahui berat jenis *filler* batu trass. Adapun persyaratan *filler* yang dapat digunakan berdasarkan Tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1 Persyaratan Gradasi *Filler***

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

Sumber : Bina Marga (2018)

3. Pengujian Aspal
  - a. Pengujian penetrasi aspal berpedoman pada SNI 06-2456-1991. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui penetrasi aspal yang digunakan.
  - b. Pengujian titik lembek aspal berpedoman pada SNI 06-2434-1991. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui temperatur pada aspal saat akan mengalami kelelahan.
  - c. Pengujian berat jenis aspal berpedoman pada SNI 06-2441-1991. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai berat jenis campuran antara aspal dan agregat yang nantinya akan berpengaruh pada kelekatan aspal.

- d. Pengujian daktilitas aspal berpedoman pada SNI 06-2432-1991. Pengujian ini dilakukan guna mendapatkan sifat kohesi pada aspal melalui kemampuan aspal untuk terjadi perubahan bentuk saat ditarik sampai mengalami putus pada rangkaian pengujiannya.
- e. Pengujian titik nyala dan titik bakar yang berpedoman pada SNI 06-2433-1991. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui perkiraan temperatur maksimum pemanasan aspal yang akan digunakan sehingga tidak terjadi kebakaran pada aspal.
- f. Pengujian kelarutan dalam tetra klorida yang mengacu pada *ASTM D5546*. Pengujian ini dilakukan guna menentukan jumlah aspal yang larut dalam karbon tetra klorida. Hasil dari pengujian ini yaitu nilai kemurnian aspal terhadap bahan lainnya.

#### 4.3.2 Persiapan Alat

Penelitian ini akan menggunakan beberapa alat yang akan dijabarkan sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian sifat fisik aspal yang berupa alat ukur penetrasi aspal, kelarutan aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek, titik nyala dan titik bakar aspal.
2. Peralatan pengujian sifat fisik agregat yang berupa mesin *Los Angeles*, piknometer, saringan standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent*.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) dengan diameter 10cm dan tinggi 7,5 cm dan dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. Alat uji *Marshall* sebagai berikut:
  - a. Kepala penekan berbentuk lengkung.
  - b. Cincin penguji berkapsitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg.
  - c. Arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm.
5. *Oven* lengkap dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $200 \pm 3$  °C.
6. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan rata dengan bentuk silinder dan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh beban 45,7 cm.
7. Bak perendam (*W*) lengkap dengan *waterbath* pengatur suhu minimum 20°C.

8. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari cetakan.
9. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji dengan kapasitas 2 kg, ketelitian 0,1, dan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan digital.
10. Alat Uji *Indirect Tensile Strength Test* sebagai berikut:
  - a. Alat ukur tekan selebar 0,5”.
  - b. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25mm.
  - c. Arloji pengukuran stabilitas.
11. Mesin *Los Angeles* untuk pengujian *Cantabro*
  - a. Silinder baja tertutup pada kedua sisi dengan diameter 71cm dan panjang 50cm.
  - b. Silinder betumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros.
  - c. Penutup lubang,
  - d. Bilah baja melintang setinggi 8,9 cm.
12. Peralatan penunjang lainnya seperti:
  - a. Kompor
  - b. Spatula
  - c. Wajan
  - d. Sarung Tangan
  - e. Karet
  - f. Gelas Ukur
  - g. Panci
  - h. Kain lap
  - i. Bak plastik

#### 4.3.3 Perancangan

Material yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu agregat dan aspal yang sudah diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran *Split mastic asphalt* gradasi 11mm serta digunakan substitusi *filler* pengganti berupa batu trass.

Pengujian dari material ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat material tersebut, apakah telah memenuhi persyaratan atau tidak sehingga akan mendapatkan campuran beton aspal yang baik.

Setelah dilakukan pengujian sifat fisik pada material-material tersebut, lalu dilakukan penyaringan agregat menggunakan saringan standar. Gradasi agregat penyusun campuran akan didominasi oleh agregat kasar. Variasi kadar *filler* batu trass pada penelitian ini akan dijelaskan dalam tabel 4.2 berikut ini.

**Tabel 4.2 Kebutuhan *Filler* Batu Trass**

Kadar Aspal (%)	Variasi Kadar <i>Filler</i> Batu Trass (%)									
	0		25		50		75		100	
	Batu Trass (gr)	Debu Batu (gr)	Batu Trass (gr)	Debu Batu (gr)	Batu Trass (gr)	Debu Batu (gr)	Batu Trass (gr)	Debu Batu (gr)	Batu Trass (gr)	Debu Batu (gr)
5.5	0	119	24	89	48	60	72	30	96	0
6	0	118	24	88	48	59	72	29	96	0
6.5	0	117	24	88	48	58	71	29	95	0
7	0	117	24	88	47	58	71	29	95	0
7.5	0	116	23	87	47	58	70	29	94	0

Gradasi agregat dalam penelitian ini diambil pada nilai rerata (*mean*) untuk tiap nomor saringan (butiran tertahan). Berat tertahan setiap saringan yang dibutuhkan dihitung sesuai dengan proses tertahan. Untuk agregat tertahan pada pan tidak dipergunakan dan diganti dengan menggunakan *filler* trass super lolos. Rencana agregat yang akan digunakan pada penelitian ini akan dijelaskan dalam Tabel 4.3 berikut ini.

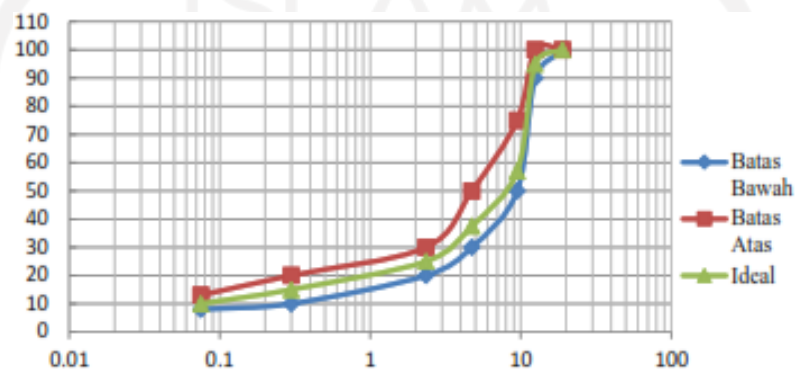
**Tabel 4.3 Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)**

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	(mm)	(#)	Range (%)	Ideal (%)
1	19	¾"	100	100
2	12,5	½"	90-100	95
3	9,5	¾"	50-75	62,5
4	4,75	No.4	30-50	40

**Lanjutan Tabel 4.3 Gradasi Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)**

5	2,36	No.8	20-30	25
6	0,6	No.30	13-25	19
7	0,3	No.50	10-20	15
8	0,075	No.200	8-13	10,5

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Rahayu (2014)



**Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)**

Berdasarkan Kimbangwil (1999), syarat penggunaan kadar aspal pada campuran SMA adalah minimum 6%. Sehingga pada pengujian ini untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5%. Kadar aspal di bawah 6% tetap digunakan untuk mengetahui perilaku campuran apabila berada di bawah syarat minimum yang telah ditentukan. Penentuan kadar aspal dapat dilihat dan dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$PB = 0,03(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%filler) + K \quad (4.1)$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal

CA : Persen agregat tertahan saringan No. 8

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

Filler : Persen agregat minimal 75% lolos No.200

K : Konstanta (1-2)

Pada Gambar 4.1 didapatkan nilai FA=75% CA = 15%, filler = 10% dan konstanta = 1. Maka perhitungan perkiraan kadar aspal adalah sebagai berikut.

$$PB = 0,035(60\%) + 0,045(29,5\%) + 0,18(10,5\%) + 1$$

$$= 6,3175 \% \text{ dibulatkan menjadi } 6\%$$

Kadar bahan *additive* pada setiap benda uji yaitu 0,03 terhadap berat aspal, yaitu sebesar 3,3 gram. Berat total campuran pada setiap benda uji adalah 1200 gram. Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal dalam proporsi penggantian *filler* batu trass ialah 0% dapat dilihat pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6, Tabel 4.7 dan Tabel 4.8.

**Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran Butir		Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Tras (%)	Jumlah Lolos (%)
			Max	Min	Spesifikasi Ideal						
		(mm)									
1	(3/4")	19	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	95	5	5	5	56,7	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	62,5	37,5	37,5	32,5	368,55	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	40	60	60	22,5	255,15	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	25	75	75	15	170,1	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	19	81	81	6	68,04	0	19
7	(No.50)	0,3	20	10	15	85	85	4	45,36	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	10,5	89,5	89,5	4,5	51,03	0	10,5
	<i>Filler</i>					100	100	10,5	119,07	0	0

**Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran Butir		Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Tras (%)	Jumlah Lolos (%)
			Max	Min	Spesifikasi Ideal						
		(mm)									
1	(3/4")	19	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	95	5	5	5	56,4	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	62,5	37,5	37,5	32,5	366,6	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	40	60	60	22,5	253,8	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	25	75	75	15	169,2	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	19	81	81	6	67,68	0	19

**Lanjutan Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%**

7	(No.50)	0,3	20	10	15	85	85	4	45,12	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	10,5	89,5	89,5	4,5	50,76	0	10,5
	<i>Filler</i>				100	100	10,5	118,44	0	0	0

**Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%**

No	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Batu Trass(%)	Jumlah Lolos (%)
		(mm)	Max	Min	Spesifikasi Ideal						
1	(3/4")	19	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	95	5	5	5	56,1	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	6,5	37,5	37,5	32,5	364,65	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	40	60	60	22,5	252,45	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	25	75	75	15	168,3	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	19	81	81	6	67,32	0	19
7	(No.50)	0,3	20	10	15	85	85	4	44,88	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	10,5	89,5	89,5	4,5	50,49	0	10,5
	<i>Filler</i>					100	100	10,5	11,81	0	0

**Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,0%**

No	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Batu Trass(%)	Jumlah Lolos (%)
		(mm)	Max	Min	Spesifikasi Ideal						
1	(3/4")	19	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	95	5	5	5	56,1	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	6,5	37,5	37,5	32,5	364,65	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	40	60	60	22,5	252,45	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	25	75	75	15	168,3	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	19	81	81	6	67,32	0	19
7	(No.50)	0,3	20	10	15	85	85	4	44,88	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	10,5	89,5	89,5	4,5	50,49	0	10,5
	<i>Filler</i>					100	100	10,5	117,81	0	0



**Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7,5%**

No	Ukuran Saringan (mm)		Spesifikasi			Tertahan Ideal (%)	Persen Kumulatif Tertahan (%)	Persen Tertahan Clereng (%)	Berat Tertahan Clereng (gr)	Persen Tertahan Batu Trass(%)	Jumlah Lolos (%)
	(mm)	(mm)	Max	Min	Spesifikasi Ideal						
1	(3/4")	19	100	100	100	0	0	0	0	0	100
2	(1/2")	12,5	100	90	95	5	5	5	55,5	0	95
3	(3/8")	9,5	75	50	62,5	37,5	37,5	32,5	360,75	0	62,5
4	(No.4)	4,75	50	30	40	60	60	22,5	249,75	0	40
5	(No.8)	2,36	30	20	25	75	75	15	166,5	0	25
6	(No.30)	0,6	25	13	19	81	81	6	66,6	0	19
7	(No.50)	0,3	20	10	15	85	85	4	44,4	0	15
8	(No.200)	0,075	13	8	10,5	89,5	89,5	4,5	49,95	0	10,5
	<i>Filler</i>					100	100	10,5	116,55	0	0

Jumlah benda uji yang akan digunakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Kadar <i>Filler</i> (%)	Kadar Aspal (%)				
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
0	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3
50	3	3	3	3	3
75	3	3	3	3	3
100	3	3	3	3	3
Jumlah	75				

**Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji pada Setiap Pengujian**

Jenis Pengujian	Proporsi <i>filler</i> pengganti batu trass				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	12	12	12	12	12
Total	60				

Pada Tabel 4.9 didapatkan total benda uji untuk mendapatkan nilai KAO adalah sebanyak 75 buah benda uji. Sehingga jumlah benda uji pada penelitian ini ialah sebesar 135 buah benda uji. Campuran agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Pada penelitian *filler* yang digunakan menggunakan bahan dari sumber lain, lalu diharuskan mendapatkan berat jenis *filler* pengganti guna memberikan koreksi pada komposisi (*volume*) bahan susun agregat aspal. Pada penelitian ini, digunakan kadar *filler* batu trass yang disubstitusikan, kadar *filler* abu batu trass dengan presentase 0%, 25%, 50% dan 100%.

#### 4.4 Pengujian *Marshall*

Langkah-langkah pada pengujian *Marshall* berpedoman pada AASHTO T-245-74 dan ASTM D-155-62 T di bawah ini.

1. Menimbang benda uji dalam keadaan kering.
2. Mengukur tinggi benda uji.
3. Merendam benda uji kedalam air selama 16-24 jam pada suhu ruang.
4. Mengangkat dan menimbang benda uji dalam air.
5. Mengelap permukaan benda uji, kemudian menimbanginya pada kondisi kering permukaan jenuh.
6. Merendam benda uji ke dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C selama ½ jam.

7. Membersihkan seluruh peralatan *Marshall* dari kotoran, lalu melumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur secara bebas.
8. Mengeluarkan benda uji dari *waterbath* dan meletakkannya ke alat *Marshall* yaitu ke segmen bawah kepala penekan. Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
9. Selanjutnya memasang arloji kelelahan (*flow meter*) pada penunjuk angka nol, seluruh tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Selama pembebanan berlangsung, *sleeve* ditekan pada segmen atas dari kepala penekan.
10. Kemudian menaikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji. Mengatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol
11. Melakukan pembebanan yang dimulai dengan kecepatan tetap 50mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai.
12. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelahan pada setelah nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan dicatat.

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

Adapun langkah-langkah dalam pengujian *immersion* adalah sebagai berikut.

1. Melakukan langkah seperti pengujian *Marshall* seperti poin 1-5 pada sub bab 4.4.
2. Merendam benda uji kedalam selama 24 jam pada suhu ruang.
3. Timbang dalam air.
4. Mengelap permukaan benda uji, kemudian menimbanginya pada kondisi kering permukaan jenuh.
5. Merendam benda uji ke dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C selama 24 jam.
6. Melakukan serangkaian pengujian *Marshall* seperti pada bab 4.4.

#### 4.6 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Adapun langkah-langkah pengujian *ITS* adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Mengukur diameter dan tinggi benda uji.
3. Meletakkan benda uji pada alat pengujian *ITS* untuk dilakukan pengujian pembebanan.
4. Memasang arloji pengukur stabilitas dan kelelahan dengan ketelitian 0,25mm.
5. Menyalakan mesin dan menghentikannya ketika arloji stabilitas telah berjalan berlawanan arah jarum jam
6. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.

#### 4.7 Pengujian *Contabro*

Adapun langkah-langkah pengujian *Cantabro* adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Menimbang benda uji untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi ( $M_0$ ).
3. Selanjutnya meletakkan benda uji ke dalam mesin *Los Angeles* tanpa bola baja.
4. Memutar mesin dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 300 putaran.
5. Setelah selesai pemutaran, mengeluarkan benda uji dari mesin kemudian ditimbang lagi untuk mendapatkan berat benda uji setelah dilakukan pengujian abrasi ( $M_1$ ).
6. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian.

#### 4.8 Analisis Data

Adapun analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Pada pengujian *Marshall* didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji kering (*bulk*) (gram).

- b. Berat benda uji di dalam air (gram).
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (SSD) (gram).
- d. Tinggi benda uji.
- e. Nilai dial stabilitas (kg).
- f. Nilai dial kelelehan *flow* (mm).

Karakteristik *Marshall* pada setiap komponen dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.1 dan 4.2 berikut.

- a. Berat Jenis Aspal

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

Keterangan :

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

- b. Berat Jenis Agregat

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

Keterangan :

- A : Persentase agregat kasar
- B : Persentase agregat halus
- F1 : Berat jenis agregat kasar
- F2 : Berat jenis agregat halus

- c. Pada nilai stabilitas (*stability*) menggunakan Persamaan 3.1
  - d. Pada nilai kelelehan (*flow*) dari pembacaan arloji kelelehan.
  - e. Pada nilai *VIM* menggunakan Persamaan 3.6
  - f. Pada nilai *VMA* menggunakan Persamaan 3.7
  - g. Pada nilai *VFWA* menggunakan Persamaan 3.8
  - h. Pada nilai *MQ* menggunakan Persamaan 3.9
2. Nilai *Immersion Test* diolah menggunakan Persamaan 3.10
  3. Analisis Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran SMA ditentukan dengan melihat karakteristik hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi persyaratan berikut ini.

- a. *Void in Mix (VIM)* dengan persyaratan 4%.
- b. *Void in Mineral Aggregate (VMA)* dengan syarat minimum 17%.
- c. Kadar aspal campuran dengan syarat minimum 6%.

Hasil uji *Marshall* yang memenuhi semua persyaratan pada parameter tersebut, maka diperoleh hasil batas maksimum dan batas minimum. Nilai kadar aspal optimum (KAO) didapatkan dari nilai tengah antara batas maksimum dan minimum.

#### 4. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*

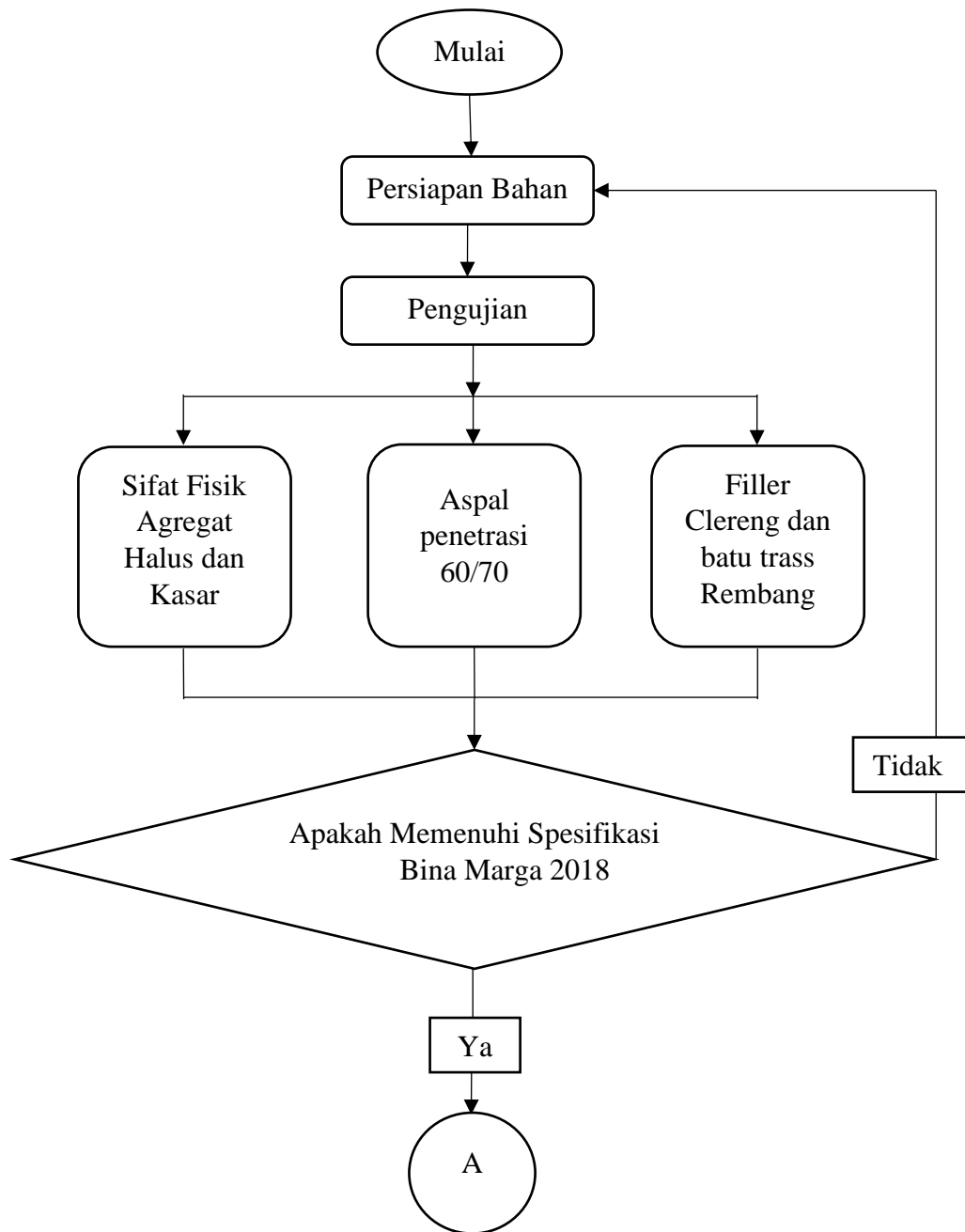
*Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban lalu diolah menggunakan Persamaan 3.11.

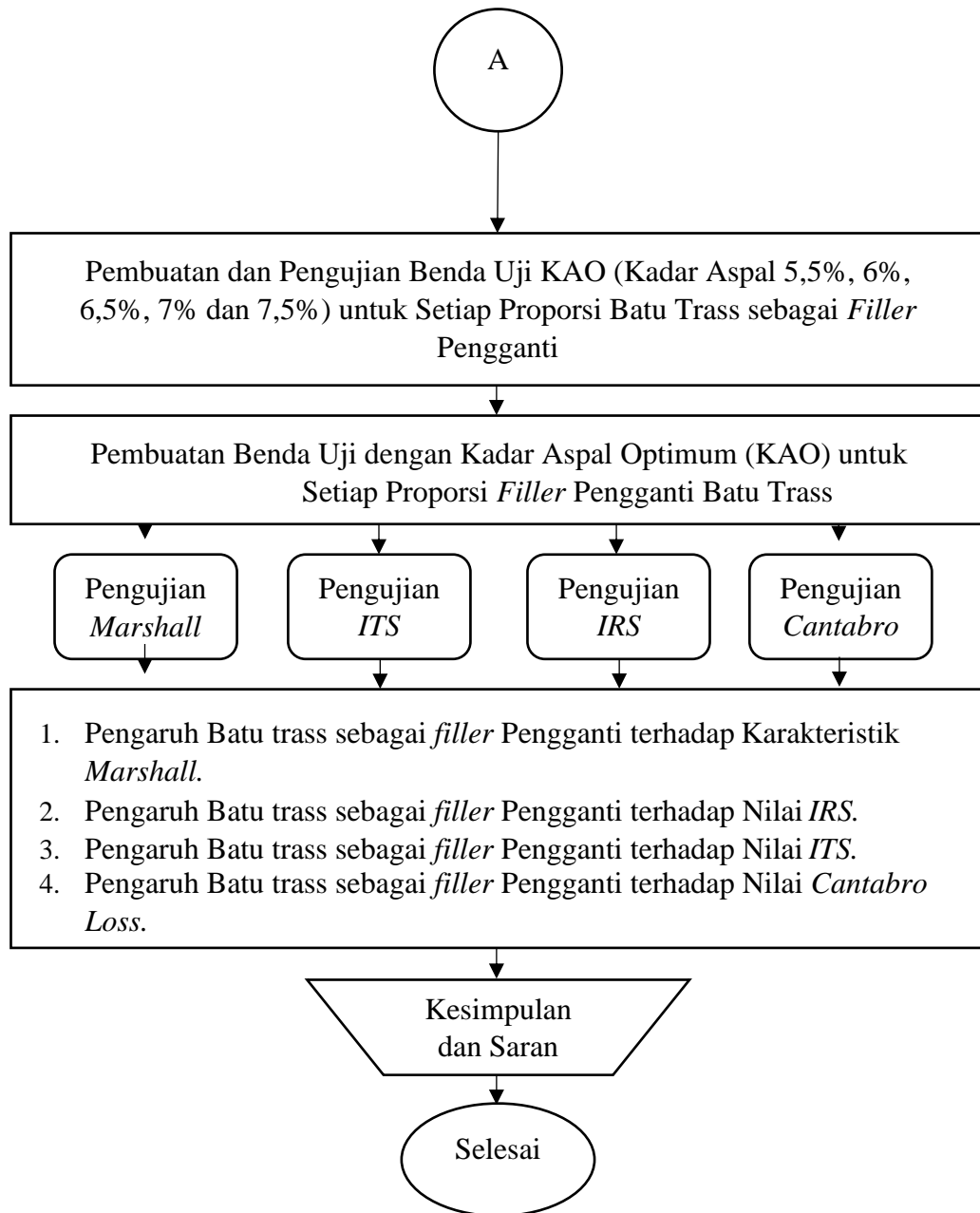
#### 5. Analisis Uji *Cantabro*

Nilai *Cantabro Loss* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.12.

### 4.9 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir (*flowchart*) ialah gambaran singkat tentang tahapan-tahapan dalam penelitian yang akan dilakukan, yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 sebagai berikut.





**Gambar 4.2 Bagan Aliran Penelitian**



## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Karakteristik Material

Berdasarkan pengujian karakteristik material agregat meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus dan *filler*, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut.

#### 5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian dilakukan pada aspal dengan menggunakan aspal pertamina pen 60/70. Pengujian mengacu pada standar spesifikasi Bina Marga 2018, pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Data hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70**

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,049	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	60/70	61,3	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	$\geq 100$	164	Memenuhi
4	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	48	Memenuhi
5	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	311	Memenuhi
6	Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	325	Memenuhi
7	Kelarutan pada TCE (%)	$\geq 99$	99,66	Memenuhi

Hasil pengujian Aspal telah memenuhi semua standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018.

#### 5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian terhadap agregat meliputi agregat kasar, agregat halus, dan *filler* atau abu batu. Agregat yang digunakan pada penelitian ini menggunakan agregat yang berasal dari Clereng, Kulon progo. Pengujian karakteristik agregat ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil

dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 5.2 sampai 5.5 sebagai berikut.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat jenis	$\geq 2,5$	2,74	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	1,687	Memenuhi
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	$\geq 95$	98	Memenuhi
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	$\leq 40$	13,05	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat kasar telah memenuhi semua standar yang sudah di tetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng**

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,831	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	$\leq 3$	2,25	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i>	$\geq 50$	91,987	Memenuhi

Hasil pengujian pada agregat halus dari Clereng telah memenuhi semua standar yang sudah di tetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018.

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler* Clereng**

No	<i>Filler</i>	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\leq 8$	2,553	Memenuhi

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Jenis *Filler* Batu Trass**

No	<i>Filler</i>	Syarat	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\leq 8$	2,29	Memenuhi

Hasil pengujian berat jenis pada abu batu atau *filler* Clereng maupun Batu trass telah memenuhi semua standar yang sudah di tetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018. Dapat dilihat pada tabel 5.4 dan 5.5 hasil pengujian berat jenis dari

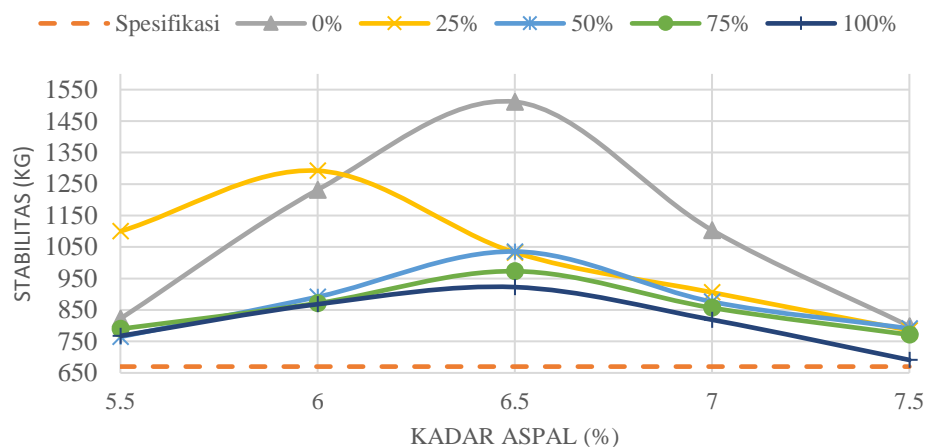
*filler* Clereng maupun batu trass.

### 5.1.3 Hasil Pengujian Campuran SMA Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum yang diperoleh dari karakteristik *marshall* yaitu nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VITM* (*Void In The Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void Mineral Agregat*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*). Adapun pembahasan hasil pengujian dibuat setiap variasi *filler* yang di substitusi yaitu 0% Variasi, 25% Variasi, 50% Variasi, 75% Variasi, dan 100% Variasi dapat dilihat sebagai berikut.

#### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti alur dan gelombang sampai terjadinya kelelahan plastis. Nilai stabilitas semakin naik hingga mencapai kadar optimum lalu akan turun akibat bertambahnya berat aspal. Grafik nilai stabilitas untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.

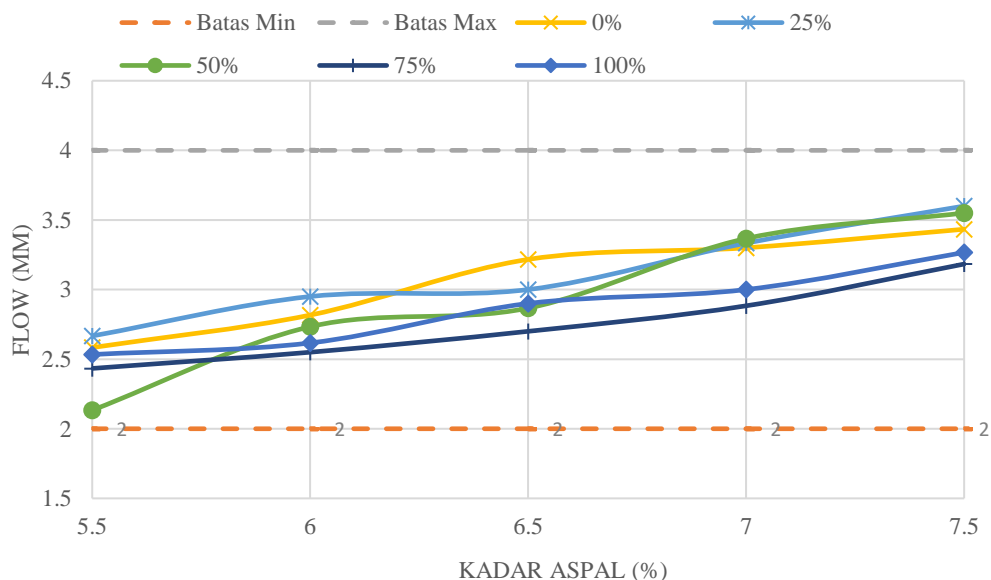


**Gambar 5.1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1 diatas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran SMA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada kondisi tertentu selanjutnya nilai semakin menurun, penurunan terjadi setelah melalui kondisi kadar optimumnya. Nilai stabilitas menurun dikarenakan jumlah aspal yang terlalu banyak, sehingga aspal yang fungsinya sebagai pengikat antar agregat berubah fungsinya menjadi pelicin setelah melewati kondisi optimum. Hubungan dari penambahan kadar aspal dan penambahan variasi substitusi kadar *filler* trass semakin bertambahnya kadar aspal maka dibutuhkan kadar aspal yang semakin sedikit. Secara umum nilai stabilitas campuran SMA dengan substitusi *filler* trass mengalami penurunan.

## 2. Kelelehan (*Flow*)

*Flow* (Kelelehan) merupakan perubahan bentuk dari suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh. Nilai *flow* yang rendah menimbulkan campuran akan cenderung mudah mengalami retak, sebaliknya apabila nilainya besar akan mudah berdeformasi. Grafik nilai *flow* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.

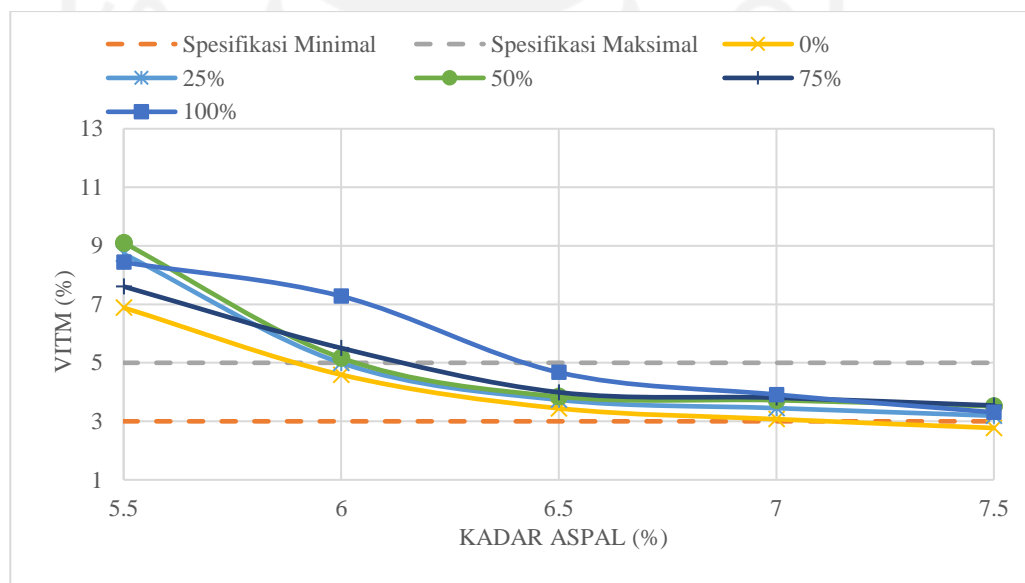


**Gambar 5.2 Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.2 bahwa semakin banyak kadar aspal yang digunakan, nilai *flow* akan semakin meningkat karena dengan bertambahnya kadar aspal maka campuran akan semakin bersifat plastis, sehingga akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk saat terkena beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar substitusi batu trass 0% memiliki nilai paling rendah, kemudian mengalami peningkatan pada kadar substitusi batu trass 100%.

### 3. *Void in Total Mix (VITM)*

*Void in total mix* adalah persen rongga terhadap agregat yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Semakin tinggi nilai *VITM* menyebabkan durabilitas menurun dan kemungkinan *bleeding* menjadi besar. Adapun grafik nilai *VITM* dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



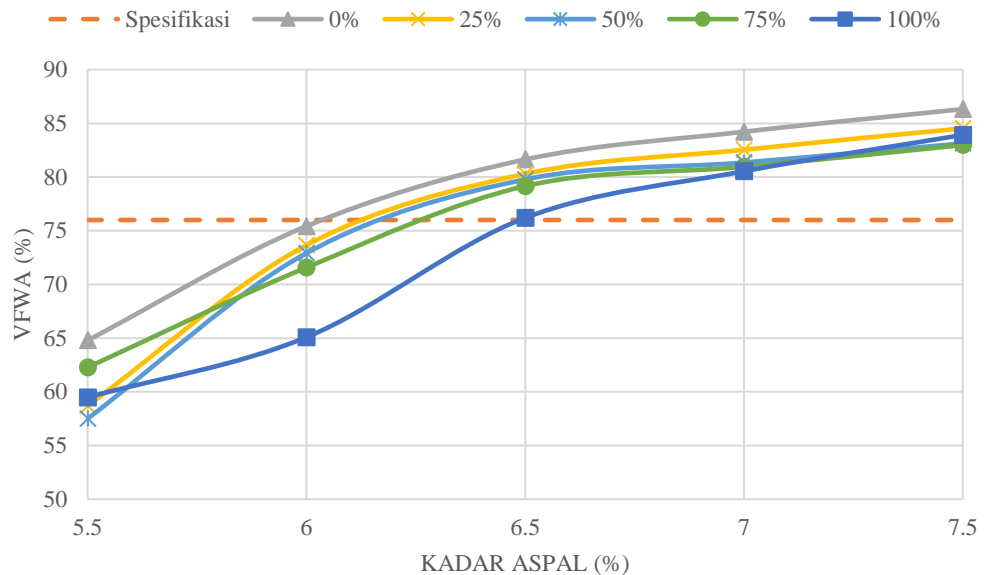
**Gambar 5.3 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.3 dapat dilihat bahwasanya dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VITM* akan semakin menurun ini disebabkan terisinya rongga- rongga atau *void* dalam campuran oleh aspal.

### 4. *Void Filled with Asphalt (VFWA)*

*Void Filled with Asphalt (VFWA)* adalah persentase rongga – rongga atau *void* yang dapat terisi oleh aspal. Nilai *VFWA* yang semakin tinggi menyebabkan

campuran semakin kedap air dan udara disebabkan oleh selimut aspal yang tebal. Nilai *VFWA* dapat dilihat pada grafik Gambar 5.4 sebagai berikut.

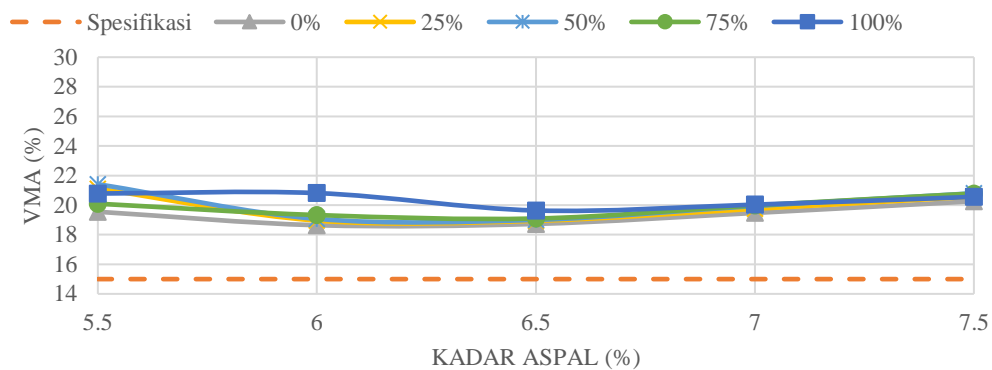


**Gambar 5.4 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VFWA* semakin meningkat karena rongga atau *void* dalam campuran terisi oleh aspal, campuran semakin kedap air dan menjadi lebih fleksibel.

#### 5. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

*Void in mineral aggregate* merupakan jumlah pori yang ada di antara butir-butir agregat di dalam campuran padat yang dinyatakan dalam persen. Nilai *VMA* akan meningkat jika selimut aspal tebal. Adapun grafik nilai *VMA* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.

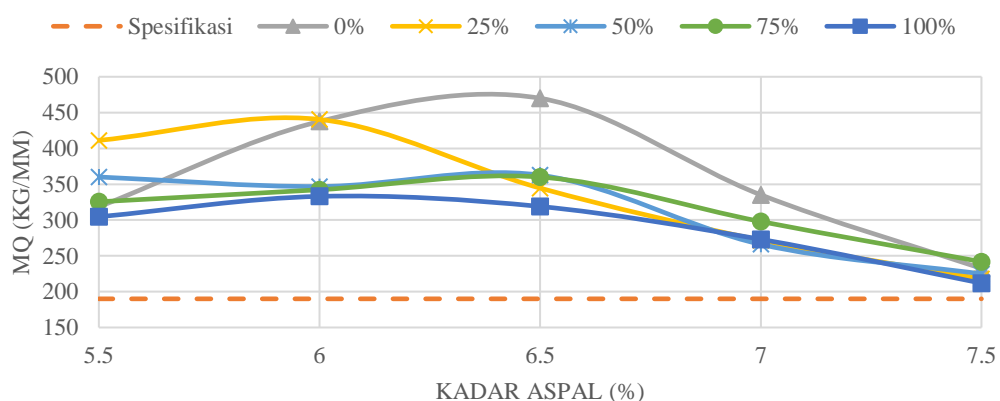


**Gambar 5.5 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik Gambar 5.5 di atas dapat dilihat bahwa secara umum nilai *VMA* mengalami penurunan sampai pada kondisi optimum disebabkan oleh aspal mengisi rongga yang ada. Kemudian mengalami peningkatan nilai *VMA* yang diakibatkan oleh selimut aspal menjadi lebih tebal sehingga jarak rongga antara agregat semakin besar. Nilai *VMA* memenuhi spesifikasi Bina Marga yang sudah ditentukan.

#### 6. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow* (kelelahan). Nilai *MQ* yang rendah menunjukkan campuran bersifat lentur, sedangkan nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan jika campuran bersifat kaku. Nilai *MQ* dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

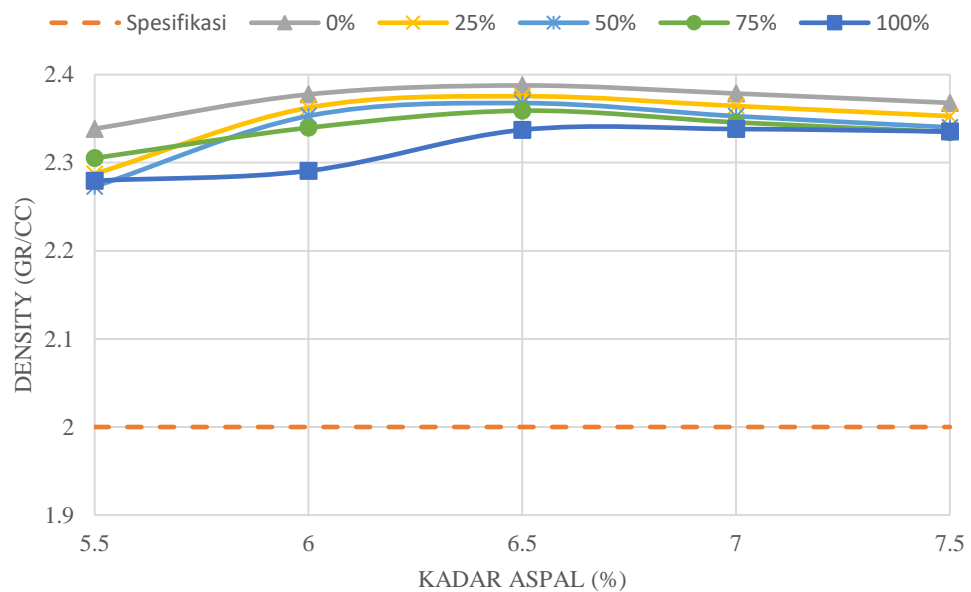


**Gambar 5.6 Grafik Hubungan Marshall Quotient dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik Gambar 5.6 secara umum nilai  $MQ$  mengalami kenaikan kemudian menurun. Hal ini disebabkan nilai stabilitas tinggi kemudian mengalami penurunan sedangkan nilai  $flow$  mengalami kenaikan setiap penambahan kadar aspal pada gambar di atas dapat dilihat bahwa campuran bersifat lentur.

#### 7. Kepadatan (*Density*)

*Density* merupakan nilai kepadatan campuran pada satuan volume, semakin banyak kadar aspal yang digunakan semakin padat dan rapat. Nilai *density* dipengaruhi beberapa faktor seperti gradasi bahan, temperatur pemadatan, jumlah pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran. Berikut Nilai *density* pada Gambar 5.7 berikut.



**Gambar 5.7 Grafik Hubungan Density dengan Kadar Aspal pada Variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70**  
 Nilai *density* pada grafik Gambar 5.12 umumnya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Meningkatnya nilai *density* menunjukkan campuran memiliki kepadatan yang baik sehingga mampu melayani beban dengan baik.

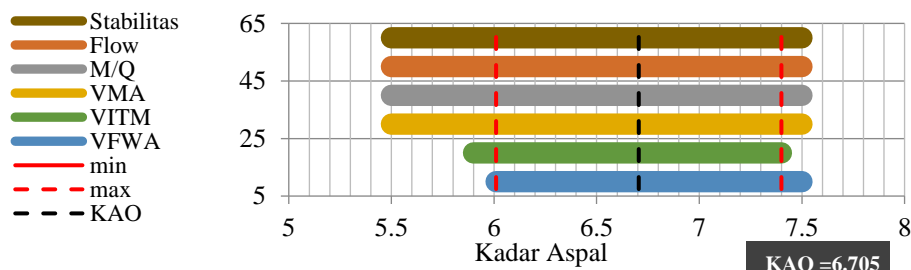


Hasil pengujian dengan variasi substitusi *filler* batu trass 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai dengan Tabel 5.11 berikut.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 0%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	822,28	2,58	318,48	6,88	64,79	19,55	2,34
6	1231,70	2,82	437,68	4,59	75,42	18,64	2,38
6.5	1511,35	3,22	469,98	3,44	81,64	18,73	2,39
7	1103,34	3,30	335,18	3,07	84,22	19,47	2,38
7.5	798,42	3,43	232,47	2,77	86,32	20,26	2,37
<b>Spesifikasi</b>	<b>670</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;300</b>	<b>&gt;3-5</b>	<b>&gt;76-82</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal optimum variasi *filler* 0% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



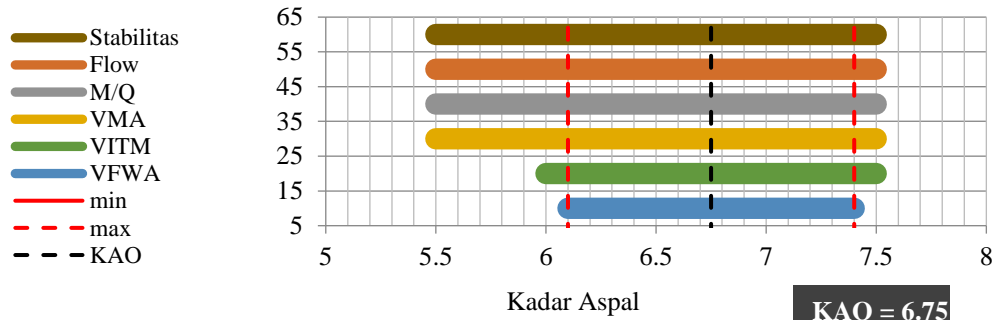
**Gambar 5.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Filler 0% Aspal Pertamina Pen 60/70**

Berdasarkan Gambar 5.8 dengan variasi substitusi *filler* Batu trass 0% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6.7%.

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 25%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	1099,86	2,67	411,24	8,72	58,69	21,11	2,29
6	1292,33	2,95	440,46	5,00	73,65	18,96	2,36
6.5	1032,51	3,00	344,59	3,73	80,29	18,94	2,38
7	905,67	3,33	271,81	3,45	82,54	19,75	2,36
7.5	785,26	3,60	218,05	3,19	84,53	20,57	2,35
<b>Spesifikasi</b>	<b>670</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;300</b>	<b>&gt;3-5</b>	<b>&gt;76-82</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal optimum variasi *filler* 25% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



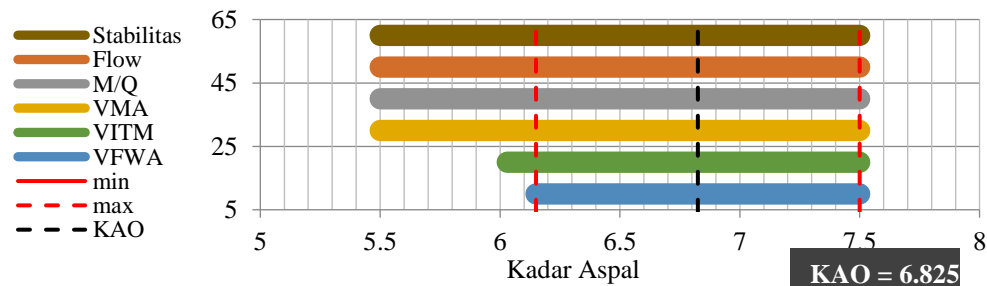
**Gambar 5.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 25% Aspal Pertamina Pen 60/70**

Berdasarkan Gambar 5.9 dengan variasi substitusi *filler* Batu trass 25% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6%.

**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 50%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	764,40	2,13	360,12	9,10	57,51	21,41	2,27
6	891,56	2,73	346,80	5,17	72,91	19,07	2,35
6.5	103,57	2,87	362,69	3,84	79,78	19,00	2,37
7	876,04	3,37	266,07	3,72	81,35	19,94	2,35
7.5	791,27	3,55	224,83	3,51	83,13	20,80	2,34
Spesifikasi	670	>2-4	>300	>3-5	>76-82	>15	>2

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal optimum variasi agregat 50% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



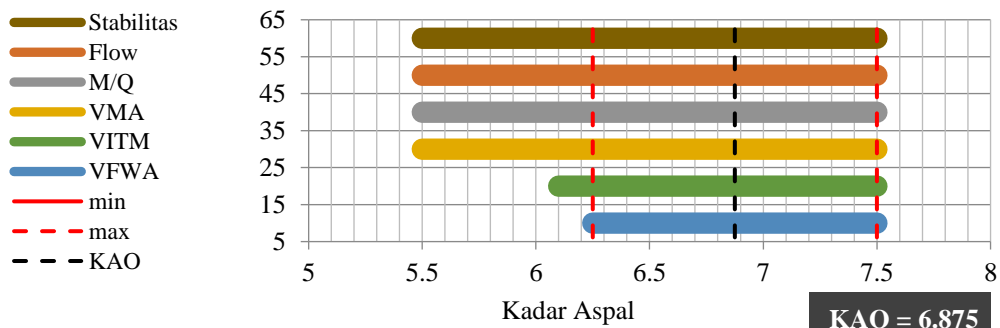
### Gambar 5.10 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 50% Aspal Pertamina Pen 60/70

Berdasarkan Gambar 5.10 dengan variasi substitusi *filler* Batu trass 50% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6.825%.

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 75%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	789,78	2,43	325,51	7,61	62,28	20,10	2,31
6	871,46	2,55	342,32	5,50	71,57	19,33	2,34
6.5	973,05	2,70	360,01	3,99	79,16	19,09	2,36
7	856,62	2,88	297,93	3,81	80,95	19,98	2,35
7.5	771,26	3,18	241,79	3,54	82,98	20,79	2,3
Spesifikasi	670	>2-4	>300	>3-5	>76-82	>15	>2

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal optimum variasi *filler* 75% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



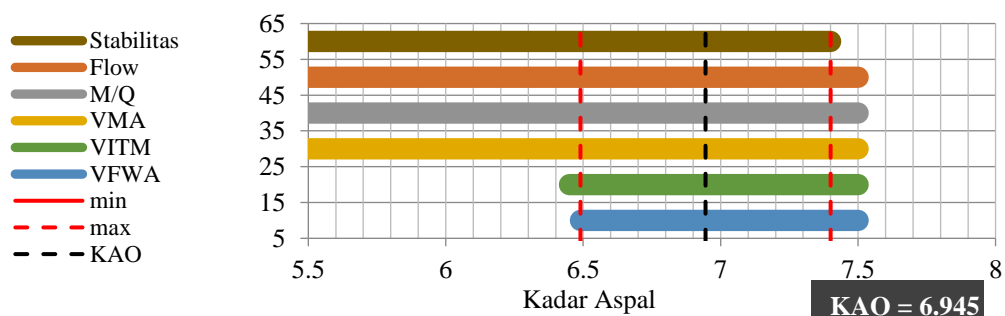
**Gambar 5.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 75% Aspal Pertamina Pen 60/70**

Berdasarkan Gambar 5.11 dengan variasi substitusi *filler* Batu trass 75% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6.87%.

**Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Variasi Substitusi Batu Trass 100%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	767,47	2,53	304,60	8,44	59,48	20,78	2,27
6	868,23	2,62	333,07	7,28	65,08	20,81	2,29
6.5	922,58	2,90	318,92	4,67	76,20	19,64	2,33
7	818,74	3,00	273,08	3,91	80,54	20,03	2,33
7.5	691,22	3,27	211,83	3,31	83,91	20,56	2,33
Spesifikasi	670	>2-4	>300	>3-5	>76-82	>15	>2

Berikut ini adalah penentuan kadar aspal optimum variasi *filler* 100% dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.



**Gambar 5.12 Penentuan Kadar Aspal Optimum Variasi Agregat 100% Aspal Pertamina Pen 60/70**

Berdasarkan Gambar 5.12 dengan variasi substitusi *filler* Batu trass 100% didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6.94%.

**Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum**

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Penetrasi pen 60/70				
		Variasi Substitusi Batu Trass(%)				
		0	25	50	75	100
Stabilitas (kg)	5,5	822,28	1099,86	764,40	789,78	767,47
	6	1231,70	1292,33	891,56	871,46	868,23
	6,5	1511,35	1032,51	1035,57	973,05	922,58
	7	1103,34	905,67	876,04	856,62	818,74
	7,5	798,42	785,26	791,27	771,26	691,22
Flow (mm)	5,5	2,58	2,67	2,13	2,43	2,53
	6	2,82	2,95	2,73	2,55	2,62
	6,5	3,22	3,00	2,87	2,70	2,90
	7	3,30	3,33	3,37	2,88	3,00
	7,5	3,43	3,60	3,55	3,18	3,27
MQ (kg/mm)	5,5	318,48	411,24	360,12	325,51	304,60
	6	437,68	440,46	346,80	342,32	333,06
	6,5	469,98	344,59	362,69	360,01	318,92
	7	335,18	271,81	266,07	297,93	273,08
	7,5	232,47	218,05	224,83	241,79	211,8
VFWA (%)	5,5	64.79	58.69	57.51	62.28	59.48
	6	75.42	73.65	72.91	71.57	65.08
	6,5	81.64	80.29	79.78	79.16	76.20
	7	84.22	82.54	81.35	80.95	80.54
	7,5	86.32	84.53	83.13	82.98	83.91
VMA (%)	5,5	19.55	21.11	21.41	20.10	20.78
	6	18.64	18.96	19.07	19.33	20.81
	6,5	18.73	18.94	19.00	19.09	19.64
	7	19.47	19.75	19.94	19.98	20.03
	7,5	20.26	20.57	20.80	20.79	20.56

**Lanjutan Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum**

<i>Density</i> (%)	5,5	2.34	2.29	2.27	2.31	2.27
	6	2.38	2.36	2.35	2.34	2.29
	6,5	2.39	2.38	2.37	2.36	2.33
	7	2.38	2.36	2.35	2.35	2.33
	7,5	2.37	2.35	2.34	2.33	2.33
<i>VITM</i> (%)	5,5	6.88	8.72	9.10	7.61	8.44
	6	4.59	5.00	5.17	5.50	7.28
	6,5	3.44	3.73	3.84	3.99	4.67
	7	3.07	3.45	3.72	3.81	3.91
	7,5	2.77	3.19	3.51	3.54	3.31

#### 5.1.4 Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum

Pada pengujian ini didapatkan nilai KAO sebanyak lima buah, masing - masing pada variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hasil rekapitulasi nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 5.13 di bawah ini.

**Tabel 5.12 Hasil Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum**

Variasi Substitusi <i>Filler</i> Batu Trass (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	6,01	7,4	6,705
25	6,1	7,4	6,75
50	6,15	7,5	6,825
75	6,25	7,5	6,875
100	6,49	7,4	6,945

Berdasarkan Tabel 5.13, dapat disimpulkan bahwa semakin besar proporsi substitusi *filler* batu trass, semakin besar pula kadar aspal yang akan digunakan. Hal ini disebabkan karena berat jenis *filler* batu trass dengan nilai 2,29 lebih kecil dari

berat jenis *filler* Clereng dengan nilai 2,553. Penyerapan air *filler* batu trass lebih besar dibandingkan dengan penyerapan air dari *filler* Clereng yang mengakibatkan kebutuhan kadar aspal meningkat seiring bertambahnya substitusi variasi.

#### 5.1.5 Hasil Pengujian Campuran SMA Pada Kadar Aspal Optimum

Adapun hasil pengujian campuran *Split Mastic Asphalt* dengan substitusi *filler* batu trass pada kadar aspal optimum (KAO) meliputi empat pengujian, yaitu pengujian *Marshall Standard*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Tabel 5.14 sampai Tabel 5.18

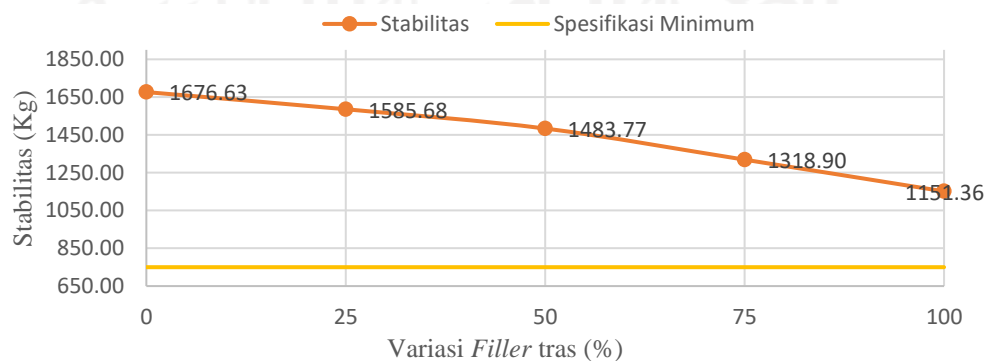
##### 1. Batu trass sebagai Substitusi *Filler* pada Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall pada kadar aspal optimum pada setiap variasi substitusi *filler* dapat dilihat pada Tabel 5.14 sebagai berikut.

**Tabel 5.13 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum pada setiap Variasi Substitusi Batu Trass**

Variasi Substitusi Batu Trass (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	1676,63	3,50	482,77	4,86	76,00	20,25	2,348
25	1585,68	3,60	441,27	4,59	77,18	20,09	2,349
50	1483,77	3,72	400,13	4,26	78,63	19,95	2,351
75	1318,90	3,77	351,21	4,01	79,78	19,81	2,352
100	1151,36	3,82	301,85	3,71	81,15	19,70	2,354
Spesifikasi	>670	>2-4	>300	>3,0-5,0	>76-82	>15	>2

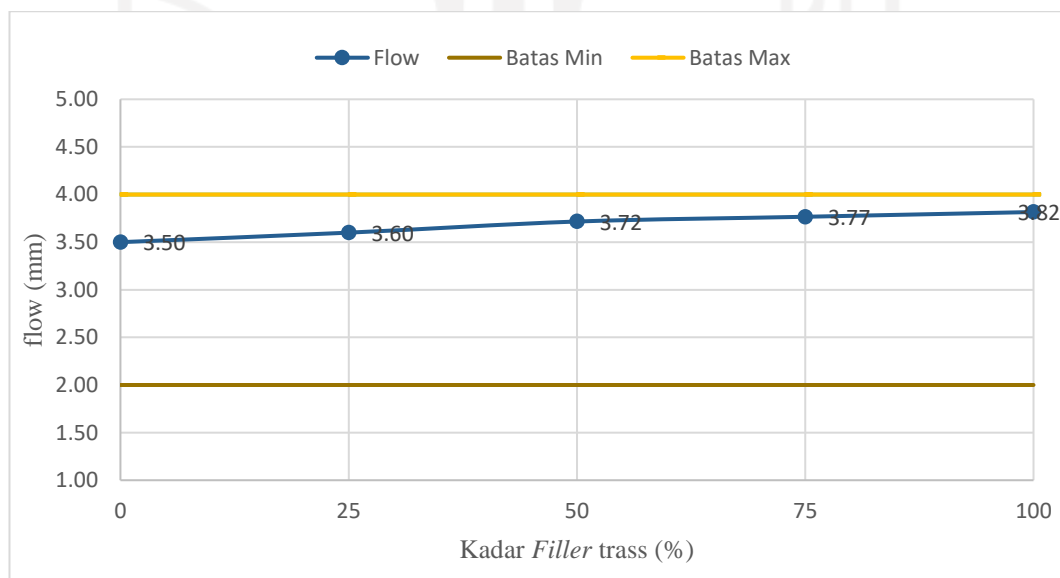
##### a. Stabilitas



**Gambar 5.13 Grafik Pengaruh *Filler* Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Stabilitas**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada campuran SMA pada variasi substitusi *filler* mengalami penurunan. Penurunan nilai stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan kepadatannya. Penurunan nilai stabilitas dari variasi substitusi *filler* trass 0% sampai 100% dikarenakan seiring bertambahnya kadar *filler* trass membutuhkan semakin banyak aspal yang membuat selimut aspal menjadi tebal dan gesekan antara butiran berkurang sehingga nilai kohesi nya menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) bahwa campuran SMA 0/11 yang menggunakan agregat halus pengganti dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% memiliki nilai stabilitas yang cenderung menurun. Nilai Stabilitas dipengaruhi oleh kadar aspal dan kepadatannya semakin tinggi nilai stabilitas pada suatu campuran, campuran tersebut akan semakin kuat dalam menahan beban lalu lintas di atasnya, tetapi campuran tersebut juga akan semakin getas. Nilai stabilitas pada penelitian ini seluruhnya memasuki persyaratan Kimbangwil (1999) yaitu  $> 670\text{kg}$ .

#### b. Flow



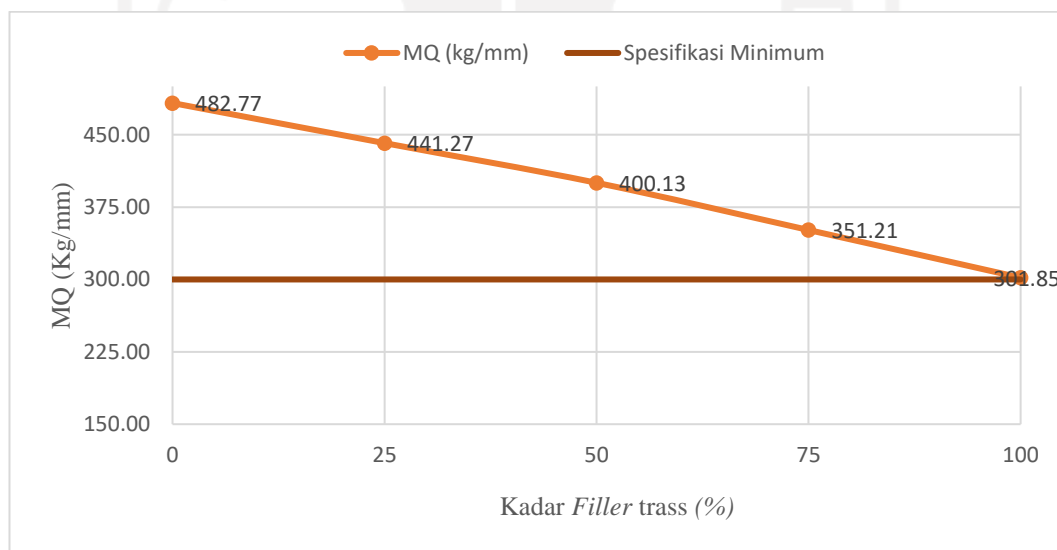
**Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Nilai *Flow***

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.14 diatas bahwa nilai *flow* pada campuran SMA mengalami kenaikan setiap penambahan variasi substitusi *filler*



batu trass. Meningkatnya nilai flow menunjukkan bahwa aspal lebih banyak terserap oleh *filler* batu trass sehingga kelelahan pada campuran SMA cenderung akan lebih meningkat dan campuran akan semakin lentur dan plastis. Campuran dengan kadar aspal yang tinggi mengakibatkan campuran lebih plastis dan cenderung mudah mengalami deformasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) dengan campuran SMA 0/11 yang menggunakan agregat halus pengganti dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% yang memiliki nilai *flow* yang cenderung meningkat. Peningkatan nilai *flow* menunjukkan jika campuran SMA 0/11 lentur dan plastis.

c. *Marshall Quotient (MQ)*



**Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)***

Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang tinggi dengan tingkat kelelahan rendah yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi lebih kaku dan mudah retak. Nilai *MQ* yang mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi substitusi *filler* batu trass menunjukkan bahwa hal tersebut diakibatkan karena nilai *flow* yang semakin meningkat namun tidak diiringi dengan naiknya nilai stabilitas. Hal tersebut dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi sangat plastis dan mudah mengalami deformasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) dengan penambahan

variasi pasir pantai pada campuran SMA 0/11 bahwa dengan nilai stabilitas yang cenderung menurun dan flow yang cenderung mengalami kenaikan mengakibatkan campuran memiliki kekakuan yang relatif rendah sehingga campuran cenderung bersifat plastis.

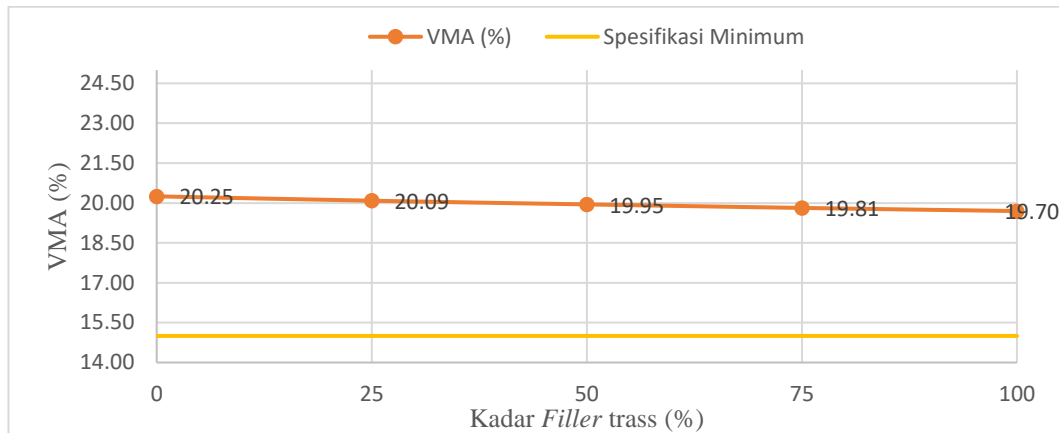
d. *Void In Total Mix (VITM)*



**Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi Filler Terhadap Nilai Void In Total Mix (VITM)**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai *VITM* pada campuran SMA mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *filler* pengganti batu trass kadar 0% hingga 100% yang menandakan rongga pada campuran semakin rapat karena terisi oleh *filler* batu trass. Hal ini sejalan dengan penelitian Ardi (2020) bahwa *VITM* dengan variasi kadar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar kapur. Penurunan nilai *VITM* menunjukkan bahwa rongga dalam campuran semakin sedikit sehingga campuran tersebut bersifat lebih padat dan rapat.

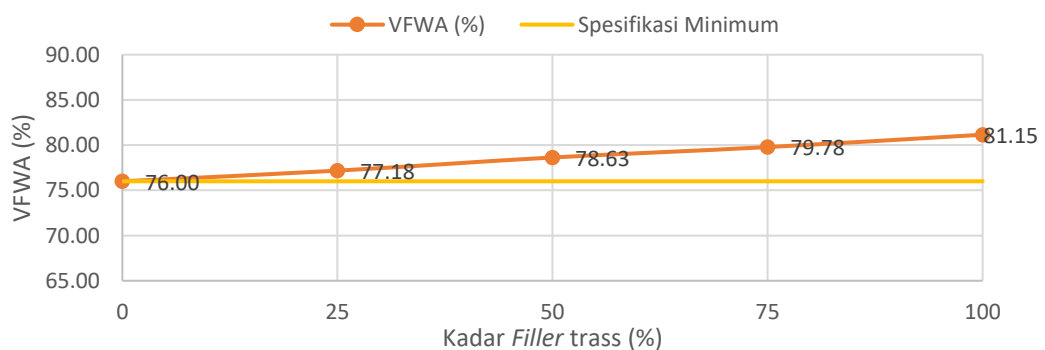
e. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*



**Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Nilai *Void in Mineral Aggregate (VMA)***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 dapat dilihat bahwa nilai VMA pada campuran SMA mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *filler* pengganti batu trass kadar 0% hingga 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *filler* pengganti membuat rongga antar agregat semakin padat karena terisi oleh *filler*. Hal ini sejalan dengan penelitian Ardi (2020) bahwa campuran yang menggunakan kapur sebagai *filler* dengan campuran *Superpave* pada variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% mengalami penurunan nilai *Void Mineral Agregate (VMA)*. Hal ini disebabkan karena penambahan gamping sebagai *filler* pengganti membuat rongga campuran antar agregat semakin mengisi yang menjadikan pori semakin kecil sehingga banyaknya rongga antar butiran agregat berkurang.

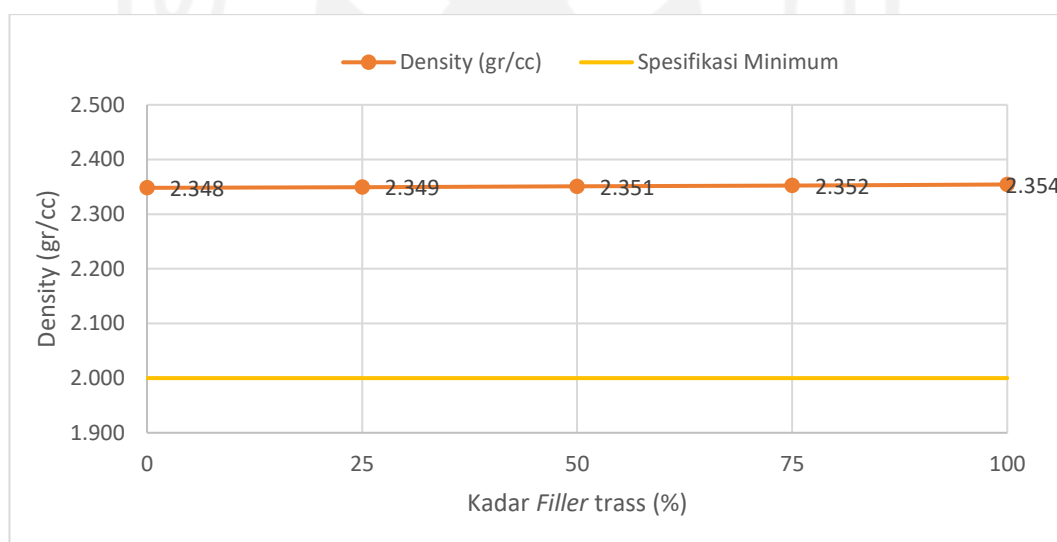
f. *Void Filled with Asphalt (VFWA)*



**Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Nilai *Void Filled with Asphalt (VFWA)***

Dari grafik pada Gambar 5.18 kandungan rongga pada campuran SMA mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi batu trass pada campuran SMA dari 0% hingga 100%. Hal tersebut terjadi dikarenakan kadar aspal dan *filler* trass yang lebih banyak akan mengisi rongga campuran dimana rongga akan semakin sedikit dan menjadikan campuran lebih kedap. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa hal tersebut berkaitan dengan tekstur pada butiran serbuk batu bata yang halus menyebabkan aspal banyak mengisi pori pada butiran tersebut, sehingga butiran agregat lainnya minim mendapatkan lekatan dari aspal dan menyebabkan film aspal menjadi tipis. Meningkatnya nilai *VFWA* karena rongga pada campuran terisi oleh aspal setelah dipadatkan, hal ini menunjukkan bahwa campuran semakin kedap air dan menjadi lebih fleksibel.

g. *Density*



**Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Batu Trass Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Nilai *Density***

Dari grafik pada Gambar 5.19 nilai *density* pada campuran SMA mengalami peningkatan atau cenderung stabil dengan bertambahnya batu trass pengganti dari variasi substitusi 0% hingga 100%. Kenaikan yang dialami pada nilai *density* tidak akan jauh berbeda dengan atau biasanya setara dengan kadar *filler* yang lain. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) bahwa nilai

*Density* mengalami kenaikan namun tetap masuk dalam spesifikasi yang sudah ditentukan.

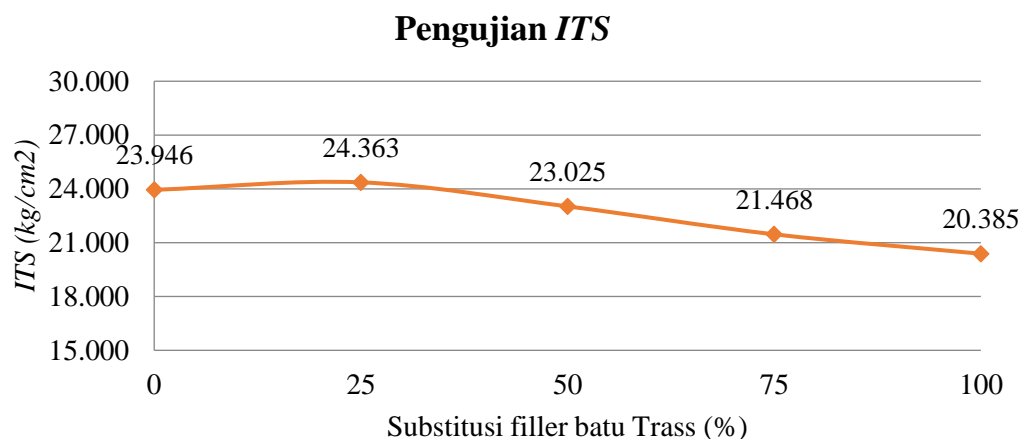
## 2. Hasil Pengujian dan Pembahasan *Indirect Tensile Strength* Pada KAO Aspal SMA

Adapun hasil pengujian *Indirect Tensile Strength* pada keadaan KAO dapat dilihat pada Tabel 5.15 dibawah ini.

**Tabel 5.14 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70**

Variasi batu trass (%)	ITS (Kg/Cm <sup>2</sup> )
0	23,946
25	24,363
50	23,025
75	21,468
100	20,385

*Indirect Tensile Strength (ITS)* adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai gaya Tarik tak langsung dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas yang dihitung dari puncak beban. Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* juga bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* terhadap substitusi variasi batu trass sebagai *filler* pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut ini.



**Gambar 5.20 Grafik ITS Pada Variasi Agregat Dengan Menggunakan Aspal Pen 60/70**

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.20 dapat dilihat nilai pengujian *ITS* pada setiap penambahan variasi substitusi batu trass sebagai *filler* pengganti mengalami penurunan kinerja, hal ini disebabkan karena pada saat campuran sudah memasuki kekuatan maksimal maka apabila campuran tersebut ditambahkan kembali *filler* trass maka rongga pada campuran semakin sedikit sebab terisi oleh *filler* batu trass, namun campuran tersebut akan bersifat semakin getas dan lebih rapuh sehingga tidak dapat menahan beban dan terjadi retakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Sunarjono dan Samantha (2012) yang melakukan analisis menggunakan campuran SMA 0/11 dengan hasil nilai *ITS* yang terus meningkat kemudian nilai *ITS* menurun.

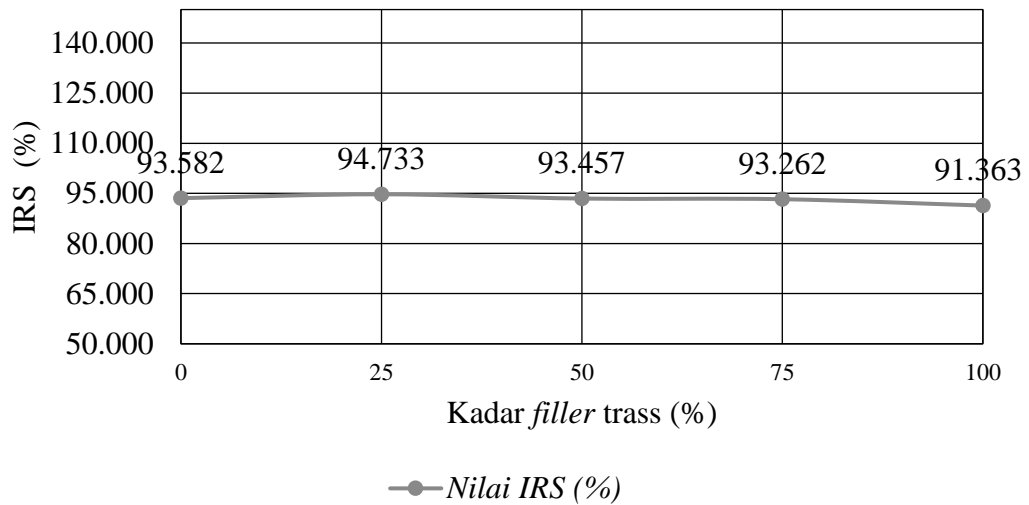
### 3. Hasil Pengujian *Imerrision* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

Adapun hasil pengujian *Imerrision* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 5.16 di bawah ini.

**Tabel 5.15 Hasil Pengujian *Immersion* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70**

Index of Retained Strength			
Substitusi Filler (%)	Stabilitas 0,5 Jam	Stabilitas 24 Jam	Nilai IRS
0	1676,63	1569,02	93,582
25	1585,68	1502,16	94,733
50	1483,77	1386,68	93,457
75	1318,90	1230,03	93,262
100	1151,36	1051,91	91,363

*Immersion test* atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Dalam pengujian ini dilakukan perendaman di *waterbath* selama 24 jam. Berdasarkan Bina Marga 2018 nilai *Index Retained Strenght* minimal adalah 90%. *Index of Retained Strenght* adalah indeks tahanan sisa yang berasal dari proses perendaman. Nilai *IRS* dihitung dengan cara membandingkan nilai stabilitas perendaman selama 24 jam dengan stabilitas perendaman 0,5 jam. Nilai *IRS* dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut ini.

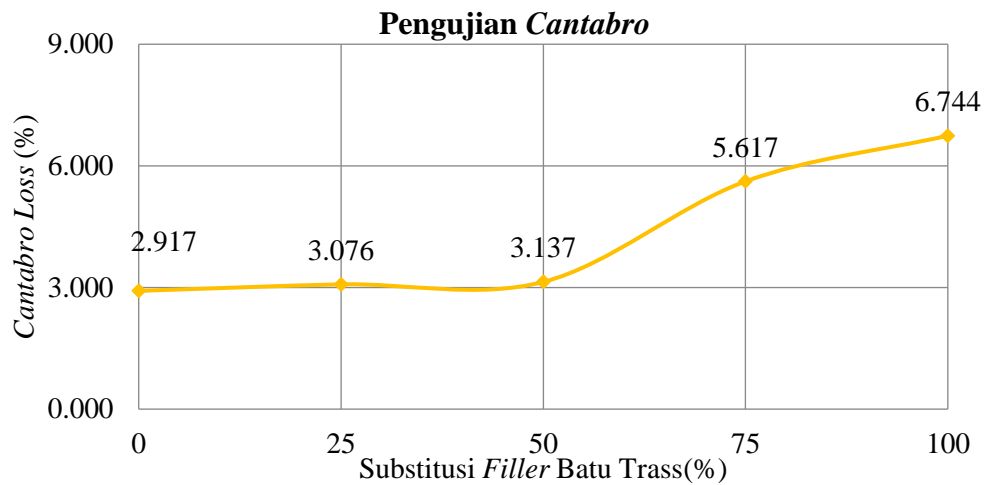


**Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Nilai Index Of Retained Strength 24 Jam pada Filler Pengganti Batu Trass**

Berdasarkan Grafik yang ada pada gambar 5.21 dapat disimpulkan bahwa nilai *IRS* menurun atau stabil menurun. Hal ini dikarenakan proses perendaman yang selama waktu 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) bahwa campuran *SMA 0/11* yang menggunakan agregat pengganti dari variasi 0% sampai 100% mengalami penurunan dikarenakan infiltrasi air terhadap campuran yang direndam lebih lama dan meningkatnya proses oksidasi aspal yang mempercepat proses penuaan pada proses uji perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa waktu rendaman sangat mempengaruhi kualitas campuran terhadap durabilitasnya.

#### 4. Hasil Pengujian *Cantabro Loss* pada KAO Aspal Pertamina Pen 60/70

*Cantabro loss* merupakan pengujian yang tujuannya untuk mengetahui nilai gaya Tarik dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian *Cantabro* terhadap variasi substitusi batu trass sebagai *filler* pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



**Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Filler Trass Terhadap Nilai Cantabro Loss**

Berdasarkan grafik dari Gambar 5.22 dapat dilihat nilai pengujian *Cantabro loss* pada setiap penambahan variasi substitusi batu trass sebagai *filler* pengganti mengalami kenaikan, yang berarti semakin besar penambahan variasi batu trass ketahanan terhadap disintegrasi kurang baik yang menyebabkan kehilangan berat yang meningkat. Peningkatan nilai *Cantabro Loss* disebabkan oleh adhesi antar agregat dan aspal berkurang. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan (2020) dengan menggunakan campuran SMA 0/11 dengan agregat pengganti variasi 0% sampai 100% mengalami kenaikan dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun.



## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran *Split Mastic Asphalt* substitusi batu trass sebagai *filler* dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari Pengujian sifat fisik batu trass Rembang menunjukkan bahwa nilai berat jenis batu trass Rembang 2,29. Hasil dari sifat fisik batu trass Rembang sudah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan Bina Marga 2018.
2. Nilai Stabilitas, *flow*, *MQ*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* pada karakteristik *Marshall* memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Semakin bertambahnya nilai variasi batu trass sebagai substitusi *filler*, Nilai Stabilitas dan *MQ* mengalami penurunan setiap penambahan variasi batu trass dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *flow* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan variasi substitusi batu trass. Nilai *VFWA* mengalami kenaikan setiap penambahan variasi batu trass dari 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Nilai *VITM* dan nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi substitusi batu trass. Semakin bertambahnya kadar variasi substitusi batu trass sebagai *filler* pengganti, kinerja campuran aspal mengalami penurunan.
3. Nilai kuat tarik tak langsung pada uji *Indirect Tensile Strength (ITS)* dengan semakin bertambahnya variasi substitusi batu trass Rembang mengalami penurunan yang mengindikasikan bahwa campuran mudah mengalami retak. Hal ini disebabkan karena pada saat campuran sudah memasuki kekuatan maksimal maka apabila campuran tersebut ditambahkan kembali *filler* trass maka rongga pada campuran semakin sedikit sebab terisi oleh *filler* batu trass, namun campuran tersebut akan bersifat semakin getas dan lebih rapuh sehingga tidak dapat menahan beban dan terjadi retakan.

4. Nilai *Cantabro Loss* pada campuran SMA dengan menggunakan variasi kadar batu trass sebagai substitusi *filler* pengganti mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar *filler* trass, yang mengindikasikan bahwa campuran semakin mengalami disintegrasi. Disebabkan oleh permukaan batu trass yang lebih halus menyebabkan campuran mudah lepas karena benturan dikarenakan ikatan antar agregat dan aspal menurun. Campuran dengan kadar *filler* pengganti batu trass Rembang 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% menghasilkan nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan syarat kehilangan < 20%.
5. Nilai *IRS* pada campuran SMA dengan menggunakan variasi kadar batu trass sebagai substitusi *filler* pengganti memiliki nilai *IRS* sesuai standar yang disyaratkan oleh Bina Marga 2018 yaitu minimum 90%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan variasi batu trass sebagai *filler* pengganti menunjukkan bahwa campuran memiliki ketahanan terhadap pengaruh cuaca, suhu, air dan beban lalu lintas.

## 6.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, maka diperoleh beberapa saran sebagai berikut.

1. Penggunaan batu trass bisa digunakan sebagai alternatif *filler* pengganti Clereng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, M. (2013). Pemanfaatan Tras pada Perkerasan Jalan. *Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Ardi, B. N. (2020). Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Gamping Sebagai Substitusi Filler Terhadap Karakteristik Campuran Bergradasi Superpave Dengan Bahan Ikat Starbit E-55. *Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Asphalt Institute MS-2 . (1984). *Asphalt Mix Design Methods*. Asphalt Institute.
- Ayu, A. (2017). Pengaruh Tras Lampoto'o terhadap Sifat Permeabilitas pada Campuran Asphalt Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC). *Universitas Negeri Gorontalo*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (1983). *Spesifikasi Umum 1983*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Eva, T. (2018). Pengaruh Abu Sekam Padi sebagai Filler Pengganti terhadap Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt (SMA). *Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Hadiastari, I. G. (2018). KINERJA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) 0/11 DENGAN FILLER ABU SEKAM PADI AKIBAT LAMA RENDAMAN AIR LAUT. *Universitas Islam Indonesia*.
- Ishak. (2015). Kajian Nilai Marshall Campuran SMA 0/11 dengan Menggunakan Fly Ash (Abu Terbang) Sebagai Pengganti Filler Abu Batu. *Universitas Batanghari, Jambi*.
- Mecky, R. (2011). Pemanfaatan Tras Sebagai Filler dalam Campuran Aspal Panas HRS-WC. *Universitas Sam Ratulangi, Manado*.
- Mustofa, H. (2016). Pengembangan Campuran Bergradasi Split Mastic Asphalt (SMA). *Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Puslitbang Teknologi Prasarana Jalan. (2000). *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*. Bandung: Departemen Pemukiman dan Pengembangan Wilayah.

- Rahayu, H. M. (2018). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Filler Serbuk Batu Bata Akibat Lama Rendaman Air Laut. *Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Ramadhan, F. (2020). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA). *Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Razali, M. R. (2014). PENGARUH DUST PROPORTION TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT. *Universitas Bengkulu*.
- Samantha, S. S. (2012). Analisis Kekuatan Tarik Mataerial Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian Indirect Tensile Strength. *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS, Surakarta*.
- Santoso. (2001). Pengaruh Penggunaan Variasi Kadar Filler Abu Batu dan Abu Marmer dalam Campuran Split Mastic Asphalt +s. *Universitas Islam Indonesia, DIY*.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sukirman, S. (2007). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Tahir, A. (2011). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Rekayasa dan Manajemen Transportasi*.
- Wahyono, A. R. (2015). *PENGARUH PENAMBAHAN FILLER SEMEN DAN LAMA RENDAMAN TERHADAP SIFAT DURABILITAS DAN NILAI STRUKTURAL SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)*. Surakarta: Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)3.

# LAMPIRAN



**Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL**

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

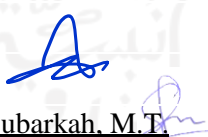
Tanggal Uji : 2020


No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	23,7	24,86
2	Berat vicnometer + aquades (gr)	47,47	48,74
3	Berat aquadest (gr)	23,77	23,88
4	Berat vicnometer + aspal (gr)	26,24	27,17
5	Berat aspal (gr)	2,54	2,31
6	Berat vicnometer + aspal + aquadest (gr)	47,63	48,81
7	Berat aquadest (gr)	21,39	21,64
8	Volume aspal (gr)	2,38	2,24
9	Berat jenis aspal	1,067	1,031
10	Rata-rata BJ Aspal	1,049	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE

### PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4/TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2020

#### 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	10:16	27

#### HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen mayer kosong (gr)	75,23	68,91
2	Berat erlen mayer kosong + aspal (gr)	77,74	72,43
3	Berat aspal (gr)	2,51	3,52
4	Berat kertas saring bersih (gr)	0,58	0,57
5	Berat kertas saring bersih + mineral (gr)	0,59	0,58
6	Berat Mineral (gr)	0,01	0,01
7	Prosentase Mineral (%)	0,40	0,28
8	Aspal yang larut (%)	99,60	99,72
9	Rata-rata aspal yang larut (%)	99,66	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti



Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

### Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas

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

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

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


#### HASIL PEMERIKSAAN


No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164,7 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	164,7 cm	Tidak putus

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148



## Lampiran 4 Titik Nyala & Titik Bakar Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK NYALA & TITIK BAKAR ASPAL

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

#### 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	311 °C	325 °C

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

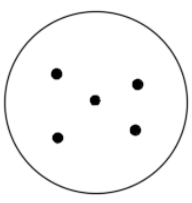
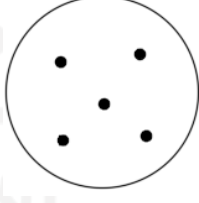
### PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

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

#### 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.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti



Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2020

#### 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.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## 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 : 2020

#### 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	98%	Memenuhi
2	Benda Uji 2	98%	Memenuhi
3	Rata-Rata	98%	Memenuhi

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti



Ramanda Aditya  
NIM : 15511148


**Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* CLERENG**

Material : *Filler* Clereng  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2020

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	12,04	11,84
2	Berat vicnometer + aquades (gr)	29,24	29,22
3	Berat aquadest (gr)	17,2	17,38
4	Berat vicnometer + Debu Batu (gr)	13,09	13,24
5	Berat Debu Batu (gr)	1,05	1,4
6	Berat vicnometer + 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.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

**Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar**


**PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR**

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


No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan 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 ( <i>Bulk</i> ) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,629	2,580	2,605
6	Berat Jenis ( <i>SSD</i> ) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,672	2,625	2,648
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,746	2,702	2,724
8	Penyerapan Air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	1,625	1,750	1,687
9	Berat Cawan	128,09	257,18	
10	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + 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.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus


### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

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

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	3
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat <i>Vicnometer</i> + Air (B)	690,87	663,53	677,17
3	Berat <i>Vicnometer</i> + Air + Benda Uji (BT)	1010,88	981,28	996,08
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	493,77	492,41	493,09
5	Berat Jenis ( <i>Bulk</i> ) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,74	2,70	2,72
6	Berat Jenis ( <i>SSD</i> ) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,78	2,74	2,76
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,84	2,82	2,83
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	1,26	1,54	1,40
9	Berat Jenis Efektif = (BJ <i>Bulk</i> + BJ Semu) / 3	2,84	2,82	2,83
10	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,8306		


Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti



Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

**Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Trass**

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* TRASS**


Material : *Filler* Trass  
Sumber : Rembang, Jawa Tengah  
Tanggal Uji : 2020


No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	13,54	12,4
2	Berat vicnometer + aquades (gr)	25,67	24,52
3	Berat aquadest (gr)	12,13	12,12
4	Berat vicnometer + Trass (gr)	15,8	14,49
5	Berat Trass (gr)	2,26	2,09
6	Berat vicnometer + Trass + aquadest (gr)	26,92	35,72
7	Berat aquadest (gr)	11,12	11,23
8	Volume Debu Batu (gr)	1,01	0,89
9	Berat jenis Debu Batu	2,237	2,348
10	Rata-rata BJ Debu Batu	2,292	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya

Peneliti

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148



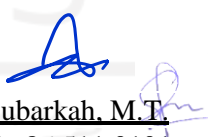
## Lampiran 12 Pemeriksaan Sand Equivalent

### PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT


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

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
			1	2
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl <sub>2</sub> 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 CaCl <sub>2</sub> )	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	$Sand\ Equivalent = \frac{Sand\ reading}{Clay\ reading} \times 100$		92,31%	91,67%
6	Rata-rata Sand Equivalent (%)		91,987%	

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

**Lampiran 13 Pemeriksaan Keausan Agregat**

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)**

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

No.	Jenis Gradasi		Seragam (AC-WC)	
	Saringan		Benda Uji	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	25,4 mm 1 "	19 mm 3/4 "	2500	2500
2	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	2500	2500
3	Jumlah Benda Uji (A) (gr)		5000	5000
4	Jumlah Tertahan Di Sieve 12(B) (gr)		4711	3752
5	Keausan = $(A-B)/A \times 100\%$ (%)		5,78	20,36
6	Rata-rata Keausan (%)		13,05	

Mengetahui,

Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti



Ramanda Aditya  
NIM : 15511148



**Lampiran 14 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 0%**

Tanggal Penguji : \_\_\_\_\_  
Tipe Campuran Split Mastic Asphalt  
: Dengan Bahan Ikat Pea 60/70

Dikerjakan oleh Ramanda Aditya  
Diperiksa oleh Ir. Subarkah, M.T.

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	66.00	5.82	5.5	1179	1189.4	685.15	504.28	2.339	2.511	12.670	80.46	6.868	19.54	64.85	6.87	55	899.76	0.94	848.59	2.5	339.43
5.5B	66.80	5.82	5.5	1179	1188.7	685.29	503.42	2.342	2.511	12.689	80.58	6.727	19.42	65.35	6.73	58	948.84	0.93	880.05	2.65	332.09
5.5C	67.80	5.82	5.5	1178	1187.9	683.24	504.66	2.334	2.511	12.645	80.3	7.056	19.70	64.18	7.06	50	817.96	0.90	738.21	2.6	283.93
								<b>2.339</b>					<b>19.55</b>	<b>64.79</b>	<b>6.88</b>				<b>822.28</b>	<b>2.58</b>	<b>318.48</b>
6A	65.17	6.38	6	1177	1185.2	689.23	495.99	2.373	2.492	14.026	81.22	4.754	18.78	74.69	4.75	77	1259.66	0.96	1207.70	2.80	431.32
6B	64.00	6.38	6	1178	1186.3	688.13	498.12	2.364	2.492	13.970	80.9	5.134	19.10	73.12	5.13	79	1292.38	0.99	1276.23	2.75	464.08
6C	64.53	6.38	6	1180	1184.5	692.01	492.49	2.395	2.492	14.154	81.96	3.887	18.04	78.45	3.89	76	1243.30	0.97	1211.18	2.90	417.65
								<b>2.378</b>					<b>18.64</b>	<b>75.42</b>	<b>4.59</b>				<b>1231.70</b>	<b>2.82</b>	<b>437.68</b>
6.5A	67.40	6.95	6.5	1177	1180.4	685.54	494.89	2.379	2.473	15.228	80.96	3.813	19.04	79.98	3.81	99	1619.57	0.91	1477.85	3.10	476.73
6.5B	63.83	6.95	6.5	1179	1182.3	690.56	491.75	2.397	2.473	15.348	81.6	3.051	18.40	83.42	3.05	94	1537.77	0.99	1524.96	3.25	469.22
6.5C	64.50	6.95	6.5	1177	1181.3	688.21	493.08	2.387	2.473	15.282	81.25	3.466	18.75	81.51	3.47	96	1570.49	0.98	1531.23	3.30	464.01
								<b>2.388</b>					<b>18.73</b>	<b>81.64</b>	<b>3.44</b>				<b>1511.35</b>	<b>3.22</b>	<b>469.98</b>
7A	64.77	7.53	7	1175	1179	685.44	493.59	2.381	2.454	16.415	80.6	2.982	19.40	84.63	2.98	71	1161.51	0.97	1124.73	3.10	362.81
7B	64.23	7.53	7	1175	1180.4	685.32	495.07	2.374	2.454	16.370	80.38	3.246	19.62	83.45	3.25	69	1128.79	0.98	1108.09	3.40	325.91
7C	64.77	7.53	7	1175	1179.2	685.5	493.73	2.381	2.454	16.412	80.59	2.994	19.41	84.57	2.99	68	1112.43	0.97	1077.20	3.40	316.82
								<b>2.379</b>					<b>19.47</b>	<b>84.22</b>	<b>3.07</b>				<b>1103.34</b>	<b>3.30</b>	<b>335.18</b>
7.5A	63.73	8.11	7.5	1179	1183.3	684.67	498.65	2.364	2.435	17.463	79.61	2.931	20.39	85.63	2.93	53	867.04	0.99	861.98	3.60	239.44
7.5B	64.33	8.11	7.5	1178	1183.2	685.72	497.5	2.368	2.435	17.490	79.73	2.784	20.27	86.27	2.78	49	801.60	0.98	784.90	3.30	237.85
7.5C	64.57	8.11	7.5	1178	1183.6	686.9	496.7	2.372	2.435	17.522	79.88	2.602	20.12	87.07	2.60	47	768.88	0.97	748.38	3.40	220.11
								<b>2.368</b>					<b>20.26</b>	<b>86.32</b>	<b>2.77</b>				<b>798.42</b>	<b>3.43</b>	<b>232.47</b>

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

## Lampiran 15 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 25%

Tanggal Pengujian \_\_\_\_\_

Tipe Campuran \_\_\_\_\_

: Dengan Bahan Ikut Pen 60/70

Dikerjakan oleh \_\_\_\_\_


Ramanda Aditya

Diperiksa oleh \_\_\_\_\_


Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q Koreksi	R	S	T
													VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas			Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5.5A	66.63	5.82	5.5	1144	1156.5	655.12	501.42	2.282	2.506	12.364	78.718	8.918	21.28	58.10	8.92	100	1454.33	0.93	1354.34	2.75	492.49
5.5B	67.63	5.82	5.5	1142	1151	653.81	497.22	2.297	2.506	12.442	79.212	8.347	20.79	59.85	8.35	75	1090.74	0.91	988.94	2.60	380.36
5.5C	66.20	5.82	5.5	1145	1152.4	650.83	501.57	2.283	2.506	12.366	78.728	8.906	21.27	58.13	8.91	70	1018.03	0.94	956.31	2.65	360.87
								<b>2.287</b>					<b>21.11</b>	<b>58.69</b>	<b>8.72</b>				<b>1099.86</b>	<b>2.67</b>	<b>411.24</b>
6A	62.60	6.38	6	1125	1129	652.23	476.78	2.360	2.487	13.948	80.968	5.084	19.03	73.29	5.08	88	1279.81	1.02	1308.60	3.10	422.13
6B	64.57	6.38	6	1124	1127.5	651.32	476.17	2.361	2.487	13.954	81.007	5.039	18.99	73.47	5.04	95	1381.61	0.97	1344.77	2.70	498.06
6C	64.37	6.38	6	1126	1128.1	652.22	475.9	2.366	2.487	13.980	81.157	4.863	18.84	74.19	4.86	86	1250.72	0.98	1223.62	3.05	401.19
								<b>2.362</b>					<b>18.96</b>	<b>73.65</b>	<b>5.00</b>				<b>1292.33</b>	<b>2.95</b>	<b>440.46</b>
6.5A	64.10	6.95	6.5	1134	1137.6	660.11	477.44	2.376	2.468	15.210	81.073	3.717	18.93	80.36	3.72	75	1090.74	0.99	1074.38	3.10	346.58
6.5B	65.03	6.95	6.5	1134	1136	659.47	476.54	2.379	2.468	15.230	81.176	3.594	18.82	80.91	3.59	65	945.31	0.96	909.07	3.00	303.02
6.5C	61.60	6.95	6.5	1130	1133.5	656.97	476.53	2.372	2.468	15.183	80.926	3.891	19.07	79.60	3.89	73	1061.66	1.05	1114.08	2.90	384.16
								<b>2.375</b>					<b>18.94</b>	<b>80.29</b>	<b>3.73</b>				<b>1032.51</b>	<b>3.00</b>	<b>344.59</b>
7A	64.13	7.53	7	1141	1144.9	660.28	484.58	2.356	2.449	16.241	79.95	3.809	20.05	81.00	3.81	62	901.68	0.98	887.41	3.20	277.31
7B	63.17	7.53	7	1144	1147.7	665.09	482.63	2.371	2.449	16.346	80.468	3.187	19.53	83.68	3.19	58	843.51	1.01	850.54	3.40	250.16
7C	63.90	7.53	7	1141	1143.5	661.42	482.09	2.367	2.449	16.317	80.326	3.357	19.67	82.94	3.36	68	988.94	0.99	979.05	3.40	287.96
								<b>2.364</b>					<b>19.75</b>	<b>82.54</b>	<b>3.45</b>				<b>905.67</b>	<b>3.33</b>	<b>271.81</b>
7.5A	63.83	8.11	7.5	1144	1147.2	659.7	487.49	2.346	2.430	17.333	79.212	3.455	20.79	83.38	3.45	55	799.88	0.99	793.21	3.60	220.34
7.5B	62.03	8.11	7.5	1149	1152.3	667.32	484.94	2.369	2.430	17.499	79.968	2.533	20.03	87.36	2.53	49	712.62	1.04	738.75	3.55	208.10
7.5C	64.43	8.11	7.5	1151	1153.9	662.87	490.99	2.343	2.430	17.310	79.106	3.584	20.89	82.85	3.58	58	843.51	0.98	823.83	3.65	225.71
								<b>2.353</b>					<b>20.57</b>	<b>84.53</b>	<b>3.19</b>				<b>785.26</b>	<b>3.60</b>	<b>218.05</b>

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148



**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.uui.ac.id

**Lampiran 16 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 50%**

Tanggal Pengujian \_\_\_\_\_

Tipe Campuran \_\_\_\_\_

: Dengan Bahan Ikut Pen 60/70

Dikerjakan oleh **Ramanda Aditva**

Diperiksa oleh **Ir. Subarkah, M.T.**

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
5.5A	65.57	5.82	5.5	1112.8	1116.9	628.74	488.13	2.280	2.500	12.349	78.819	8.832	21.18	58.30	8.83	51	741.71	0.95	765.55	1.90	371.34
5.5B	62.87	5.82	5.5	1110.9	1119.4	628.95	490.4	2.265	2.500	12.271	78.324	9.405	21.68	56.61	9.40	54	785.34	1.02	765.55	1.90	371.34
5.5C	64.00	5.82	5.5	1109.3	1115.3	627.47	487.85	2.274	2.500	12.317	78.617	9.065	21.38	57.60	9.07	55	799.88	0.99	765.55	1.90	371.34
								2.273					21.41	57.51	9.10				764.40	2.13	360.12
6A	63.90	6.38	6	1109	1112.2	641.02	471.2	2.353	2.481	13.908	80.941	5.151	19.06	72.97	5.15	64	930.77	0.99	921.46	3.80	242.49
6B	63.27	6.38	6	1109.4	1113	640.85	472.1	2.350	2.481	13.887	80.822	5.291	19.18	72.41	5.29	61	887.14	1.01	892.31	2.30	387.96
6C	63.37	6.38	6	1110.2	1113.3	642.03	471.25	2.356	2.481	13.922	81.021	5.058	18.98	73.35	5.06	59	858.05	1.00	860.91	2.10	409.96
								2.353					19.07	72.91	5.17				891.56	2.73	346.80
6.5A	62.50	6.95	6.5	1101.9	1104.3	639.62	464.63	2.371	2.462	15.182	81.128	3.690	18.87	80.45	3.69	68	988.94	1.03	1013.66	3.10	326.99
6.5B	62.13	6.95	6.5	1102	1104.9	640.11	464.74	2.371	2.462	15.180	81.117	3.703	18.88	80.39	3.70	71	1032.57	1.03	1067.85	2.80	381.38
6.5C	62.03	6.95	6.5	1097.9	1100.3	635.17	465.15	2.360	2.462	15.111	80.748	4.141	19.25	78.49	4.14	68	988.94	1.04	1025.20	2.70	379.70
								2.368					19.00	79.78	3.84				1035.57	2.87	362.69
7A	62.57	7.53	7	1104.8	1107.4	638.51	468.88	2.356	2.444	16.245	80.174	3.581	19.83	81.94	3.58	59	858.05	1.02	878.07	3.10	283.25
7B	64.13	7.53	7	1104.8	1107.5	638.77	468.71	2.357	2.444	16.251	80.204	3.545	19.80	82.09	3.54	61	887.14	0.98	873.09	2.90	301.07
7C	63.30	7.53	7	1103.3	1106.6	636.14	470.49	2.345	2.444	16.168	79.794	4.037	20.21	80.02	4.04	60	872.60	1.01	876.96	4.10	213.89
								2.353					19.94	81.35	3.72				876.04	3.37	266.07
7.5A	61.57	8.11	7.5	1113.6	1118.6	640.25	478.33	2.328	2.425	17.197	78.788	4.015	21.21	81.07	4.01	53	770.79	1.05	809.65	3.20	253.02
7.5B	65.87	8.11	7.5	1106.8	1110.5	639.58	470.87	2.351	2.425	17.364	79.552	3.084	20.45	84.92	3.08	55	799.88	0.95	756.39	3.90	193.95
7.5C	61.00	8.11	7.5	1104.9	1109.2	637.42	471.79	2.342	2.425	17.299	79.256	3.444	20.74	83.40	3.44	52	756.25	1.07	807.77	3.55	227.54
								2.340					20.80	83.13	3.51				791.27	3.55	224.83

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

Ramanda Aditva  
NIM : 15511148

## Lampiran 17 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 75%

Tanggal Penguji : 09 Juli 2019

Tipe Campuran

: Dengan Bahan Ikat Pen 60/70

Dikerjakan oleh


Ramanda Aditya

Diperiksa oleh

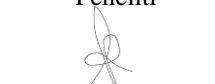
Ir. Subarkah, M.T.

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)
5.5A	64.27	5.82	5.5	1079.4	1090.3	621.23	469.05	2.301	2.495	12.466	79.7649	7.769	20.24	61.60	7.77	52	756.25	0.98	741.75	2.55	290.84
5.5B	64.27	5.82	5.5	1079	1095.7	621.95	473.73	2.278	2.495	12.338	78.9476	8.714	21.05	58.61	8.71	55	799.88	0.98	784.55	2.40	326.89
5.5C	64.20	5.82	5.5	1072.2	1082.5	623.72	458.81	2.337	2.495	12.659	81.0012	6.340	19.00	66.63	6.34	59	858.05	0.98	843.04	2.35	358.74
								2.305					20.10	62.28	7.61				789.78	2.43	325.51
6A	63.87	6.38	6	1070.9	1078.4	617.46	460.98	2.323	2.476	13.729	80.1013	6.170	19.90	68.99	6.17	64	930.77	0.99	922.24	2.50	368.89
6B	64.23	6.38	6	1073.2	1077.9	619.74	458.16	2.342	2.476	13.842	80.7614	5.397	19.24	71.95	5.40	59	858.05	0.97	829.09	2.45	338.41
6C	63.27	6.38	6	1071.6	1074.2	618.9	455.3	2.354	2.476	13.908	81.1476	4.944	18.85	73.77	4.94	59	858.05	1.01	863.06	2.70	319.65
								2.340					19.33	71.57	5.50				871.46	2.55	342.32
6.5A	60.97	6.95	6.5	1070.1	1073.5	620.97	452.55	2.365	2.457	15.138	81.0943	3.768	18.91	80.07	3.77	57	828.97	1.05	873.43	2.45	356.50
6.5B	61.60	6.95	6.5	1068.2	1072	621.81	450.15	2.373	2.457	15.191	81.3811	3.427	18.62	81.59	3.43	71	1032.57	1.05	1083.55	2.90	373.64
6.5C	61.03	6.95	6.5	1076.5	1079.5	619.4	460.08	2.340	2.457	14.979	80.2426	4.779	19.76	75.81	4.78	62	901.68	1.07	962.17	2.75	349.88
								2.359					19.09	79.16	3.99				973.05	2.70	360.01
7A	63.83	7.53	7	1080	1083.7	623.77	459.95	2.348	2.439	16.189	80.0994	3.712	19.90	81.35	3.71	57	828.97	0.99	822.06	2.75	298.93
7B	64.27	7.53	7	1080.1	1083.3	622.94	460.39	2.346	2.439	16.174	80.0265	3.799	19.97	80.98	3.80	63	916.23	0.98	898.66	2.80	320.95
7C	63.23	7.53	7	1080.5	1083.7	622.62	461.08	2.343	2.439	16.156	79.9363	3.908	20.06	80.52	3.91	58	843.51	1.01	849.13	3.10	273.91
								2.346					19.98	80.95	3.81				856.62	2.88	297.93
7.5A	64.53	8.11	7.5	1067.3	1071.8	614.73	457.08	2.335	2.420	17.248	79.224	3.528	20.78	83.02	3.53	46	668.99	0.97	651.71	3.10	210.23
7.5B	62.43	8.11	7.5	1065.7	1068.4	613.23	455.2	2.341	2.420	17.294	79.4334	3.273	20.57	84.09	3.27	52	756.25	1.03	776.42	3.20	242.63
7.5C	63.57	8.11	7.5	1082.1	1086.8	621.93	464.85	2.328	2.420	17.196	78.9829	3.821	21.02	81.82	3.82	61	887.14	1.00	885.66	3.25	272.51
								2.335					20.79	82.98	3.54				771.26	3.18	241.79

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148





**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.uui.ac.id

**Lampiran 18 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Trass 100%**

Tanggal Penguj : 09 Juli 2019  
Tipe Campuran : Laston AC-BC  
: Dengan Bahan Ikat Pen 60/70

Dikerjakan oleh **Ramanda Aditya**  
Diperiksa oleh **Ir. Subarkah, M.T.**

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	66.67	5.82	5.5	1146.2	1157.07	653.24	503.83	2.275	2.490	12.324	79.05667	8.620	20.94	58.84	8.62	56	814.42	0.93	758.09	2.55	297.29
5.5B	65.50	5.82	5.5	1156.6	1165.21	663.27	501.94	2.304	2.490	12.482	80.07299	7.445	19.93	62.64	7.44	62	901.68	0.95	858.85	2.40	357.85
5.5C	66.93	5.82	5.5	1149.8	1164.08	655.19	508.89	2.259	2.490	12.239	78.51642	9.244	21.48	56.97	9.24	51	741.71	0.92	685.46	2.65	258.66
								<b>2.280</b>					<b>20.78</b>	<b>59.48</b>	<b>8.44</b>				<b>767.47</b>	<b>2.53</b>	<b>304.60</b>
6A	66.23	6.38	6	1147.3	1157.02	652.65	504.37	2.275	2.471	13.443	78.63094	7.926	21.37	62.91	7.93	61	887.14	0.94	832.80	2.75	302.84
6B	65.07	6.38	6	1151.3	1159.99	657.12	502.87	2.290	2.471	13.530	79.14182	7.328	20.86	64.87	7.33	62	901.68	0.96	866.37	2.40	360.99
6C	63.97	6.38	6	1156.6	1159.51	658.4	501.11	2.308	2.471	13.640	79.78469	6.575	20.22	67.47	6.58	63	916.23	0.99	905.54	2.70	335.38
								<b>2.291</b>					<b>20.81</b>	<b>65.08</b>	<b>7.28</b>				<b>868.23</b>	<b>2.62</b>	<b>333.07</b>
6.5A	66.40	6.95	6.5	1156.5	1159.71	665.26	494.45	2.339	2.452	14.974	80.41812	4.608	19.58	76.47	4.61	68	988.94	0.94	925.28	3.10	298.48
6.5B	65.60	6.95	6.5	1157	1159.37	663.83	495.54	2.335	2.452	14.947	80.27662	4.776	19.72	75.78	4.78	65	943.31	0.95	898.64	2.70	332.83
6.5C	65.40	6.95	6.5	1155.1	1159.1	665.07	494.03	2.338	2.452	14.969	80.39393	4.637	19.61	76.35	4.64	68	988.94	0.95	943.82	2.90	325.46
								<b>2.337</b>					<b>19.64</b>	<b>76.20</b>	<b>4.67</b>				<b>922.58</b>	<b>2.90</b>	<b>318.92</b>
7A	66.43	7.53	7	1152.9	1156.06	663.83	492.23	2.342	2.433	16.148	80.1008	3.751	19.90	81.15	3.75	59	858.05	0.94	802.28	2.95	271.96
7B	66.70	7.53	7	1152.4	1158.98	661.73	497.25	2.317	2.433	15.978	79.25637	4.766	20.74	77.03	4.77	62	901.68	0.93	838.56	2.95	284.26
7C	64.83	7.53	7	1161.3	1164.12	671.02	493.1	2.355	2.433	16.237	80.53928	3.224	19.46	83.43	3.22	58	843.51	0.97	815.39	3.10	263.03
								<b>2.338</b>					<b>20.03</b>	<b>80.54</b>	<b>3.91</b>				<b>818.74</b>	<b>3.00</b>	<b>273.08</b>
7.5A	64.37	8.11	7.5	1134.5	1138.82	653.36	485.46	2.337	2.415	17.263	79.49403	3.243	20.51	84.19	3.24	52	756.25	0.98	739.86	3.25	227.65
7.5B	64.43	8.11	7.5	1163.7	1168.06	670.1	497.96	2.337	2.415	17.263	79.49455	3.242	20.51	84.19	3.24	47	683.53	0.98	667.58	3.40	196.35
7.5C	65.40	8.11	7.5	1149.8	1153.09	660.08	493.01	2.332	2.415	17.229	79.33366	3.438	20.67	83.37	3.44	48	698.08	0.95	666.23	3.15	211.50
								<b>2.335</b>					<b>20.56</b>	<b>83.91</b>	<b>3.31</b>				<b>691.22</b>	<b>3.27</b>	<b>211.83</b>

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

Lampiran 19 Hasil Pengaruh Substitusi *Filler* Batu Trass Pada Pengujian Marshall KAO


PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Penguji : \_\_\_\_\_  
Tipe Campuran : \_\_\_\_\_  
: Dengan Bahan Ikat Pen 60/70


Dikerjakan oleh **Ramanda Aditya**  
Diperiksa oleh **Ir. Subarkah, M.T.**

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
0A	64.72	7.19	6.705	1175.9	1179.9	679.08	500.8	2.348	2.468	15.390	79.747	4.863	20.25	75.99	4.86	117	1701.56	0.97	1649.80	3.9	423.03
0B	64.35	7.19	6.705	1173.1	1178.9	679.32	499.54	2.348	2.468	15.392	79.759	4.849	20.24	76.04	4.85	119	1730.65	0.98	1693.73	3.2	529.29
0C	64.52	7.19	6.705	1176.4	1181.2	680.13	501.03	2.348	2.468	15.389	79.742	4.869	20.26	75.97	4.87	119	1730.65	0.97	1686.37	3.4	495.99
								2.348					20.25	76.00	4.86				1676.63	3.50	482.77
25A	64.87	7.24	6.75	1167.2	1174.84	679.23	495.61	2.355	2.462	15.540	80.112	4.349	19.89	78.13	4.35	117	1701.56	0.97	1643.14	3.45	476.27
25B	65.17	7.24	6.75	1173.5	1179.77	679.83	499.94	2.347	2.462	15.487	79.843	4.670	20.16	76.83	4.67	115	1672.47	0.96	1603.38	3.65	439.28
25C	65.48	7.24	6.75	1178.7	1183.77	681.23	502.54	2.346	2.462	15.476	79.787	4.737	20.21	76.57	4.74	109	1585.21	0.95	1510.51	3.70	408.25
								2.349					20.09	77.18	4.59				1585.68	3.60	441.27
50A	64.87	7.32	6.825	1175.6	1181.87	681.03	500.84	2.347	2.456	15.659	79.924	4.417	20.08	78.00	4.42	104	1512.50	0.97	1460.70	3.45	423.39
50B	63.59	7.32	6.825	1174.5	1179.69	680.49	499.2	2.353	2.456	15.697	80.117	4.186	19.88	78.95	4.19	102	1483.41	1.00	1480.20	3.90	379.54
50C	65.48	7.32	6.825	1172	1175.23	677.12	498.11	2.353	2.456	15.697	80.118	4.185	19.88	78.95	4.19	109	1585.21	0.95	1510.41	3.80	397.48
								2.351					19.95	78.63	4.26				1483.77	3.72	400.13
75A	66.11	7.38	6.875	1171.4	1176.05	678.5	497.55	2.354	2.450	15.822	80.252	3.926	19.75	80.12	3.93	106	1541.58	0.94	1453.33	3.80	382.46
75B	65.08	7.38	6.875	1173	1179.41	680.44	498.97	2.351	2.450	15.799	80.136	4.065	19.86	79.53	4.07	93	1352.52	0.97	1311.50	3.55	369.44
75C	65.90	7.38	6.875	1170.7	1177.57	679.78	497.79	2.352	2.450	15.805	80.168	4.026	19.83	79.70	4.03	87	1265.26	0.94	1191.88	3.95	301.74
								2.352					19.81	79.78	4.01				1318.90	3.77	351.21
100A	63.67	7.46	6.945	1165.2	1171.21	677.85	493.36	2.362	2.445	16.034	80.559	3.407	19.44	82.47	3.41	92	1337.98	1.00	1332.29	3.80	350.60
100B	66.37	7.46	6.945	1175.6	1179.82	679.98	499.84	2.352	2.445	15.967	80.223	3.810	19.78	80.73	3.81	78	1134.37	0.94	1061.99	3.75	283.20
100C	66.47	7.46	6.945	1169.2	1176.77	679.05	497.72	2.349	2.445	15.948	80.127	3.925	19.87	80.25	3.93	78	1134.37	0.93	1059.79	3.90	271.74
								2.354					19.70	81.15	3.71				1151.36	3.82	301.85

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148





**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.uui.ac.id

**Lampiran 20 Hasil Pengaruh Substitusi Filler Trass Pada Pengujian Index of Retained Strength 24 Jam KAO**

**PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO**

Tanggal Pengujian :

Tipe Campuran : Split Mastic Asphalt

: Dengan Bahan Ikut Pen 60/70

Dikerjakan oleh Ramanda Aditya

Diperiksa oleh Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFWA (%)	N VITM (%)	O Meas	P	Q Koreksi	R Stabilitas (kg)	S Flow (mm)	T MQ (Kg/mm)
0-1	66.99	7.19	6.705	1186.11	1191.6	659.49	532.12	2.229	2.364	14.610	79.665	5.726	20.34	71.84	5.73	76	1621.48	0.92	1496.22	2.20	680.10
0-2	65.49	7.19	6.705	1195.29	1200	666.6	533.37	2.241	2.364	14.688	80.093	5.219	19.91	73.78	5.22	78	1664.15	0.95	1585.52	3.00	528.51
0-3	65.51	7.19	6.705	1187.9	1193.4	668.9	524.53	2.265	2.364	14.843	80.94	4.217	19.06	77.88	4.22	80	1706.82	0.95	1625.32	2.25	722.37
								<b>2.245</b>					<b>19.77</b>	<b>74.50</b>	<b>5.05</b>				<b>1569.02</b>	<b>2.48</b>	<b>643.66</b>
25-1	64.73	7.24	6.75	1169.24	1172.7	653.36	519.33	2.251	2.383	14.856	79.631	5.514	20.37	72.93	5.51	77	1642.82	0.97	1592.16	2.60	612.37
25-2	65.08	7.24	6.75	1170.59	1174.9	653.09	521.85	2.243	2.383	14.801	79.338	5.861	20.66	71.63	5.86	71	1514.80	0.96	1454.97	2.70	538.88
25-3	66.33	7.24	6.75	1172.66	1176.9	655.22	521.64	2.248	2.383	14.833	79.51	5.657	20.49	72.39	5.66	73	1557.48	0.94	1459.35	2.50	583.74
								<b>2.248</b>					<b>20.51</b>	<b>72.32</b>	<b>5.68</b>				<b>1502.16</b>	<b>2.60</b>	<b>578.33</b>
50-1	63.78	7.32	6.825	1161.22	1165.6	649.55	516.02	2.250	2.456	15.013	76.627	8.360	23.37	64.23	8.36	66	1408.13	0.99	1398.27	2.80	499.38
50-2	64.55	7.32	6.825	1168.1	1172.8	651.22	521.61	2.239	2.456	14.940	76.255	8.805	23.75	62.92	8.80	65	1386.79	0.97	1350.51	2.60	519.43
50-3	64.59	7.32	6.825	1173.55	1178.6	654.45	524.11	2.239	2.456	14.938	76.245	8.816	23.75	62.89	8.82	68	1450.80	0.97	1411.26	3.00	470.42
								<b>2.243</b>					<b>23.62</b>	<b>63.35</b>	<b>8.66</b>				<b>1386.68</b>	<b>2.80</b>	<b>496.41</b>
75-1	63.23	7.38	6.875	1167.89	1171.1	651.55	519.52	2.248	2.450	15.108	76.63	8.262	23.37	64.65	8.26	58	1237.45	1.01	1245.90	2.40	519.13
75-2	64.83	7.38	6.875	1163.48	1167.1	649.35	517.77	2.247	2.450	15.101	76.599	8.300	23.40	64.53	8.30	61	1301.45	0.97	1258.29	3.20	393.21
75-3	64.49	7.38	6.875	1175.21	1181.6	659.86	521.7	2.253	2.450	15.139	76.788	8.073	23.21	65.22	8.07	57	1216.11	0.98	1185.91	3.10	382.55
								<b>2.249</b>					<b>23.33</b>	<b>64.80</b>	<b>8.21</b>				<b>1230.03</b>	<b>2.90</b>	<b>431.63</b>
100-1	63.91	7.46	6.945	1171.4	1175.9	660.23	515.62	2.272	2.445	15.423	77.491	7.086	22.51	68.52	7.09	51	1088.10	0.99	1076.86	3.25	331.34
100-2	65.36	7.46	6.945	1177.76	1174.5	669.88	504.62	2.334	2.445	15.845	79.61	4.545	20.39	77.71	4.55	50	1066.76	0.96	1018.89	2.90	351.34
100-3	65.34	8.08	7.475	1179.43	1180.3	673.41	506.93	2.327	2.426	17.000	78.907	4.092	21.09	80.60	4.09	52	1109.43	0.96	1060.00	2.30	460.87
								<b>2.311</b>					<b>21.33</b>	<b>75.61</b>	<b>5.24</b>				<b>1051.91</b>	<b>2.82</b>	<b>381.18</b>

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

Lampiran 21 Pengujian *Indirect Tensile Strength* dari Hasil KAO

**PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* DARI HASIL KAO**

Tanggal Pengujian : 2020

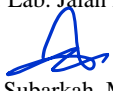
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course*

Dikerjakan Oleh : Ramanda Aditya


Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Variasi 0% Aspal pen 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
1	64,33	64,90	64,14	64,46	0,976	69	979,485	0,159	24,089
2	64,44	64,96	64,05	64,48	0,975	71	1007,187	0,159	24,760
3	64,49	64,94	64,1	64,51	0,975	66	935,618	0,159	22,991
Rata - rata									23,94
Variasi 25% Aspal pen 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
1	64,06	64,46	64,22	64,25	6,425	0,981	1013,296	0,159	25,002
2	65,4	65,36	65,63	65,46	6,546	0,953	901,059	0,159	21,819
3	64,1	64,50	64,53	64,38	6,438	0,978	1066,839	0,159	26,270
Rata - rata									26,27
Variasi 50% Aspal pen 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
1	63,91	63,46	64,3	63,89	6,389	0,990	950,496	0,159	23,583
2	65,78	64,21	64,23	64,74	6,474	0,969	930,099	0,159	22,774
3	64,2	64,77	64,32	64,43	6,443	0,977	923,333	0,159	22,717
Rata - rata									22,71
Variasi 75% Aspal pen 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
1	66,41	66,01	65,69	66,04	6,604	0,942	836,073	0,159	20,070
2	65,23	64,37	64,44	64,68	6,468	0,971	889,196	0,159	21,793
3	65,33	64,76	64,88	64,99	6,499	0,963	924,100	0,159	22,540
Rata - rata									22,54
Variasi 100% Aspal pen 60/70									
Sampel	Tebal			Rerata	Angka Koreksi	Meas	Stabilitas	A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
1	63,75	63,46	63,33	63,51	6,351	0,990	878,045	0,159	21,915
2	65,64	65,58	65,68	65,63	6,563	0,947	867,360	0,159	20,949
3	64,58	64,86	64,77	64,74	6,474	0,969	746,962	0,159	18,291
Rata - rata									20,38

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148

**Lampiran 22 Pengujian Cantabro dari Hasil KAO**

**PENGUJIAN CANTABRO DARI HASIL KAO**

Tanggal Pengujian : 2020


Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course

Dikerjakan Oleh : Ramanda Aditya


Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Kadar Aspal		Berat (gr) Setelah ITS	Berat (gr) Setelah Abrasi	Berat Sebelum Abrasi	Kehilangan Berat (%)	Rata-rata Kehilangan Berat (%)
		Mo	Mi	(Mo-Mi)	L	
6,705	1	1182.29	1156.54	25.75	2.1780	2.9167
	2	1182.57	1143.62	38.95	3.2937	
	3	1181.97	1143.22	38.75	3.2784	
6,75	1	1178.53	1147.22	31.31	2.6567	3.0765
	2	1180.65	1142.12	38.53	3.2635	
	3	1181.22	1142.13	39.09	3.3093	
6,825	1	1167.15	1123.93	43.22	3.7030	3.1373
	2	1163.74	1137.06	26.68	2.2926	
	3	1170.29	1130.31	39.98	3.4162	
6,875	1	1162.05	1100.74	61.31	5.2760	5.6169
	2	1164.25	1110.74	53.51	4.5961	
	3	1169.99	1088.34	81.65	6.9787	
6,945	1	1172.67	1088.62	84.05	7.1674	6.7436
	2	1161.32	1105.03	56.29	4.8471	
	3	1173.66	1077.23	96.43	8.2162	

Mengetahui,  
Ka. Lab. Jalan Raya

  
Ir. Subarkah, M.T.  
NIK : 86 511 0101

Peneliti

  
Ramanda Aditya  
NIM : 15511148