

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK CAMPURAN *HOT ROLLED ASPHALT (HRA)* BERBAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN STARBIT E-55 DENGAN SUBSTITUSI *FILLER* ABU AMPAS TEBU (*COMPARISON CHARACTERISTICS OF HOT ROLLED ASPHALT (HRA) MIXES BY USING ASPHALT PERTAMINA PEN 60/70 AND STARBIT E-55 WITH SUBSTITUTION OF BAGASSE ASH FILLER*)

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



Arif Nugroho

12511010

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK CAMPURAN *HOT ROLLED ASPHALT (HRA)* BERBAHAN IKAT ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN STARBIT E-55 DENGAN SUBSTITUSI *FILLER* ABU AMPAS TEBU (*COMPARISON CHARACTERISTICS OF HOT ROLLED ASPHALT (HRA) MIXES BY USING ASPHALT PERTAMINA PEN 60/70 AND STARBIT E-55 WITH SUBSTITUTION OF BAGASSE ASH FILLER*)

disusun oleh :

Arif Nugroho

12511010



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

oleh Dewan Penguji

Pembimbing

30/05 2018

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

Penguji I

Corry Ya'cub, Ir., M.T.
NIP : 815110102

Penguji II

Faizul Chasanah, S.T., M.Sc.
NIP : 145110101

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 23 April 2018

Yang membuat pernyataan,



Arif Nugroho

(12511010)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.


Alhamdulillah puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir tentang Perbandingan Karakteristik Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* Berbahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal Starbit E-55 Dengan Substitusi *Filler* Abu Ampas Tebu. Penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan pengarahan Bapak/Ibu dosen serta pihak yang ikut serta membantu, untuk itu penyusun ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Subarkah, M.T. selaku dosen pembimbing,
2. Bapak Corry Ya'cub, Ir., M.T. selaku dosen penguji,
3. Ibu Faizul Chasanah, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji,
4. Bapak Kamto dan Bapak Pranoto selaku karyawan Laboratorium Jalan Raya,
5. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir tentang Perbandingan Karakteristik Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* Berbahan Ikat Aspal Starbit E-55 Dengan Substitusi *Filler* Abu Ampas Tebu. masih belum sempurna. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun, agar dalam penyusunan karya ilmiah berikutnya akan lebih baik.

Wassalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarokatuh.

Yogyakarta, 23 April 2018

Penulis

Arif Nugroho

12511010

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR ISTILAH	xiii
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya	8
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Umum	10
3.2 Campuran <i>Hot Rolled Asphalt (HRA)</i>	10
3.3 Karakteristik Material Penyusun <i>HRA</i>	11
3.3.1 Agregat	11
3.3.2 Gradasi Agregat <i>Hot Rolled Asphalts (HRA)</i>	13
3.3.3 Aspal	14

3.3.4 Abu Ampas Tebu	16
3.4 Karakteristik Campuran <i>Hot Rolled Asphalt (HRA)</i>	17
3.5 Parameter Pengujian <i>Marshall</i>	18
3.5.1 Pengujian Stabilitas	18
3.5.2 Kepadatan(<i>Density</i>)	19
3.5.3 Kelelehan(<i>Flow</i>)	19
3.5.4 Pengujian Jenis Volume Pori	20
3.5.5 Perhitungan <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	22
3.6 <i>Immersion Test</i>	23
3.7 <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	24
BAB IV METODE PENELITIAN	26
4.1 Metode Penelitian	26
4.2 Metode Pengambilan Data	26
4.3 Tahapan Penelitian	27
4.3.1 Persiapan Alat	27
4.3.2 Persiapan Bahan	28
4.3.3 Perencanaan Campuran	29
4.4 Pengujian Yang Dilakukan	30
4.4.1 Pengujian Marshall Test	30
4.4.2 Pengujian Marshall Rendaman (<i>Immersion Test</i>)	31
4.4.3 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	32
4.5 Analisis Data	32
4.6 Bagan Alir Penelitian	35
BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Hasil Pengujian Spesifikasi Bahan Dan Campuran	37
5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	37
5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan <i>Filler</i>	38
5.1.3 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>HRA</i> untuk Menentukan KAO	39
5.1.4 Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Jenis Aspal dan Jenis Campuran	41

5.1.5	Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal Optimum	46
5.2	Pembahasan	50
5.2.1	Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal	50
5.2.2	Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar	52
5.2.3	Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus	54
5.2.4	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Filler</i>	55
5.2.5	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO55	
5.2.6	Tinjauan Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran <i>HRA</i> pada KAO dengan menggunakan AAT Sebagai Substitusi <i>Filler</i>	69
5.2.7	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Immersion Test</i>	79
5.2.8	Tinjauan Terhadap Karakteristik <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	82
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		84
6.1	Kesimpulan	84
6.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	9
Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar	12
Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus	12
Tabel 3.3 Ketentuan <i>Filler</i>	13
Tabel 3.4 Batasan Gradasi Agregat Campuran <i>HRA</i> Tipe C	14
Tabel 3.5 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70	15
Tabel 3.6 Persyaratan Aspal Starbit E-55	16
Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran <i>Hot Rolled Asphalt</i>	29
Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Pada Pengujian Kadar Aspal Optimum	30
Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji Campuran Pada Tiap Pengujian Pada KAO	30
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70	37
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Aspal Starbit E-55	37
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar	38
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus	38
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Filler</i> Abu Batu	38
Tabel 5.6 Hasil Pengujian <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu	38
Tabel 5.7 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%	39
Tabel 5.8 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%	39
Tabel 5.9 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%	40
Tabel 5.10 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%	40
Tabel 5.11 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%	40
Tabel 5.12 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%	40
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Rekapitulasi Mencari Kadar Aspal Optimum	41
Tabel 5.14 Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum	45
Tabel 5.15 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 0% AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,025 %	46
Tabel 5.16 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 0% AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,10 %	47

Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 50 % AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,30 %	47
Tabel 5.18 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 50 % AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,35 %	48
Tabel 5.19 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 100 % AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,55 %	48
Tabel 5.20 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 100 % AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,65 %	49
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Rekapitulasi pada Kadar Aspal Optimum	49
Tabel 5.22 Viskositas Aspal Pen 60/70	52
Tabel 5.23 Viskositas Aspal Starbit E-55	52
Tabel 5.24 Nilai Stabilitas Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	56
Tabel 5.25 Nilai <i>Flow</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	58
Tabel 2.26 Nilai <i>Marshall Quotient</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	60
Tabel 2.27 Nilai <i>VITM</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	62
Tabel 5.28 Nilai <i>VFWA</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	64
Tabel 5.29 Nilai <i>VMA</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	66
Tabel 5.30 Nilai <i>Density</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT	68
Tabel 5.31 Hasil Stabilitas Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	69
Tabel 5.32 Hasil <i>Flow</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	71
Tabel 5.33 Hasil <i>Marshall Quetion</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	72

Tabel 5.34 Hasil <i>VITM</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	73
Tabel 5.35 Hasil <i>VFWA</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	75
Tabel 5.36 Hasil <i>VMA</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	76
Tabel 5.37 Hasil <i>Density</i> Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO	78
Tabel 5.38 Hasil Stabilitas Pen 60/70 dan Starbit E-55 Rendaman Marshall Standar dan 24 Jam	79
Tabel 5.39 Hasil Stabilitas Campuran HRA Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55	81
Tabel 5.40 Hasil Pengujian <i>ITS</i> Campuran HRA	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Grafik Batasan Gradasi HRA Tipe C	14
Gambar 3.2 Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Kerusakan Retak	24
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir	35
Gambar 5.1 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%	42
Gambar 5.2 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%	43
Gambar 5.3 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%	43
Gambar 5.4 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%	44
Gambar 5.5 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%	44
Gambar 5.6 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%	45
Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	56
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	58
Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Marshall Quotient</i>	60
Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	62
Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	64
Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	66
Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	68
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas Campuran <i>HRA</i> dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	70
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Nilai <i>Flow</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	71
Gambar 5.16 Grafik Hubungan Nilai <i>Marshall Quotient</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	72
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Nilai <i>VITM</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	74
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Nilai <i>VFWA</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	75
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Nilai <i>VMA</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	77

Gambar 5.20 Grafik Hubungan Nilai <i>Density</i> Campuran dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT	78
Gambar 5.21 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas <i>Marshall</i> 24 Jam pada Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55	79
Gambar 5.22 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas Campuran HRA Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Rendaman <i>Marshall</i> Standar dan 24 Jam	81
Gambar 5.23 Grafik Hubungan <i>ITS</i> Campuran HRA dengan Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55	83

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 2. Pemeriksaan Penetrasi Aspal
- Lampiran 3. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan
- Lampiran 4. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan
- Lampiran 5. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
- Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal
- Lampiran 7. Pemeriksaan Daktilitas
- Lampiran 8. Pemeriksaan Daktilitas
- Lampiran 9. Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal
- Lampiran 10. Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal
- Lampiran 11. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4
- Lampiran 12. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4
- Lampiran 13. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 14. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal
- Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 16. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 17. Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng
- Lampiran 18. Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Abu Ampas Tebu
- Lampiran 19. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal
- Lampiran 20. Pemeriksaan Sand Equivalent
- Lampiran 21. Pemeriksaan Keausan Agregat

- Lampiran 22. Hasil Perhitungan *Marshall* dalam Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%
- Lampiran 23. Hasil Perhitungan *Marshall* dalam Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%
- Lampiran 24. Hasil Perhitungan *Marshall* Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%
- Lampiran 25. Hasil Perhitungan *Marshall* Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%
- Lampiran 26. Hasil Perhitungan *Marshall* Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%
- Lampiran 27. Hasil Perhitungan *Marshall* Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%
- Lampiran 28. Hasil Perhitungan *Marshall Test* dengan KAO pada Kadar *Filler* AAT (Pen 60/70)
- Lampiran 29. Hasil Perhitungan *Marshall Test* dengan KAO pada Kadar *Filler* Abu Ampas Tebu (Starbit E-55)
- Lampiran 30. Hasil Perhitungan *Immersion Test* Dengan Kadar *Filler* Abu Ampas Tebu (Pen 60/70)
- Lampiran 31. Hasil Perhitungan *Immersion Test* Dengan Kadar *Filler* Abu Ampas Tebu (Starbit E-55)
- Lampiran 32. Hasil Perhitungan *Indirect Tensile Strength* Campuran Beraspal Pen 60/70
- Lampiran 33. Hasil Perhitungan *Indirect Tensile Strength* Campuran Beraspal Starbit E-55

DAFTAR NOTASI

<i>a</i>	=	Persentase aspal terhadap batuan (%)
<i>b</i>	=	Persentase aspal terhadap campuran (%)
<i>c</i>	=	Berat kering sebelum direndam (gr)
<i>d</i>	=	Berat benda uji jenuh <i>SSD</i> (gr)
<i>e</i>	=	Berat benda uji didalam air (gr)
<i>f</i>	=	Volume benda uji (cc)
<i>g</i>	=	Berat isi sampel (gr/cc)
<i>h</i>	=	Berat jenis maksimum teoritis campuran
<i>i</i>	=	Persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
<i>j</i>	=	Persentase hasil pengurangan 100 dengan prosentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
<i>k</i>	=	Jumlah kandungan rongga (%)
<i>l</i>	=	Rongga terhadap agregat (<i>VMA</i>) (%)
<i>m</i>	=	Rongga terisi aspal (<i>VFWA</i>) (%)
<i>n</i>	=	Rongga dalam campuran (<i>VITM</i>) (%)
<i>o</i>	=	Nilai pembacaan arloji stabilitas
<i>p</i>	=	Nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi <i>proving ring</i>

q	= Stabilitas (kg)
r	= <i>Flow</i> (mm)
t	= Tebal benda uji (cm)
s	= Angka koreksi tebal benda uji
S1	= Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
S2	= Stabilitas setelah direndam selama 24 jam
P_{runtuh}	= Beban puncak (kg)
h	= Tinggi sampel (cm)
A_0	= Konstanta (tabel A_0 terlampir pada lampiran)
K	= Koefisien permeabilitas (cm/dtk)
V	= Volume rembesan (cm ³)
γ_{Air}	= Berat jenis air (dyne/cm ³)
L	= Panjang atau tinggi sampel (cm)
T	= Lama waktu rembesan (dtk)
P	= Tekanan air (kgcm/det ² /cm ²)
A	= Luas penampang sampel (cm ²)

DAFTAR ISTILAH

Agregat	: Sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.
Agregat Halus	: Butiran yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
Agregat Kasar	: Butiran yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
Aspal	: Bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna cokelat gelap atau hitam pekat yang tersusun atas <i>asphaltenes</i> , <i>maltenes</i> , dan <i>oil</i> .
<i>Asphalt Concrete</i>	: Lapisan aspal beton.
Bahan Pengisi / <i>Filler</i>	: Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
<i>Bleeding</i>	: Naiknya aspal ke permukaan.
Daktilitas	: Keuletan, nilai elastisitas aspal.
Deformasi	: Perubahan bentuk suatu perkerasan setelah menerima beban.
<i>Density</i>	: Kepadatan, berat campuran yang diukur tiap satuan volume.
Durabilitas	: Kemampuan lapisan perkerasan menahan keausan dari pengaruh cuaca, air, dan suhu serta gesekan roda kendaraan.
Fleksibilitas	: Kelenturan, kemampuan beton aspal untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban

	lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
<i>Flexible Pavement</i>	: Perkerasan Lentur, perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahanikat.
<i>Flow</i>	: Kelelahan plastis, perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam satuan milimeter.
Gradasi	: Susunan butir agregat sesuai ukurannya.
<i>Immersion Test</i>	: Pengujian perendaman untuk mencari rasio nilai stabilitas.
<i>Index of Retained Strength</i>	: Indeks perendaman, rasio nilai stabilitas terhadap rendaman standar 0,5 jam.
<i>Indirect Tensile Strength Test</i>	: Pengujian untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik.
Kadar Aspal Optimum	: Kadar aspal tengah dari rentang gradasi pada spesifikasi gradasi agregat.
Laston	: Lapisan Aspal Beton, beton aspal bergradasi menerus.
<i>Marshall Test</i>	: Pengujian untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai kelelahan plastis.
<i>Marshall Quotient</i>	: Hasil bagi dari stabilitas dan <i>flow</i> .
<i>Maximum size</i>	: Satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum dimana agregat yang lolos saringan sebanyak 100%.
Permeabilitas	: Kemampuan lapis perkerasan untuk mengalirkan air
<i>Rigid Pavement</i>	: Perkerasan Kaku, perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan ikat.
<i>Sand Equivalent</i>	: Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kadar debu yang menyerupai lempung pada agregat halus.

- Stabilitas : Kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur, dan *bleeding*.
- VFWA : Volume aspal yang dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran, dinyatakan dalam % volume.
- VITM : Volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam % volume.
- VMA : Volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran perkerasan, dinyatakan dalam % volume.

ABSTRAK

Aspal Pertamina Pen 60/70 termasuk aspal hasil residu minyak bumi yang berbentuk padat atau biasa disebut aspal keras. Aspal Starbit E-55 merupakan sebuah produk aspal modifikasi polimer yang di formulasikan untuk memenuhi perkembangan kebutuhan transportasi. Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang lolos pada saringan no.200, *filler* pada campuran panas bertujuan untuk meningkatkan kerapatan dan stabilitas massa campuran. *Filler* abu batu adalah hasil dari pengolahan batu pecah dengan menggunakan *stone crusher*. *Filler* Abu batu saat ini merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu yang jumlahnya tidak sedikit. Di lapangan harga dan keterbatasan material menjadi kendala. Oleh sebab itu, mengingat pentingnya kegunaan *filler* pada campuran maka perlu dilakukan inovasi bahan pengganti *filler*. Salah satunya dengan memanfaatkan abu ampas tebu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kelayakan abu ampas tebu (ATT) sebagai pengganti *filler* pada campuran *HRA* dan mencari pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap karakteristik *Marshall*, *Index of Retained Strength*, dan *Indirect Tensile Strength*.

Penelitian dilakukan 4 tahap, yaitu tahap pertama pengujian sifat material yang terdiri dari pengujian agregat, aspal dan abu ampas tebu. Tahap kedua menentukan kadar aspal optimum pada campuran *HRA* dengan variasi kadar aspal sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5% pada masing-masing jenis aspal dan jenis campuran. Tahap ketiga melakukan uji *Marshall*, uji *Immersion*, dan uji *Indirect Tensile Strength*. Tahap empat melakukan analisis, pembahasan dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *filler* abu ampas tebu dapat digunakan sebagai *filler* pengganti dalam campuran *HRA* berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa kemampuan campuran menahan beban berkurang namun kelenturan semakin bertambah. Hal ini diukur dengan nilai stabilitas mengalami penurunan dan nilai *Flow* mengalami peningkatan. Nilai *Marshall Quotient* dan *Density* mengalami penurunan, nilai *VITM* dan *VMA* mengalami penurunan, nilai *VFWA* mengalami peningkatan. Keawetan dalam mempertahankan stabilitas setelah mengalami perendaman pada campuran *HRA* berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 yang diukur dengan hasil pengujian (*Index of Retained Strength*) yang mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa keawetan (*Durability*) menurun. Kemampuan menahan gaya tarik pada campuran *HRA* berbahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 yang diukur dengan hasil pengujian (*Indirect Tensile Strength*) yang mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dalam menahan kuat tarik menurun sehingga campuran cenderung mudah terjadi retak.

Kata kunci : *HRA*, Pertamina Pen 60/70, Starbit E-55, *Filler* Abu batu, *Filler* Abu Ampas Tebu.

ABSTRACT

Asphalt Pertamina Pen 60/70 includes asphalt residues of petroleum form solid or commonly called hard asphalt. Starbit asphalt E-55 is a poliymer modified product to meet the progress needs of transportaion. Filler materials an aggregate passed through sieve number 200, filler in the hot mixed to increase density and stability mixed mass. Stone dust filler is the result from the processing broking stone by using the stone crusher. Stone dust filler is a second product on aquary industrial with a little amount. In the field, price and matrials limits became an obstacle. Therefore, importance of usability filler in the mixture its necesarry to innovate the replacement material filler. On by exploting of bagasse ash filler. The pourpose of the reserch to know the feasibility of bagasse ash filler of substitute filler in HRA mixture and to find effect adding bagasse ash to Marshall, indes of retained strength, and indirect tensile strength.

The study was conduction in 4 stages, first of testing material properties of test aggregate, asphalt, and ash bagasse. Second, determine the asphalt bitumen optimum with asphalt variations of 5,5%, 6%, 6,5%,7%, and 7,5 % on each type of asphalt and mixture. Third do marshall test, immersion test, and indirect tensile strength test. Four, do analysis, discussion, and conclusion from test result.

The result showed that bagasse ash filler can be used as a replacement filler in mix HRA from pretamina asphalt pen 60/70 and asphalt starbit E-55. Marshall test result show that mixed capability of load resistance decreases but flexibility increases. This measured with the stability value decreasing and value of flow increased. Marshall quotient values and density decreased, VITM and VMA values decreased, and VFWA value increased. Durability in maintaning stability after immersion in HRA mix made of asphalt pertamina pen 60/70 and asphalt starbit E-55 with measured a decrease of index retained strength. This matter that durability decreas. Ability tensile srength forces on HRA mixture made of asphalt pertamina pen 60/70 and asphalt starbit E-55 by indirect tensile strength which significantly decreas. This indicates,that the mixture in holding tensile strength decreases so that mixture tends easy to crack.

Keywords : HRA, Pertamina Pen 60/70, Starbit E-55, Stone dust filler, Bagasse ash filler.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam mendukung pembangunan ekonomi masyarakat diperlukan prasarana pendukung infrastruktur jalan yang memadai dalam menunjang aktivitas pembangunan. Untuk itu diperlukan struktur perkerasan jalan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya dukung tinggi agar lalu lintas yang melintas di atasnya dapat merasa aman dan nyaman. Namun kerusakan yang terjadi akibat semakin bertambahnya kendaraan maka akan menyebabkan bertambahnya repetisi beban lalu lintas (*overloading*), temperatur dan perubahan intensitas curah hujan mengakibatkan lapis permukaan struktur perkerasan jalan cepat mengalami kerusakan, sehingga kondisi jalan tidak mencapai umur rencana yang dikehendaki.

Umumnya, jalan raya di Indonesia dibangun menggunakan jenis beton aspal campuran panas. Salah satu jenis campuran tersebut adalah *Hot Rolled Asphalt (HRA)*. *HRA* adalah jenis perkerasan lentur yang menggunakan gradasi senjang dengan kadar agregat kasar 40% sampai 70% serta kadar aspal 7,0% sampai 10% (*BS 549, 1985*). *Hot Rolled Asphalt (HRA)*, metoda dari Inggris dengan *British Standard (BS)* sebagai acuannya. Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* mempunyai kelebihan khusus yaitu sifat elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal lainnya.

Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* sebagai suatu konstruksi lapis perkerasan yang kualitasnya dipengaruhi oleh mutu bahan penyusunnya, seperti agregat kasar, agregat halus, *filler* sebagai bahan pengisi, dan aspal sebagai bahan pengikat. Pada *Campuran Hot Rolled Asphalt (HRA)* ini digunakan *filler* dari bahan abu batu sebagai standarnya. Abu batu sebagai *filler* akan dibandingkan dengan limbah abu ampas tebu dengan menggunakan aspal Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55 modifikasi polimer sebagai alternatif yang

cukup mengena. Mengingat abu ampas tebu yang sangat melimpah ketika masa penggilingan tebu di pabrik.

Pada abu ampas tebu memiliki kandungan silika (SiO_2), aluminat (Al_2O_3) dan Ferrit (Fe_2O_3). Abu ampas tebu memiliki ukuran partikel-partikel SiO_2 yang sangat halus memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Partikel-partikel tersebut berinteraksi dengan bahan-bahan penyusun material sehingga partikel-partikel ini akan mengisi rongga-rongga kosong yang ada pada campuran aspal beton sehingga mengurangi jumlah pori-pori yang ada pada campuran aspal beton. Dengan adanya silika maka porositas campuran aspal beton akan menjadi lebih kecil, hal ini menyebabkan kekuatan material meningkat (Mulyono, 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai uji karakteristik Abu Ampas Tebu memenuhi syarat jika digunakan sebagai bahan campuran aspal beton. Secara umum nilai stabilitas tertinggi pada penambahan abu ampas tebu 9 % dengan nilai stabilitas (1640,72 kg). Pada campuran dengan Abu ampas tebu, diperoleh kadar aspal optimum (5,00%), nilai *flow* tertinggi 9 % (3,76 mm), *VIM* 18 % (4,07 %), *VMA* 18% (9,71 %), dan uji *Marshall Immersion* (81,90 %) (Syarkawi, 2011).

Sehubungan dengan karakteristik jenis perkerasan diatas khususnya *Hot Rolled Asphalt (HRA)*, maka peneliti mencoba memodifikasi berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan substitusi *filler* abu ampas tebu yang bertujuan untuk pemanfaatan limbah abu ampas tebu, menambah kekuatan dan keawetan suatu aspal serta diharapkan dapat memberikan dampak positif pada kinerja aspal.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah limbah abu ampas tebu dapat digunakan sebagai alternatif *filler* pengganti pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* dengan berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55?

2. Bagaimana karakteristik *Marshall* campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu?
3. Bagaimana nilai perendaman (*Immersion*) campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu?
4. Bagaimana nilai kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui bahwa limbah abu ampas tebu dapat digunakan sebagai alternatif *filler* pengganti pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* dengan berbahan ikat aspal pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55.
2. Mengetahui perubahan nilai karakteristik *Marshall* campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu.
3. Mengetahui nilai perendaman (*Immersion*) campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu.
4. Mengetahui nilai kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength*) campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu batu dibandingkan campuran abu ampas tebu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan suatu material perkerasan dalam hal material *filler* abu batu pengganti berupa limbah abu ampas tebu dari suatu campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*.
2. Meningkatkan nilai guna dari limbah abu ampas tebu dari pabrik gula yang berada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai *filler* pengganti campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*.
3. Menambah variasi pada campuran bahan pengganti pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian tugas akhir ini berjalan sistematis, maka perlu diberikan batasan-batasan, sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* dengan abu ampas tebu sebagai *filler*.
2. Bahan ikat aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55.
3. Agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir yang digunakan diperoleh dari Clereng, Kulon Progo.
4. Bahan *substitusi filler* yang akan digunakan adalah limbah abu ampas tebu didapat dari Pabrik Gula Madukismi yang terletak di desa Padokan, Tirtonimolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta.
5. Dalam pembahasan tidak mengurai kandungan dan reaksi kimia aspal, dan limbah abu ampas tebu hanya pengaruh umum yang terjadi pada struktur.
6. Variasi kadar *filler* Clereng yang diganti adalah 50 % dan 100%.
7. Pengujian dilakukan pada benda uji berupa *Marshall Standar* yang meliputi : *Density*, *VITM (Void In Total Mix)*, *VFWA (Volume of voids Filled With Asphalt)*, *VMA (Void in the Mineral Agregate)*, *Stabilitas*, *MQ (Marshall Quetient)*, dan *Flow*.

8. Pengujian terdiri dari Uji *Marshall*, *ITS* (*Indirect Tensile Strength*), dan *Immersion Test*.
9. Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini dibutuhkan tinjauan pustaka untuk memetakan permasalahan yang akan diteliti dan untuk mengkerucutkan permasalahan mengenai perbandingan *filler* abu batu dan abu ampas tebu berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55 terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*. Tinjauan pustaka ini diambil dari hasil-hasil penelitian yang ada kaitannya dan sudah dilakukan sebelumnya. Penelitian tersebut akan menjadi tinjauan pustaka bagi penulis dalam hal pelaksanaan penelitian. Adapun penelitian yang pernah dilakukan mengenai perbandingan *filler* abu batu dan abu ampas tebu berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55 terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)* adalah sebagai berikut.

Satria (2017) dalam penelitian Tugas Akhir *Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Aspal Emulsi Pada Berbagai Variasi Substitusi Filler Abu Ampas Tebu Sesuai Dengan Tatacara PT. Izza Sarana Karsa*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* dari Clereng pada campuran aspal emulsi gradasi laston AC-WC memenuhi persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai *filler* pengganti. Campuran aspal emulsi gradasi laston AC-WC menggunakan abu ampas tebu sebagai *filler* pengganti mengalami perubahan karakteristik *Marshall* pada keadaan KAO yaitu pada stabilitas menurun, kelelahan atau *flow* semakin meningkat, nilai *MQ* mengalami penurunan, nilai *Density* mengalami peningkatan, nilai *VITM* mengalami penurunan, nilai *VFWA* mengalami peningkatan, dan nilai *VMA* mengalami penurunan. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran aspal emulsi gradasi laston AC-WC seiring peningkatan proporsi *filler* abu ampas tebu nilainya mengalami peningkatan. Pada pengujian permeabilitas menunjukkan campuran memiliki sifat drainase jelek terhadap air

setelah dilakukan variasi pencampuran *filler* abu ampas tebu. Nilai permeabilitas pada campuran aspal emulsi gradasi laston AC-WC yang menggunakan abu ampas tebu sebagai *filler* menyebabkan penurunan.

Ranski (2014) dalam penelitian Tugas Akhir *Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Pengganti Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Superpave*. Hasil studi menunjukkan bahwa secara umum abu ampas tebu layak dan dapat digunakan sebagai campuran dengan gradasi *Superpave*, karena menghasilkan campuran dengan karakteristik campuran yang memenuhi semua persyaratan Bina Marga 2010. Semakin besar persentase penggantian abu ampas tebu ke dalam campuran menghasilkan perubahan karakteristik *Marshall*, yaitu menurunkan nilai stabilitas, *VITM*, *flow*, *VMA* dan menaikkan nilai *VFWA*, *Marshall Quotient* dan *Density*. Meskipun campuran yang menggunakan filler AAT memiliki stabilitas yang lebih rendah, namun campuran lebih rapat, lebih kaku dan memiliki durabilitas yang lebih tinggi. Semakin besar proporsi AAT ke dalam campuran, semakin besar pula kebutuhan aspal optimum yang dibutuhkan.

Masato (2013) dalam penelitian Tugas Akhir *Pengaruh Penggunaan Pasir Merapi Dan Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik HRS-WC*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan abu ampas tebu secara umum meningkatkan kinerja dari perkerasan jalan pada lapisan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*. Hal ini dapat dilihat dari semua hasil pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa dengan penambahan abu ampas tebu menghasilkan nilai stabilitas, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VMA* yang semakin meningkat, nilai *flow*, *VFWA*, dan *density* yang semakin turun. Penambahan AAT membuat campuran menjadi lebih awet, dan campuran menjadi lebih tahan terhadap tarik, juga membuat campuran lebih kedap air. Penambahan AAT ini mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur, dapat dilihat dari meningkatnya nilai *penetration index*, kadar penambahan AAT optimum pada campuran 0%, 50%, dan 100% agregat halus Merapi adalah sebesar 1,51%, 1,69%, dan 1,775%.

Damian (2014) dalam penelitian Tugas Akhir *Kajian Laboratorium Penggunaan Aspal Starbiit E-55 Modifikasi Polimer Pada Asphalt Concrete*

Wearing Course (AC-WC) Ditinjau Dari Durabilitas Dan Indirect Tensile Strength. Penelitian dilakukan dengan mencari nilai kadar konversi aspal Starbit E-55 sehingga nilai propertis yang dihasilkan hampir sama dengan campuran yang menggunakan aspal Pertamina penetrasi 60/70, langkah selanjutnya adalah dengan menguji performa campuran dengan uji durabilitas dan *ITS*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapis keras *AC-WC* yang menggunakan aspal Starbit E-55 memiliki nilai karakteristik yang lebih baik dengan parameter nilai stabilitas sebesar 1.718 kg pada kadar aspal optimum 5,7%, campuran yang menggunakan aspal Pertamina penetrasi 60/70 mencapai kadar aspal optimal pada 6,4% dengan nilai stabilitas 1.642,7 kg. Kadar aspal konversi aspal Starbit E-55 dalam lapis keras *AC-WC* adalah 5,6%,. Dari hasil uji performa selama perlakuan rendaman dengan variasi 1, 3, 5, 7 dan 14 hari menunjukkan bahwa nilai keawetan lapis keras *AC-WC* yang menggunakan aspal Stabit E-55 memiliki performa yang lebih baik. Namun selama proses, lapis keras yang menggunakan aspal Starbit E-55 membutuhkan energi 15,38% lebih tinggi.

2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Sebelumnya

Berikut ini beberapa perbedaan dari penelitian penulis dengan penelitian yang terdahulu dilakukan.

1. Penelitian ini membandingkan *filler* abu batu dan abu ampas tebu pada campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*, sedangkan penelitian terdahulu pada campuran pada *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS – WC)*, *Superpave*, dan *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC - WC)*.
2. Penelitian ini membandingkan *filler* abu batu dan abu ampas tebu berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55, sedangkan penelitian terdahulu berbahan ikat aspal Pertamina pen 60/70.

Perbedaan penelitian penulis dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	(Satria, 2017)	(Ranski, 2014)	(Masato, 2013)	(Damian, 2014)	(Peneliti, 2017)
1.	Judul	Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Aspal Emulsi Pada Berbagai Variasi Substitusi <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu Sesuai Dengan Tatacara PT. Izza Sarana Karsa	Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Pengganti Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Superpave	Pengaruh Penggunaan Pasir Merapi dan Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Campuran <i>HRS-WC</i>	Kajian Laboratorium Penggunaan Aspal Starbiit E-55 Modifikasi Polimer Pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Ditinjau Dari Durabilitas Dan Indirect Tensile Strength	Perbandingan Karakteristik Campuran <i>Hot Rolled Asphalt (HRA)</i> Berbahan Ikatan Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal Starbit E-55 Dengan Substitusi <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu
2.	Jenis Campuran	AC-WC	Superpave	<i>HRS-WC</i>	AC-WC	<i>HRA</i>
3.	Jenis Aspal	Emulsi	Pertamina pen 60/70	Pertamina pen 60/70	Starbit E-55	Pertamina pen 60/70 dan Starbit E-55
4.	Filler	Abu Ampas Tebu	Abu Ampas Tebu	Abu Ampas Tebu	-	Abu Ampas Tebu

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Struktur perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis material yang diletakkan pada tanah dasar. Komponen lapisan, terdiri dari beberapa macam bahan granuler yang memberikan sokongan penting dari kapasitas struktural sistem perkerasan, khususnya untuk perkerasan lentur.

Perkerasan lentur jalan adalah perkerasan campuran beraspal panas yang terdiri dari kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan maksimal. Untuk mengeringkan agregat dan mengerjakannya, maka keduanya harus dipadatkan masing-masing pada suhu tertentu (Bina Marga, 1999).

Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat, yaitu 90-95% dari berat campuran perkerasan. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan dari sifat butiran agregat, dan gradasi agregatnya. Bahan pengikat seperti aspal dan semen digunakan sebagai pengikat agregat agar terbentuk lapisan kedap air.

Pembuatan perkerasan yang menggunakan aspal panas mempunyai beberapa metode, salah satunya adalah metode *Hot Rolled Asphalt (HRA)*, yang dikenal juga dengan campuran aspal gradasi senjang dengan mengacu pada *British Standard* yang berasal dari Inggris. Metode ini agregat halus nya lebih menentukan dari pada agregat kasarnya, sehingga mengakibatkan campuran HRA ini menjadi sangat lentur dan nyaman untuk dilewati oleh kendaraan. Sedangkan pada sisi lain kelemahan campuran ini adalah kurang fleksibel terhadap suhu tinggi dan sering terjadi *blending*.

3.2 Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*

Hot Rolled Asphalt (HRA) disebut juga campuran aspal bergradasi senjang. *HRA* mengandalkan ikatan antar bahan pengikat, agregat halus dan *filler* sebagai

kekuatan utamanya. Gradasi agregat yang senjang menjadi karakteristik penting dari campuran *HRA*. Kandungan agregat tersebut memiliki ukuran agregat menengah yaitu 2.36 mm - 10 mm dengan jumlah yang sangat sedikit, tetapi juga terdiri atas sejumlah pasir, *filler* berupa mineral yang sangat halus, aspal serta agregat kasar yang berupa agregat dengan ukuran mencapai 14 mm (*Shell Bitumen*, 1990).

3.3 Karakteristik Material Penyusun *HRA*

Penyusun utama suatu campuran aspal panas ada dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam tergantung metode dan kepentingan yang dituju.

3.3.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. *ASTM* mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. (Sukirman, 2003)

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dalam material lain. Menurut Bina Marga 2010 secara umum agregat dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Agregat Kasar

Menurut Bina Marga, (2010) agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm). Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran normal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan. Agregat kasar dapat membuat lapis perkerasan menjadi lebih stabil dan memiliki *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan pada pengendara. Adapun persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90 [*])
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan no. 200		SNI 02-4142-1996	Maks 2%

Sumber : Bina Marga (2010)

2. Agregat Halus

Menurut Bina Marga, (2010) agregat halus dari sumber manapun harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Adapun persyaratan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar	Persyaratan
1	Berat Jenis (%)	SNI 1970: 2008	>2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1970: 2008	< 5
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	SNI 3423: 2008	>50
4	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
5	Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
6	Kadar lempung	SNI 3423: 2008	Maks. 1%
7	Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga (2010)

3. Bahan pengisi (*Filler*)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap kepadatan lapis perkerasan tersebut.

Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 adalah:

- a. bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan,
- b. bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (*75 micron*) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya,
- c. semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat.

Adapun persyaratan *filler* dapat dilihat Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no.200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Bina Marga (2010)

Pada penelitian ini bermaksud untuk menggunakan limbah abu ampas tebu sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran *Hot Rolled Asphalts (HRA)*.

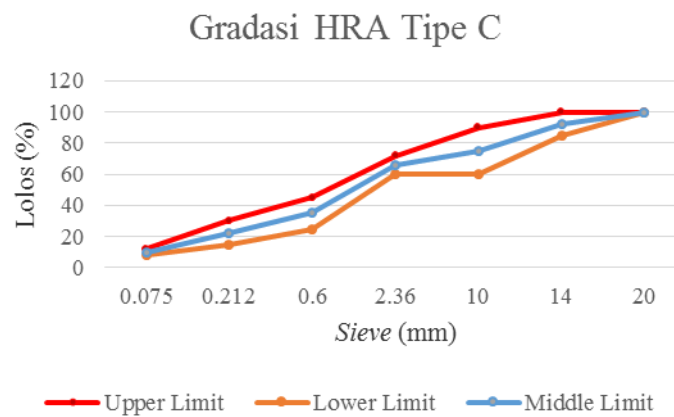
3.3.2 Gradasi Agregat *Hot Rolled Asphalts (HRA)*

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2 inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, dan No. 200. Untuk batasan gradasi agregat dalam campuran *HRA* dapat disajikan dalam Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Batasan Gradasi Agregat Campuran HRA Tipe C

Sieve (mm)	Percent Passing			% Retained (Middle Gradation)
	Upper Limit	Lower Limit	Middle Limit	
20	100	100	100	0
14	100	85	92.5	7.5
10	90	60	75	17.5
2.36	72	60	66	9
0.600	45	25	35	31
0.212	30	15	22.5	12.5
0.075	12	8	10	12.5
Pan				10

Sumber : British Standards (BS). 594

**Gambar 3.1 Grafik Batasan Gradasi HRA Tipe C**

3.3.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat yang secara esensial terdiri dari senyawa hidrokarbon atau turunannya, yang terlarut dalam trichloroethylene, tidak mudah menguap dan lunak secara bertahap ketika dipanaskan, memiliki warna hitam atau kecokelatan, anti terhadap air dan bersifat *adhesive*. Aspal berfungsi sebagai pelicin pada saat proses pemadatan, mengisi ruang kosong yang tersisa, dan pada saat suhu pemadatan

menurun, aspal akan membeku menjadi pengganjal sehingga agregat diikat dan diganjal pada tempatnya (Soehartono, 2014).

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal minyak dan aspal alam.

1. Aspal Minyak

Aspal minyak bumi adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Hasil destilasi minyak bumi menghasilkan bensin, minyak tanah, dan solar yang diperoleh pada temperatur berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Aspal alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pertamina pen 60/70 dan aspal Starbit E-55.

a. Aspal Pertamina Pen 60/70

Aspal Pertamina Pen 60/70 termasuk aspal hasil residu minyak bumi yang berbentuk padat atau biasa disebut aspal keras. Adapun persyaratan Aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 250C, 100 gram, 5 detik, 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-70
2	Titik lembek, 0C	SNI 06-2434-1991	Min. 48
3	Titik nyala, 0C	SNI 06-2433-1991	Min. 232
4	Daktalitas, 250C, cm	SNI 06-2432-1991	Min.100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min.1,0
6	Kelarutan dalam Toluene,% berat	ASTM D5546	Min.99
7	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)

b. Aspal Starbit E-55

Starbit E-55 merupakan sebuah produk aspal modifikasi polimer yang di formulasikan untuk memenuhi perkembangan kebutuhan transportasi. Mempertimbangkan kebutuhan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengukur tingkat kelayakan aspal baru yang diformulasikan untuk dapat menggantikan aspal konvensional. Adapun persyaratan Aspal Starbit E-55 dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Persyaratan Aspal Starbit E-55

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 250C, 100 gram, 5 detik, 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	Min. 40
2	Titik lembek, 0C	SNI 06-2434-1991	Min. 54
3	Titik nyala, 0C	SNI 06-2433-1991	Min. 232
4	Daktalitas, 250C, cm	SNI 06-2432-1991	Min.100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min.1,0
6	Kelarutan dalam Toluene,% berat	ASTM D5546	Min.99
7	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2010)

3.3.4 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tebu, setelah diekstrak atau diperas niranya maka diperoleh hasil produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Pada proses penggilingan tebu terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu.

Pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat yang dihasilkan antara lain ampas tebu, ampas boiler, dan blontong. Ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu untuk diambil niranya, limbah ini mengandung serat dan gabus. Ampas tebu bersifat merubah (*bulky*) sehingga untuk menyimpannya perlu area yang luas. Ampas mudah terbakar karena didalamnya terkandung gula, serat, dan mikroba sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas.

Pemanfaatan silika dari abu ampas tebu (*bagasse*) sebagai bahan aditif pada pembuatan gerabah. Abu ampas tebu dipilih karena abunya mengandung SiO_2 yang tinggi termasuk sumber daya alam yang terbarukan. Proses pengambilan silika dari ampas tebu dilakukan dengan pengarangan pada suhu 350°C dilanjutkan dengan pengabuan dengan empat variasi suhu yaitu 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C.

3.4 Karakteristik Campuran *Hot Rolled Asphalt (HRA)*

Karakteristik campuran *Hot Rolled Asphalt* adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*), dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi yang didominasi kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya bila perkerasan jalan hanya melayani lalu lintas kendaraan ringan, maka tidak perlu memiliki stabilitas yang tinggi.

2. Daya Tahan (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim (udara, air, dan perubahan temperatur). Kadar aspal, nilai *Voids in The Mix (VITM)*, nilai *Voids Filled With Asphalt (VFWA)* merupakan faktor yang mempengaruhi durabilitas suatu lapis perkerasan. Semakin banyak aspal yang digunakan untuk menyelimuti agregat, maka campuran akan semakin bersifat *durable* dan proses oksidasi pada permukaan lapisan dapat dicegah dengan semakin kecilnya nilai *VFWA*.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan aspal menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas atau penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas campuran yang tinggi dapat diperoleh dengan menambahkan kadar aspal berdaktilitas tinggi, mengurangi tebal lapis perkerasan, dan menggunakan gradasi agregat yang relatif terbuka.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan dari campuran aspal agregat dalam menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berakibat

timbulnya retak-retak (*cracking*) pada campuran beraspal. Nilai ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) dapat ditingkatkan dengan menaikkan kadar aspal, memperkecil nilai *VITM*, dilakukan pemadatan yang cukup, dan kekentalan (viskositas) bitumen yang optimal.

5. Kekesatan/ Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir atau slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas tinggi, yaitu kekasaran permukaan butiran agregat, luas bidang kontak antarbutiran atau bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal selimut aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

3.5 Parameter Pengujian *Marshall*

Alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN atau 5000 lbf dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci atau 10,2 cm dan tinggi 2,5 inci atau 6,35 cm (Sukirman, 2003).

3.5.1 Pengujian Stabilitas

Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Sedangkan *flow meter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas di lapangan maka sebelum dilakukan pemeriksaan benda uji dipanaskan terlebih dulu selama 30-40 menit dengan suhu 60°C di dalam *water bath*. Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.1.

$$S = p \times q \quad (3.1)$$

Keterangan :

S = nilai stabilitas,

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat,

q = angka koreksi benda uji.

3.5.2 Kepadatan (*Density*)

Density adalah berat campuran yang diukur tiap satuan volume. Meningkatnya kadar aspal diikuti oleh meningkatnya *density*, hal ini dikarenakan aspal melumasi partikel sehingga memudahkan usaha pemadatan untuk mendesak partikel saling berdekatan dan saling mengisi rongga. Nilai kepadatan atau *density* dapat dihitung dengan Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.3.

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

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

Keterangan:

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

d = berat benda uji sebelum direndam (g),

d = berat benda uji dalam keadaan jenuh (g),

e = berat dalam air,

f = volume benda uji (cm³).

3.5.3 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Suatu campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas yang tinggi cenderung menjadi kaku dan getas, sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk saat terbebani oleh lalu lintas. Nilai *flow* dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).

3.5.4 Pengujian Jenis Volume Pori

Menurut Sukirman (2003), sifat volumetrik aspal padat dapat diketahui dengan menggunakan beberapa parameter. Diantaranya adalah volume *bulk* (V_{mb}), *VMA*, *VITM*, dan *VFWA*.

1. Berat jenis *bulk* beton aspal padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* beton aspal padat dapat diukur dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (3.4)$$

Keterangan :

G_{mb} = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

B_k = berat kering beton aspal padat (gram),

B_{ssd} = berat kering permukaan dari beton aspal dipadatkan (gram),

B_a = berat beton aspal padat di dalam air (gram),

$B_{ssd} - B_a$ = volume bulk dari beton aspal padat, jika berat jenis air diasumsikan sama dengan 1.

2. 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, yang didapatkan dari penelitian di laboratorium menggunakan prosedur *AASHTO T209-90*.

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

Keterangan :

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran beton aspal belum dipadatkan,

P_a = kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%),

P_s = kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%),

G_a = berat jenis aspal,

G_{se} = berat jenis efektif dari agregat pembentuk beton aspal padat.

3. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

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

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

Keterangan :

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

G_{mb} = berat jenis *bulk* dari beton aspal padat,

P_s = kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat,

G_{sb} = berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat.

4. *Void in Total Mix (VITM)*

VITM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. *VITM* dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VITM* yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. *VITM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat. *VITM* dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

$$VITM = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \quad (3.7)$$

Keterangan :

$VITM$ = volume pori beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat,

Gmb = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan,

Gmb = berat jenis bulk dari beton aspal padat.

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

VFWA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal. Aspal yang mengisi *VFWA* adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain *VFWA* merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \quad (3.8)$$

Keterangan :

VFWA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal, % dari *VMA*,

VMA = volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat,

VITM = volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat.

3.5.5 Perhitungan *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis (*flow*) yang digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran (Djalante, 2011). Campuran dengan stabilitas tinggi dan kelelahan plastis yang rendah akan menghasilkan nilai *MQ* yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk jika mengalami beban lalu lintas. Sebaliknya, campuran dengan stabilitas yang rendah dengan kelelahan plastis yang tinggi menghasilkan *MQ* rendah, sehingga cenderung plastis dan tidak stabil. Nilai *MQ* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9.

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

Keterangan :

MQ = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm),

q = nilai stabilitas (kg),

r = nilai kelelehan plastis/ *flow*(mm).

3.6 *Immersion Test*

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 didalam *waterbath* yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *marshall* (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^{\circ}$ C dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^{\circ}$ C. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*marshall*) selama 24 jam dan suhu konstan 60° C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of retained strength*) adalah persentase nilai stabilitas campuran yang direndam selama 24 jam (S_2) yang dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa (S_1). Seperti tercantum pada persamaan 3.10 dibawah ini.

$$\text{Index of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.10)$$

Keterangan : S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam,

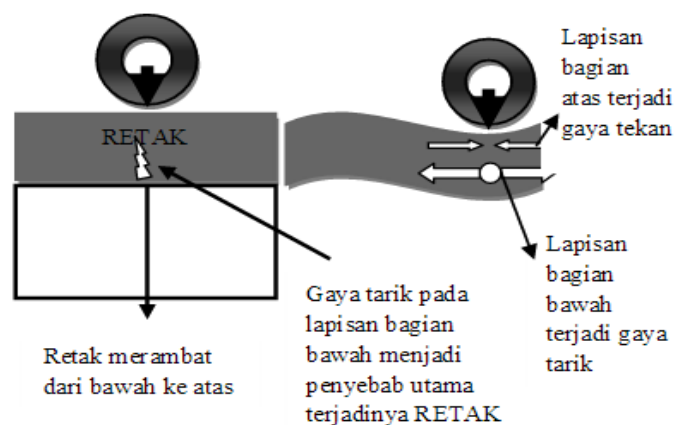
S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan 75%, campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.7 Indirect Tensile Strength (ITS)

Tensile Strength Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran beton aspal. Gaya tarik terkadang digunakan untuk mengevaluasi potensi retakan (*fatigue*) pada campuran beton aspal. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan (Sunarjono, 2012). Menurut Rustanto yang dikutip oleh Sunarjono (2012), campuran penyusun lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan. Retak yang disebabkan oleh pengulangan beban menyebabkan adanya gaya tarik yang dialami campuran beton aspal. Berbeda dengan beban tekan yang secara empiris dapat diperoleh dengan pengujian *Marshall* secara langsung.

Pengujian kuat tarik tidak langsung (*ITS*) ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik. Dikatakan tidak langsung karena tidak diuji dengan pembebanan tarik secara langsung. Tetapi dihitung dari pembebanan maksimum dimana dilakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai beban maksimum.



Gambar 3.2 Mekanisme Terjadinya Gaya Tarik dan Kerusakan Retak

Sumber : Sunarjono (2012)

Beban roda kendaraan yang berhenti atau bergerak diatas struktur perkerasan seperti ditunjukkan Gambar 3.2 di atas menimbulkan gaya tekan ke bawah sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Jika lapisan melendut, maka lapisan bagian atas terjadi gaya tekan dan sebaliknya lapisan bagian bawah terjadi gaya

tarik. Akibat gaya tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah akan mengakibatkan retak, bila lapisan cukup tebal (>20cm) retak terjadi dari atas merambat ke bawah, dan bila lapisan tidak tebal (<20cm) retak terjadi dari bawah merambat ke atas.

Nilai kuat tarik tidak langsung dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.11.

$$ITS = \frac{2000 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.11)$$

Keterangan :

ITS = Nilai kuat tarik secara tidak langsung (kPa),

P = Beban maksimum (N),

H = Tinggi benda uji (mm),

D = Diameter benda uji (mm).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian adalah sekumpulan peraturan, kegiatan, dan prosedur yang digunakan oleh pelaku suatu disiplin ilmu. Metodologi juga merupakan analisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *eksperimental*, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat atau standar spesifikasi yang ada. Persyaratan dan prosedur yang digunakan mengacu kepada peraturan *British Standard*, Standar Nasional Indonesia (SNI), dan Bina Marga. Penelitian *eksperimental* kausal bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat yaitu mempersoalkan adanya variabel bebas dan variabel tidak bebas. Variabel bebas yang dimaksud yaitu persentase penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler*, sedangkan variabel tidak bebas yaitu karakteristik *Marshall*. Hasil dari penelitian ini dipaparkan dalam bentuk suatu penulisan dilengkapi dengan data-data hasil pengujian.

4.2 Metode Pengambilan Data

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui beberapa ketentuan yang disusun secara sistematis. Untuk mengumpulkan data sampel penelitian dilakukan dengan metode tertentu sehingga sesuai dengan tujuan penelitian. Data yang diperoleh dapat diambil dari berbagai sumber. Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Data primer adalah data yang diperoleh dari sumber data, yaitu dengan cara *experiment* langsung dilakukan di lokasi penelitian. Langkah yang dilakukan antara lain, seperti melakukan pemeriksaan bahan, mencari Kadar Aspal Optimum, melakukan pengujian *Marshall Test*, melakukan pengujian *Immersion Test*, dan melakukan pengujian *Indirect Tensile Strength Test*.

2. Data sekunder adalah data yang tidak diperoleh langsung dari sumber data. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan pengamatan yang dilakukan. Data sekunder ini berfungsi sebagai pendukung dari data primer.

4.3 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian yang dilaksanakan Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta disajikan dalam gambar diagram bagan alir penelitian (Gambar 4.1)

4.3.1 Persiapan Alat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian fisik agregat, seperti mesin *Los Angeles*, saringan standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent*.
2. Peralatan pengujian fisik aspal, seperti alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar aspal.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. Alat tekan *Marshall* yang terdiri sebagai berikut.
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
 - c. Arlojitekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
 - d. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.

5. *Oven*, alat untuk memansakan bahan yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.
6. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
7. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18").
8. Bak perendam (*waterbath*), dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C .
9. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan *digital*.
10. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test*, yang meliputi:
 - a. Alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 *inch*.
 - b. Arloji pengukuran stabilitas.
 - c. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
11. Perlengkapan penunjang, seperti kompor, wajan, spatula, sarung tangan karet, gelas ukur, panci, kain lap, bak plastik, jangka sorong, termometer, dan lain-lain.

4.3.2 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. agregat kasar (*split*) dan agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat alami yang dipecahkan (*split*), agregat ini berasal dari Clereng, Kabupaten Kulonprogo, Yogyakarta,
2. aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dan Starbit E-55 yang berada di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII).
3. *Filler* yang digunakan adalah abu batu yang berada di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta dan abu ampas tebu yang didapatkan dari pabrik gula Madukismo, Yogyakarta.

4.3.3 Perencanaan Campuran

Material yang dipergunakan dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu agregat dan aspal, diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran *Hot Rolled Asphalt*.

Gradasi agregat penyusun campuran *Hot Rolled Asphalt* adalah gradasi tipe C. Gradasi agregat campuran *Hot Rolled Asphalt* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran *Hot Rolled Asphalt*

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan
3/4 "	20 mm	100	100	100	0
1/2"	14 mm	85	100	93	8
3/8"	10 mm	60	90	75	25
No. 8	2.36 mm	60	72	66	34
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65
No. 70	0,212 mm	15	30	23	77.5
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90
Pan		0	0	0	100

Sumber : British Standard, BS 594

Perkiraan kadar aspal optimum (KAO) rencana dapat dicari setelah menentukan gradasi agregat campuran., menggunakan Persamaan 4.1.

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + K \quad (4.1)$$

Keterangan :

P_b = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8,

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

Filler = agregat halus lolos saringan No. 200,

K = Konstanta (0,5 % - 1,0%)

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + K$$

$$= 0,035 (34 \%) + 0,045 (56 \%) + 0,18 (10 \%) + 1$$

$$= 6,51 \%$$

Dari hasil perhitungan, KAO perkiraan didapat 6,51 %. Maka, berdasar pada nilai Pb yang didapat, pada pengujian untuk mencari kadar aspal optimum untuk Aspal Starbit E-55 dipakai variasi kadar aspal 5,5 %; 6 %; 6,5 %; 7%; 7,5% terhadap berat total campuran. Rincian jumlah benda uji yang digunakan dalam mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji Pada Pengujian Kadar Aspal Optimum

Jenis Aspal	Kadar AAT	Jumlah Benda Uji Pada Tiap Kadar Aspal (buah)				
		5,5%	6%	6,5%	7%	7,5%
Pertamina Pen 60/70	0% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
	50% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
	100% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
Starbit E-55	0% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
	50% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
	100% <i>Filler</i> AAT	3	3	3	3	3
Jumlah		90				

Jumlah benda uji untuk tiap pengujian setelah didapatkan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah Benda Uji Campuran Pada Tiap Pengujian Pada KAO

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Kadar AAT (buah)					
	0 % <i>Filler</i>		50 % <i>Filler</i>		100 % <i>Filler</i>	
	Pen 60/70	Starbit E-55	Pen 60/70	Starbit E-55	Pen 60/70	Starbit E-55
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Immersion</i>	3	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3
Jumlah	18		18		18	
Total	54					

4.4 Pengujian Yang Dilakukan

Pada penelitian ini dilakukan 3 pengujian. Yaitu *Marshall Test*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength Test*.

4.4.1 Pengujian Marshall Test

Langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut :

1. benda uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel,

2. pada masing-masing benda uji diberi pengenal,
3. mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
4. benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
5. direndam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air,
6. timbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi,
7. keringkan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (*SSD*),
8. timbang benda uji dalam kondisi *SSD*,
9. rendam benda uji aspal panas atau benda uji tar dalam bak perendam selama 30 sampai pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap (60 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, atau (38 ± 1) $^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji tar,
10. sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (*Guide road*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*Test Head*). Lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38 $^{\circ}\text{C}$,
11. *Flow meter* dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide road*),
12. kepala penekan (*Test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
13. pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelahannya,
14. setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji, dan
15. hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.4.2 Pengujian Marshall Rendaman (*Immersion Test*)

Pengujian ini dilakukan hampir sama dengan pengujian *Marshall Standar*, hal yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan

dalam waterbath. Pada uji perendaman *Marshall* ini lama perendaman selama 0 jam ,dan 24 jam dengan suhu 60°C. Adapun cara pengujian adalah sebagai berikut:

1. siapkan bahan,
2. benda uji dibuat dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall test*, menguji Immersion dengan lama perendaman 0 jam , dan 24 jam,
3. analisis dan buat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Immersion Test*,
4. buat kesimpulan.

4.4.3 Pengujian *Indirect Tensile Strength Test*

Langkah-langkah pengujian *ITS* adalah sebagai berikut.

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

4.5 Analisis Data

Berikut ini adalah analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Dari pengujian *Marshall*, didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
- b. Berat benda uji didalam air (gram).
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).
- d. Tebal benda uji.
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg) dan kelelahan *flow* (mm).

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

1) Berat jenis aspal

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

Keterangan :

A= berat piknometer dengan penutup (gram),

B= berat piknometer berisi air (gram),

C= berat piknometer berisi aspal (gram),

D= berat piknometer berisi aspal dan air (gram).

2) Berat jenis agregat

$$BJ \text{ (Agregat)} = \frac{(A.F1) + (A.F2)}{100} \quad (4.1)$$

Keterangan :

A = Presentase agregat kasar,

B = Presentase agregat halus,

F1 = Berat jenis agregat kasar,

F2 = Berat jenis agregat halus.

3) Nilai-nilai stabilitas (*stability*) menggunakan Persamaan 3.1.

4) Kelelehan (*flow*), dibaca dari pembacaan arloji kelelehan.

5) VMA (*Void in Mineral Aggregate*) menggunakan Persamaan 3.6.

6) VIM (*Void in Mix*) menggunakan Persamaan 3.7.

7) VFA (*Volume of Void Filled With Asphalt*) menggunakan Persamaan 3.8.

8) MQ (*Marshall Quotient*) menggunakan Persamaan 3.9.

2. Analisis *Immersion Test*

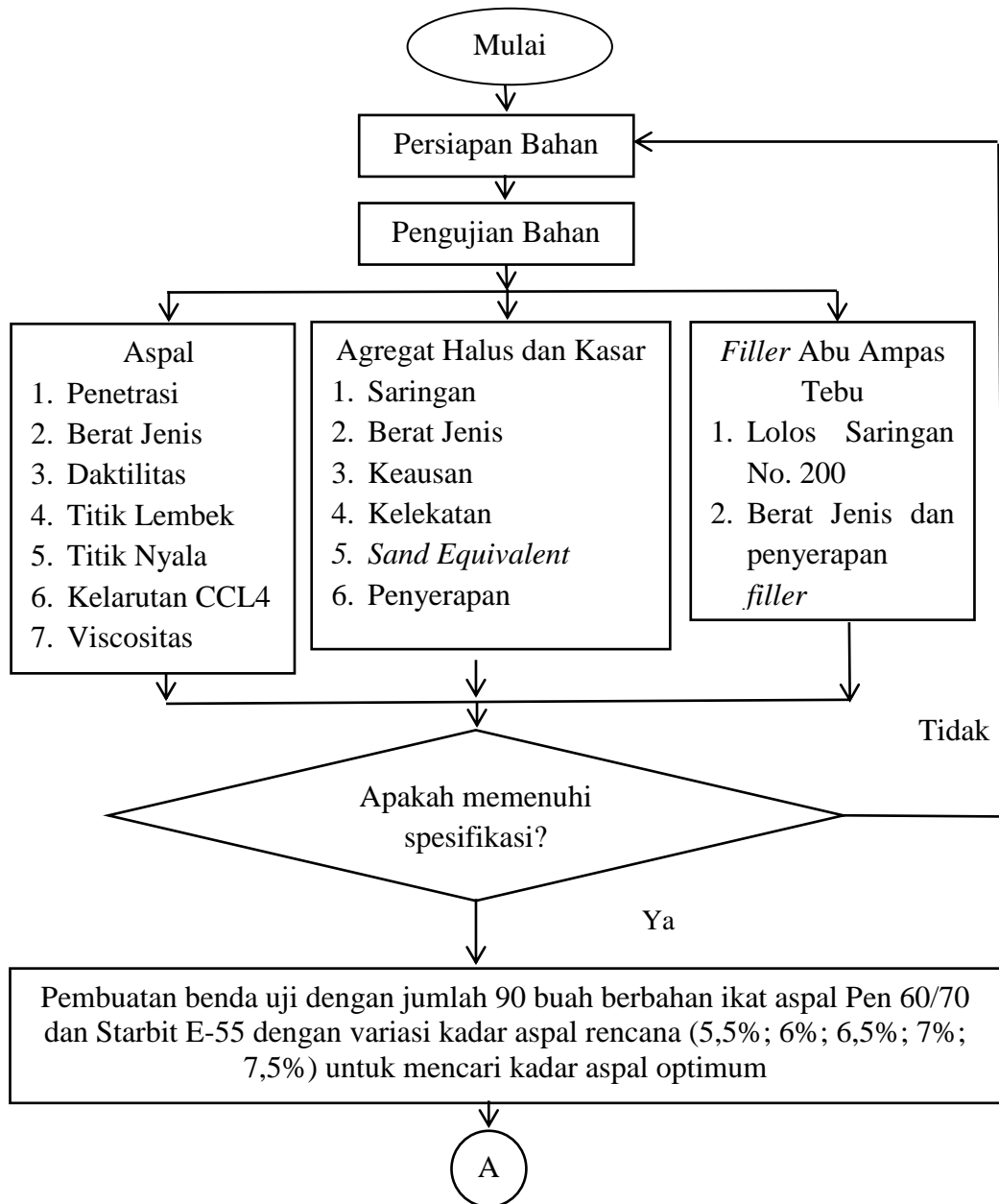
Nilai *index of retained strength* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian dianalisis menggunakan persamaan 3.10.

3. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*

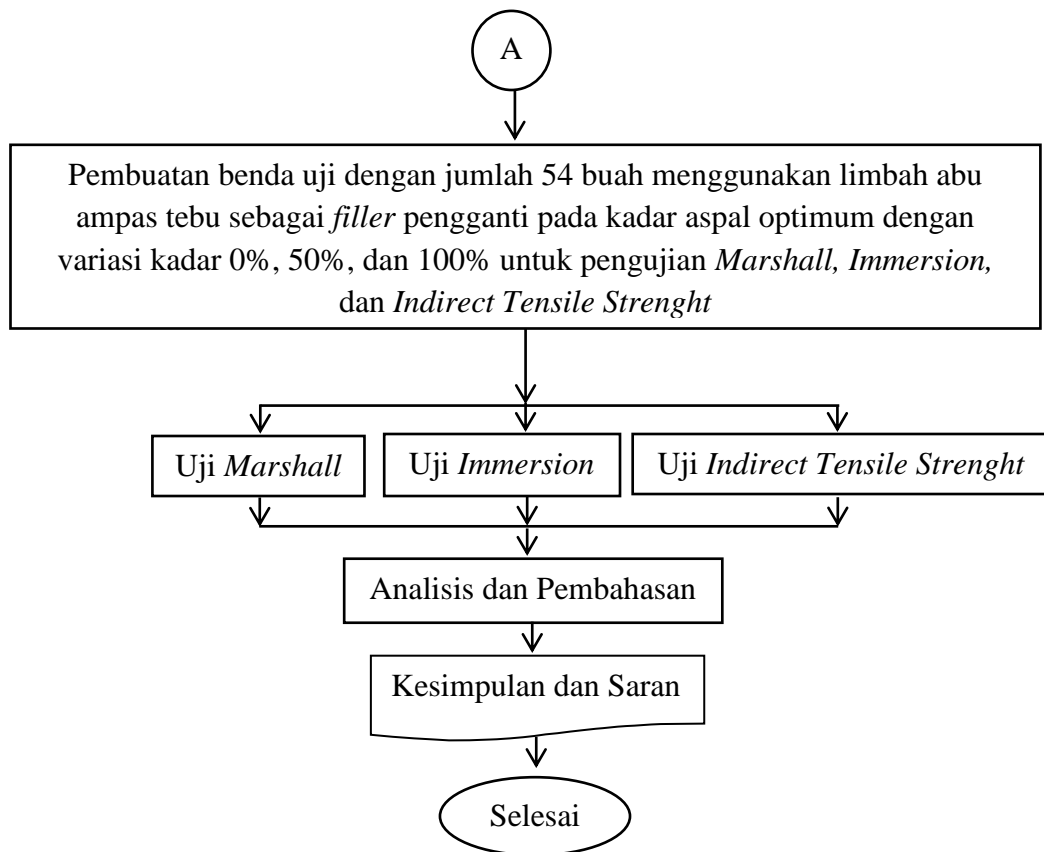
Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.11.

4.6 Bagan Alir Metode Penelitian

Langkah penelitian digambarkan pada bagan alir pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 4.1 Lanjutan Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir

BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Spesifikasi Bahan Dan Campuran

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina AC 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta dan aspal Starbit E-55 yang didapat dari PT. Bintang Djaja, Cilacap. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian tersebut menghasilkan data-data yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.1. dan Tabel 5.2. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,09	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	$\geq 60-70$	61,7	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala (°C)	≥ 232	312	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,27	Memenuhi
6	Titik Lembek (°C)	≥ 48	48,1	Memenuhi

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Aspal Starbit E-55

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,0	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	Min. 40	53,4	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	≥ 100	164	Memenuhi
4	Titik Nyala (°C)	≥ 232	325	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,22	Memenuhi
6	Titik Lembek (°C)	≥ 54	55,5	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan *Filler*

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dimana agregat yang digunakan adalah agregat dari daerah Clereng, kemudian dilanjutkan dengan pengujian *filler* berupa abu ampas tebu. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data yang diperoleh pada pengujian karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.3 sampai Tabel 5.6. dibawah ini. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,63	Memenuhi
2	Penyerapan agregat terhadap air(%)	< 3	1,54	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal(%)	> 95	98,5	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	< 40	21,32	Memenuhi

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,69	Memenuhi
2	Penyerapan agregat terhadap air (%)	< 3	1,19	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	> 50	87,31	Memenuhi

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Filler Abu Batu

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$> 2,5$	2,638	Memenuhi

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Filler Abu Ampas Tebu

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis	2,03

5.1.3 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran *HRA* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, UII menghasilkan nilai – nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*Flow*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in The Total Mix*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*Density*) dari campuran *HRA* dengan variasi kadar aspal sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5% pada masing-masing jenis aspal dan jenis campuran. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai 5.12 berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Marshall Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
5.5	2054.82	3.12	659.12	5.58	70.85	17.24	2.31
6	2244.64	3.15	712.16	5.02	71.97	17.64	2.31
6.5	2265.02	3.50	650.74	4.08	77.21	17.89	2.32
7	1911.08	3.73	504.91	3.69	80.12	18.53	2.31
7.5	1568.82	4.30	361.77	3.70	81.09	19.50	2.30
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Marshall Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	<i>Density</i> (gr/cc)
5.5	2239.05	2.88	777.57	4.49	75.09	17.20	2.31
6	2358.98	3.03	777.43	4.43	76.39	17.45	2.30
6.5	2424.24	3.12	776.44	3.65	80.47	18.58	2.30
7	1986.63	3.55	560.45	2.82	85.44	18.92	2.30
7.5	1606.60	4.15	366.20	2.03	89.58	19.29	2.30
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Marshall Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	1674.53	3.55	473.48	6.22	70.90	17.79	2.29
6	1863.71	3.68	505.57	5.49	70.06	18.92	2.30
6.5	1946.15	3.97	491.94	5.15	72.77	18.81	2.29
7	1615.26	4.32	375.45	4.08	78.47	18.86	2.30
7.5	1299.90	4.58	293.60	3.64	81.35	19.45	2.30
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Marshall Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	1879.17	3.23	583.56	6.21	65.31	18.45	2.22
6	2033.69	3.40	598.44	5.06	72.75	18.80	2.24
6.5	2068.87	3.85	537.49	5.03	74.21	19.47	2.22
7	1688.16	4.12	410.74	4.18	78.87	19.76	2.22
7.5	1439.66	4.52	314.54	3.62	82.29	20.28	2.22
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Marshall Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	1207.65	4.07	303.92	7.40	58.35	18.61	2.22
6	1444.16	4.10	352.56	5.92	67.72	18.77	2.24
6.5	1356.34	4.43	305.85	5.69	70.13	19.01	2.23
7	1246.28	4.63	268.75	5.95	70.65	20.16	2.21
7.5	869.39	4.93	175.94	5.68	72.76	20.86	2.21
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Marshall Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%

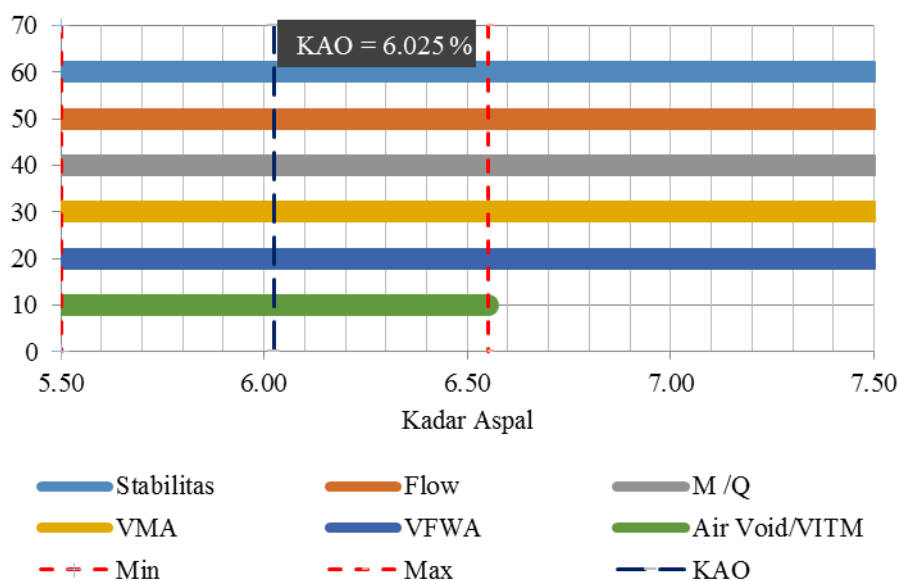
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5.5	1348.41	3.80	359.75	6.23	64.97	18.46	2.22
6	1566.62	4.07	385.05	5.94	69.13	19.13	2.22
6.5	1583.55	4.18	378.92	5.30	73.37	19.70	2.21
7	1394.07	4.48	310.43	4.55	77.66	20.06	2.22
7.5	1087.04	4.75	228.66	4.09	80.22	20.67	2.21
Spesifikasi	> 800	> 3	> 250	4-6	> 65	> 15	>2

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Rekapitulasi Mencari Kadar Aspal Optimum

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal					
		Pen 60/70			Starbit E-55		
		Variasi Kadar Filler AAT (%)			Variasi Kadar Filler AAT (%)		
		0	50	100	0	50	100
Stabilitas (Kg)	5.5	2054.82	1674.53	1207.65	2239.05	1879.17	1348.41
	6	2244.64	1863.71	1444.16	2358.98	2033.69	1566.62
	6.5	2265.02	1946.15	1356.34	2424.24	2068.87	1583.55
	7	1911.08	1615.26	1246.28	1986.63	1688.16	1394.07
	7.5	1568.82	1299.90	869.39	1606.60	1439.66	1087.04
Flow (mm)	5.5	3.12	3.55	4.07	2.88	3.23	3.80
	6	3.30	3.60	4.25	3.03	3.40	4.07
	6.5	3.50	3.97	4.43	3.12	3.85	4.18
	7	3.73	4.32	4.63	3.55	4.12	4.48
	7.5	4.30	4.58	4.93	4.15	4.52	4.75
MQ (kg/mm)	5.5	659.12	473.48	303.92	777.57	583.56	359.75
	6	712.16	505.57	352.56	777.43	598.44	385.05
	6.5	650.74	491.94	305.85	776.44	537.49	378.92
	7	504.91	375.45	268.75	560.45	410.74	310.43
	7.5	361.77	293.60	175.94	366.20	314.54	228.66
VITM (%)	5.5	5.58	6.22	7.40	4.49	6.21	6.23
	6	5.02	5.49	5.92	4.43	5.06	5.94
	6.5	4.08	5.15	5.69	3.65	5.03	5.30
	7	3.69	4.08	5.95	2.82	4.18	4.55
	7.5	3.70	3.64	5.68	2.03	3.62	4.09
VFWA (%)	5.5	70.85	70.90	58.35	75.1	65.3	65.0
	6	71.97	70.06	67.72	76.4	72.8	69.1
	6.5	77.21	72.77	70.13	80.5	74.2	73.4
	7	80.12	78.47	70.65	85.4	78.9	77.7
	7.5	81.09	81.35	72.76	89.6	82.3	80.2
VMA (%)	5.5	17.24	17.79	18.61	17.20	18.45	18.46
	6	17.64	18.92	18.77	17.45	18.80	19.13
	6.5	17.89	18.81	19.01	18.58	19.47	19.70
	7	18.53	18.86	20.16	18.92	19.76	20.06
	7.5	19.50	19.45	20.86	19.29	20.28	20.67
Density (gr/cc)	5.5	2.31	2.29	2.22	2.31	2.22	2.22
	6	2.31	2.30	2.24	2.30	2.24	2.22
	6.5	2.32	2.29	2.23	2.30	2.22	2.21
	7	2.31	2.30	2.21	2.30	2.22	2.22
	7.5	2.30	2.30	2.21	2.30	2.22	2.21

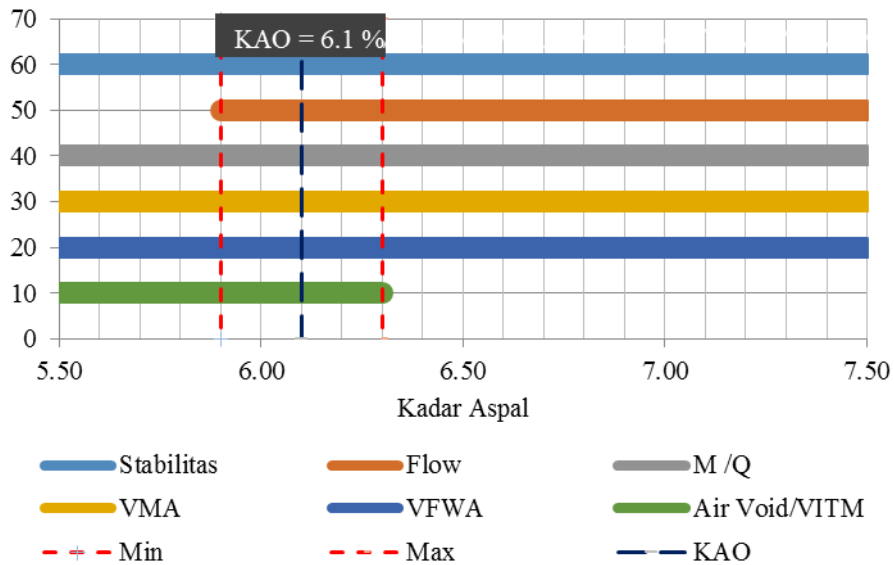
1.1.4 Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Jenis Aspal dan Jenis Campuran

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya UII akan didapatkan nilai kadar aspal optimum yang ditentukan dengan merentangkan kadar aspal sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat pada campuran yang diinginkan, tetapi tidak selalu diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai-nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari pengujian *Marshall* yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Berdasarkan perhitungan secara grafis, nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai 5.6.



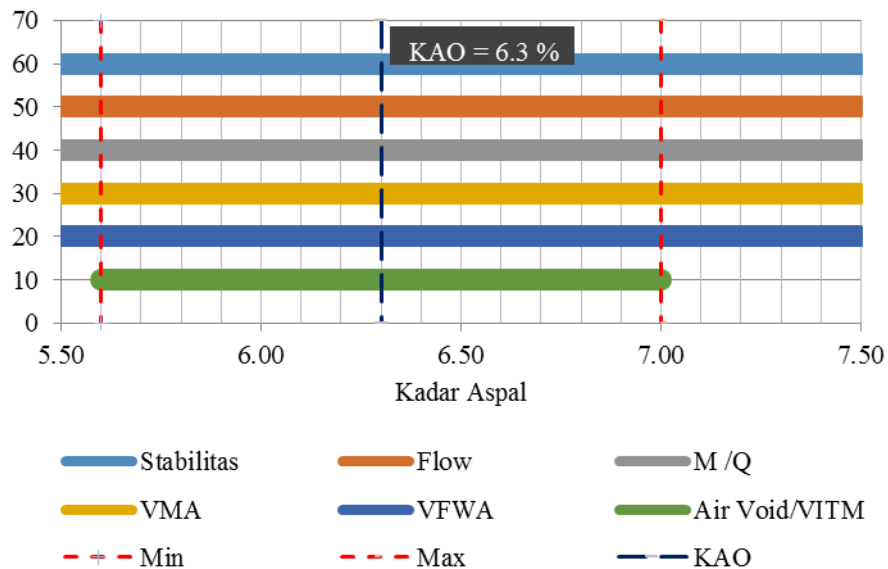
Gambar 5.1 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%

Pada Gambar 5.1 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Pen 60/70 *filler* 0% abu ampas tebu dan 100% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,025%.



Gambar 5.2 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%

Pada Gambar 5.2 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Starbit E-55 *filler* 0% abu ampas tebu dan 100% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,1%.



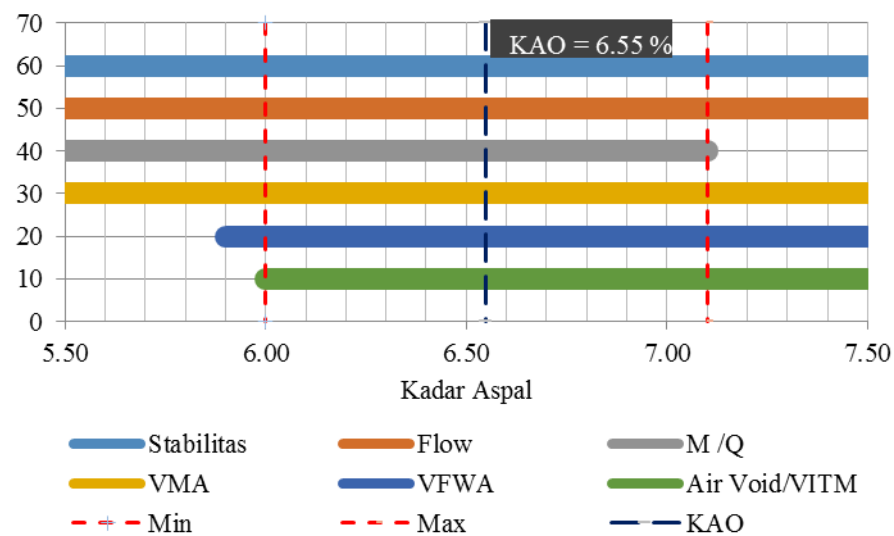
Gambar 5.3 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%

Pada Gambar 5.3 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Pen 60/70 *filler* 50% abu ampas tebu dan 50% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,3%.



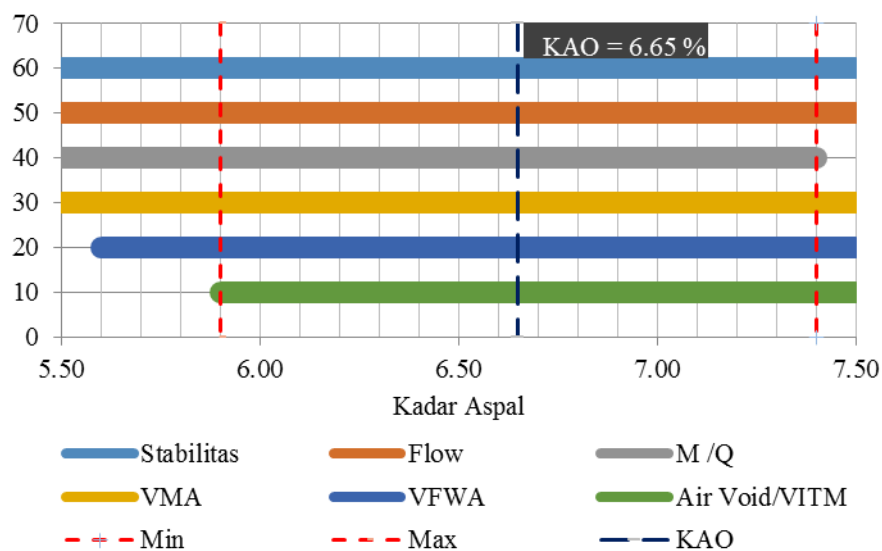
Gambar 5.4 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%

Pada Gambar 5.4 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Starbit E-55 *filler* 50% abu ampas tebu dan 50% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,35%.



Gambar 5.5 Kadar Aspal Optimum Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%

Pada Gambar 5.5 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Pen 60/70 *filler* 100% abu ampas tebu dan 0% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,55%.



Gambar 5.6 Kadar Aspal Optimum Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%

Pada Gambar 5.6 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi jenis campuran aspal Starbit E-55 *filler* 100% abu ampas tebu dan 0% abu batu didapat nilai KAO sebesar 6,65%.

Tabel hasil rekapitulasi kadar aspal optimum pada setiap jenis campuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Hasil Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum

Jenis Campuran	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
Pen 60/70 <i>Filler</i> AAT 0%	5,50	6,55	6,025
Starbit E-55 <i>Filler</i> AAT 0%	5,90	6,30	6,10
Pen 60/70 <i>Filler</i> AAT 50%	5,60	7,00	6,30
Starbit E-55 <i>Filler</i> AAT 50%	5,60	7,10	6,35
Pen 60/70 <i>Filler</i> AAT 100%	6,00	7,10	6,55
Starbit E-55 <i>Filler</i> AAT 100%	5,90	7,40	6,65

Berdasarkan Tabel 5.14 diatas, dapat dilihat bahwa bahwa semakin besar persentase *filler* abu ampas tebu dalam campuran HRA antara kedua aspal menghasilkan kadar aspal optimum yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena berat jenis *filler* abu ampas tebu lebih kecil dari pada berat jenis *filler* abu batu. Berat jenis *filler* abu ampas tebu adalah 2,03 lebih kecil dari pada berat jenis *filler* abu batu sebesar 2,63 sehingga pada berat yang sama *filler* abu ampas tebu mempunyai volume yang lebih besar dibandingkan *filler* abu batu. Kadar aspal optimum pada campuran HRA antara variasi *filler* abu ampas tebu yang menggunakan bahan ikat aspal Starbit E-55 lebih tinggi dari pada campuran yang berbahan ikat aspal Pen 60/70. Hal ini disebabkan karena Starbit E-55 memiliki viskositas atau kekentalan yang lebih tinggi dari pada aspal Pen 60/70, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya pengaliran aspal (*drain down*) serta meningkatkan durabilitas campuran.

1.1.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal Optimum

Adapun kebutuhan agregat pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada Tabel 5.15 sampai Tabel 5.20.

Tabel 5.15 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 0% AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,025 %

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,58	84,58
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	197,35	281,93
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	101,49	383,42
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	349,59	733,01
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	140,96	874
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	140,96	1014,93
Pan		0	0	0	100	112,77	1127,7
						1127,7	Jumlah

**Tabel 5.16 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 0% AAT
dengan Kadar Aspal Optimum 6,10 %**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,51	84,51
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	197,2	281,7
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	101,41	383,11
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	349,31	732,42
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	141,55	873,97
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	140,15	1014,12
Pan		0	0	0	100	112,68	1126,8
						1126,8	Jumlah

**Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 50 % AAT
dengan Kadar Aspal Optimum 6,30 %**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,33	84,33
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	196,77	281,10
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	101,20	382,30
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	348,56	730,86
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	140,55	871,41
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	140,55	1011,96
Pan		0	0	0	100	112,44	1124,4
						1124,4	Jumlah

**Tabel 5.18 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 50 % AAT
dengan Kadar Aspal Optimum 6,35 %**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,29	84,29
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	196,67	280,95
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	101,14	382,09
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	348,38	730,47
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	140,48	870,95
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	140,48	1011,42
Pan		0	0	0	100	112,38	1123,8
						1123,8	Jumlah

**Tabel 5.19 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Pen 60/70 Filler 100 % AAT
dengan Kadar Aspal Optimum 6,55 %**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,11	84,11
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	196,25	280,35
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	100,93	381,28
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	347,63	728,91
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	145,06	874
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	135,29	1009,26
Pan		0	0	0	100	112,14	1121,4
						1121,4	Jumlah

**Tabel 5.20 Jumlah Agregat pada Kadar Aspal Starbit E-55 Filler 100 %
AAT dengan Kadar Aspal Optimum 6,65 %**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	20 mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	14 mm	85	100	92,5	7,5	84,02	84,02
3/8 "	10 mm	60	90	75	25	196,34	280,35
No. 8	2,36 mm	60	72	66	34	100,52	380,35
No. 30	0,600 mm	25	45	35	65	347,26	728,13
No. 70	0,212 mm	15	30	22,5	77,5	140,03	868
No. 200	0,075 mm	8	12	10	90	140,03	1008,18
Pan		0	0	0	100	112,02	1120,2
						1120,2	Jumlah

1.1.6 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran *HRA* pada Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Jalan Raya UII didapatkan hasil perhitungan rekapitulasi pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Rekapitulasi pada Kadar Aspal Optimum

Pengujian	Aspal					
	Pen 60/70			Starbit E-55		
	Variasi Kadar Filler AAT (%)			Variasi Kadar Filler AAT (%)		
	0	50	100	0	50	100
Stabilitas (Kg)	2082.63	1572.80	1389.02	2166.76	1723.44	1485.86
<i>Flow</i> (mm)	3.35	3.47	4.17	3.22	3.33	3.67
MQ (kg/mm)	622.81	453.29	333.90	672.92	515.76	405.94
VITM (%)	5.71	4.96	4.59	5.33	4.90	4.48
VFWA (%)	69.14	73.00	74.91	73.74	74.86	76.96
VMA (%)	18.48	18.37	18.27	19.71	19.45	19.42
<i>Density</i> (gt/mm)	2.31	2.32	2.28	2.28	2.29	2.25
<i>Immersion</i> (%)	92.01	87.71	81.46	95.20	88.47	85.02
<i>ITS</i> (kg/cm ²)	38.53	28.25	25.0	40.75	31.46	25.85

5.2 Pembahasan

5.2.1 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik aspal. Pada pengujian karakteristik aspal, pengujian yang dilakukan adalah berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam *TCE*, dan titik lembek.

1. Berat Jenis Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan *vicnometer*. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil analisis pengujian aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55, diperoleh nilai berat jenis aspal menunjukkan nilai berturut-turut sebesar 1,09 gr/cc dan 1,00 gr/cc. Hasil ini menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 memiliki berat jenis yang lebih tinggi dari berat jenis aspal Starbit E-55 dan tetap memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal dengan beban dan waktu pada suhu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal Pertamina Pen 60/70 menunjukkan nilai sebesar 61,7 mm, sehingga telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu antara 60-70 mm. Sedangkan pengujian pada aspal Starbit E-55 didapatkan nilai 53,4 mm, sehingga telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimal 40 mm. Hasil nilai penetrasi tersebut menunjukkan bahwa aspal Starbit E-55 lebih keras dari pada aspal Pen 60/70.

3. Daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butir-butir agregat lebih baik dan peka terhadap perubahan temperatur. Hasil pengujian daktilitas menunjukkan nilai sebesar 164 cm pada aspal Pen 60/70 maupun Starbit

E-55. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu > 100 cm.

4. Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan dalam *TCE* bertujuan untuk mengetahui kelarutan aspal dalam *Tetra Choro Ephilen (TCE)* sehingga dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Semakin besar persentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelarutan dalam *TCE* menunjukkan nilai sebesar 99,27 % pada jenis aspal Pen 60/70 dan 99,22 % pada jenis aspal Starbit E-55.

5. Titik Lembek

Hasil pengujian titik leleh menunjukkan nilai sebesar $48,1^{\circ}\text{C}$ pada aspal Pen 60/70 dan $55,5^{\circ}\text{C}$ pada aspal Starbit E-55. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $\geq 48^{\circ}$. Dari hasil tersebut diketahui bahwa nilai titik leleh aspal Pen 60/70 lebih kecil daripada nilai titik leleh Starbit E-55, sehingga dapat dikatakan bahwa aspal Pen 60/70 lebih peka terhadap perubahan suhu.

6. Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan mengetahui batas temperatur dimana aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala menunjukkan nilai sebesar 312°C pada aspal Pen 60/70 dan 325°C pada aspal Starbit E-55. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 232^{\circ}\text{C}$.

7. Viskositas

Jenis aspal mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap campuran aspal. Pada dasarnya aspal pen 60/70 sangat terpengaruh oleh perbedaan temperatur, oleh karena itu dilakukan pengujian viskositas untuk mengetahui suhu pencampuran dan pemadatan pada aspal tersebut menggunakan alat *saybolt furol*. Dalam standarisasi SNI 7729:2011 tentang peraturan temperatur aspal ini di bagi menjadi 2 yaitu temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan, oleh karena itu diberi standar dalam satuan *centistokes (Cst)* yaitu $170 \text{ Cst} \pm 20 \text{ Cst}$ untuk temperatur pencampuran dan $280 \text{ Cst} \pm 20 \text{ Cst}$ untuk temperatur pemadatan.

Adapun hasil pengujian viskositas aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 disajikan pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23.

Tabel 5.22 Viskositas Aspal Pen 60/70

Suhu (°C)	Detik	Viskositas (Cst)	Suhu Pemasatan (°C)	Suhu Pencampuran (°C)
140	389	818,00	157,2	163,3
150	193	407,50		
160	106	222,85		

Tabel 5.23 Viskositas Aspal Starbit E-55

Suhu (°C)	Detik	Viskositas (Cst)	Suhu Pemasatan (°C)	Suhu Pencampuran (°C)
140	390	820,00	157	163
150	195	411,67		
160	102	215,46		

Hasil pengujian aspal Pen 60/70 yang berasal dari Laboratorium Jalan Raya FTSP, dan aspal Starbit E-55 dari PT. Bintang Djaja, Cilacap telah memenuhi persyaratan sehingga layak digunakan sebagai bahan pengujian.

5.2.2 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar ini bertujuan untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat kasar Clereng, Kulonprogo.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada temperatur tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu pula sebaliknya.

hasil pengujian berat jenis agregat kasar Clereng sebesar 2,63. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar akan lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Hasil pengujian penyerapan agregat kasar Clereng terhadap air sebesar 1,54 %. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah prosentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan. Hasil pengujian kelekatan agregat Clereng terhadap aspal Pen 60/70 sebesar 99% sedangkan pada aspal Starbit E-55 didapatkan nilai sebesar 98%. Hasil ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar $> 95\%$. Dari hasil nilai kelekatan agregat terhadap kedua jenis aspal, dapat dikatakan bahwa aspal Pen 60/70 memiliki adhesi yang lebih baik dari aspal Starbit E-55.

4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 terhadap berat semula. Hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* pada campuran agregat kasar Clereng didapat nilai sebesar 21,32%. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 40\%$.

Hasil pengujian agregat kasar Clereng memenuhi spesifikasi sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

5.2.3 Tinjauan Terhadap Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mencari sifat fisik dan karakteristik agregat halus Clereng, Kulonprogo.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Material dengan berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori yang lebih besar sehingga membutuhkan aspal yang lebih banyak dan begitu pula sebaliknya. Pengujian berat jenis agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 2,69. Nilai berat jenis dari agregat halus diatas memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Agregat yang mempunyai kadar pori yang besar lebih banyak membutuhkan aspal karena nilai penyerapannya semakin besar. Pada pengujian penyerapan agregat halus Clereng terhadap air sebesar 1,19%. Nilai penyerapan agregat halus memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Pada pengujian *sand equivalent* dengan campuran agregat halus Clereng didapatkan hasil sebesar 87,31%. Nilai *sand equivalent* pada agregat halus Clereng memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 50\%$.

Hasil pengujian agregat halus sudah memenuhi spesifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan uji penelitian.

5.2.4 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Filler*

1. Berat Jenis *Filler* Abu Batu

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air pada volume yang sama dengan temperatur tertentu. Hasil pengujian berat jenis *filler* abu batu yang berasal dari daerah Clereng, Kulonprogo menunjukkan nilai sebesar 2,63. Hasil ini akan berpengaruh terhadap kadar aspal optimum campuran aspal beton dan juga hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

2. Berat Jenis *Filler* Abu Ampas Tebu

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air pada volume yang sama dengan temperatur tertentu. Hasil pengujian berat jenis abu ampas tebu yang berasal dari PG. Madukismo menunjukkan nilai sebesar 2,03. Hasil ini akan berpengaruh terhadap kadar aspal optimum campuran aspal beton dan juga hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

5.2.5 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Marshall* untuk Mencari KAO

Karakteristik *Marshall* merupakan parameter yang penting yang sering digunakan pada pengujian campuran aspal. Adapun nilai-nilai yang dapat ditinjau dari hasil pengujian *Marshall* yaitu.

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut mampu menahan beban lalu lintas yang besar. Pada pengujian *Marshall* di laboratorium, stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci batuan (*internal friction*) dan kelekatan (*cohesion*). *Internal friction* tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan kadar aspal.

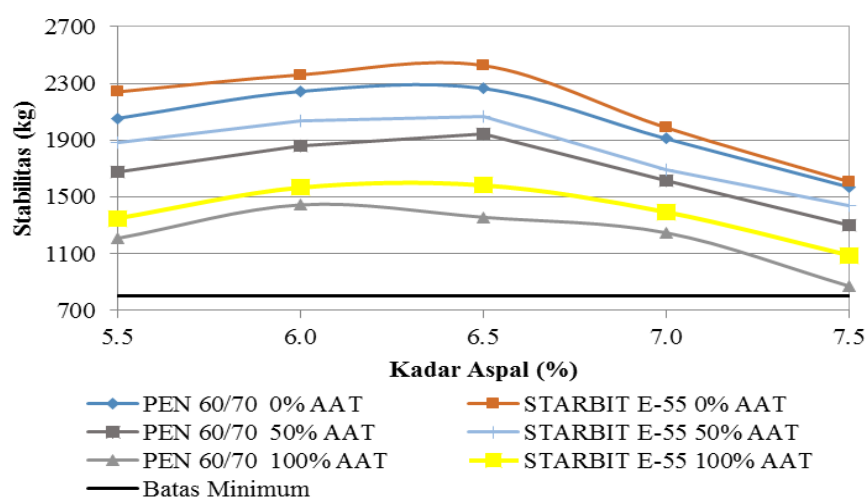
Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas ditunjukkan oleh peningkatan stabilitas seiring dengan bertambahnya kadar aspal, hingga stabilitas mencapai batas maksimum selanjutnya penambahan kadar aspal akan menyebabkan turunnya nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena aspal yang pada awalnya berfungsi sebagai pengikat antar agregat berubah menjadi pelicin seiring dengan bertambahnya kadar aspal, sehingga menurunkan gaya saling mengunci antar agregat pada campuran.

Stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas, sedangkan stabilitas yang rendah mengakibatkan perkerasan cenderung lebih fleksibel sehingga mudah mengalami *rutting*.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik stabilitas seperti ditunjukkan pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.7 berikut ini.

Tabel 5.24 Nilai Stabilitas Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	Stabilitas (Kg)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	2054.818	2239.050	1674.525	1879.169	1207.646	1348.413
6.0	2244.636	2358.984	1863.711	2033.687	1444.158	1566.618
6.5	2265.018	2424.241	1946.153	2068.868	1356.338	1583.545
7.0	1911.077	1986.633	1615.264	1688.159	1246.279	1394.066
7.5	1568.821	1606.600	1299.903	1439.665	869.388	1087.040



Gambar 5.7 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.7 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran HRA semakin meningkat sampai pada nilai tertentu selanjutnya nilai semakin menurun seiring dengan penambahan kadar aspal setelah melalui kadar optimumnya. Menurunnya nilai stabilitas dapat disebabkan karena bertambahnya kadar aspal akan menyebabkan bertambah tebalnya selimut aspal, sehingga apabila telah mencapai kondisi optimum, gesekan internal antar butiran agregat akan berkurang.

Dari grafik di atas terlihat bahwa nilai stabilitas pada campuran Starbit E-55 cenderung lebih tinggi dari campuran Pen 60/70 karena bila dilihat dari nilai penetrasi kedua aspal, Starbit E-55 memiliki penetrasi yang lebih rendah dari pada Pen 60/70 sehingga dapat memberikan nilai stabilitas yang lebih baik. Aspal dengan nilai penetrasi yang lebih rendah akan bersifat lebih getas atau kaku dari pada aspal yang bernilai penetrasi tinggi.

Nilai stabilitas campuran HRA yang menggunakan *filler* abu ampas tebu lebih kecil dibanding dengan campuran HRA yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan perbedaan berat jenis *filler* abu batu dengan *filler* abu ampas tebu. Pada berat yang sama, campuran yang menggunakan *filler* abu ampas tebu mempunyai volume lebih besar sehingga mengakibatkan luas permukaan butiran agregat dalam campuran semakin besar dan konsekuensinya kebutuhan aspal untuk mengikat butiran antar agregat juga semakin besar.

Keseluruhan nilai stabilitas campuran HRA dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 maupun dengan aspal Starbit E-55 telah memenuhi spesifikasi minimal Bina Marga 2010 yaitu > 800 kg.

2. *Flow*

Kelelahan (*Flow*) merupakan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kelelahan suatu campuran menunjukkan tingkat kelenturan lapis perkerasan, tingkat kelelahan tersebut lebih banyak ditentukan oleh aspalnya,

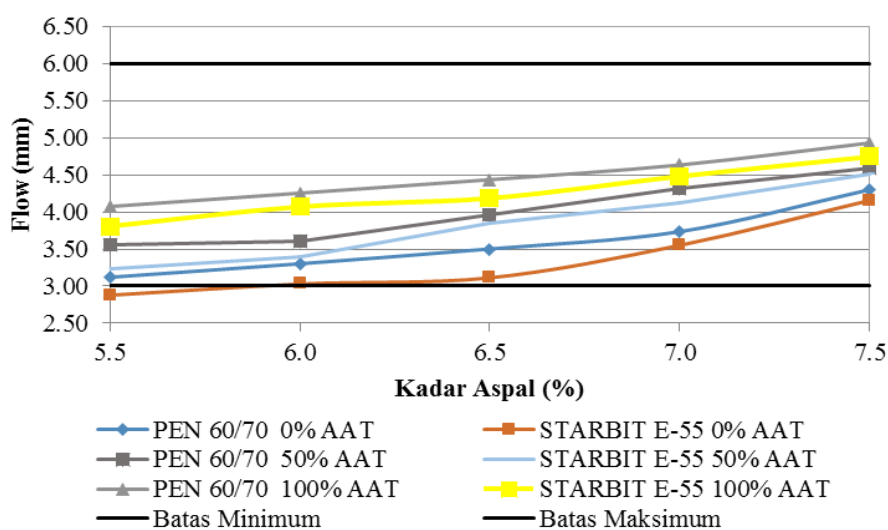
terutama sifat daktilitas. Aspal yang memiliki sifat daktilitas yang rendah dalam suatu campuran akan menghasilkan lapis perkerasan yang *fleksibilitas*-nya rendah.

Campuran yang memiliki *flow* rendah dengan nilai stabilitas tinggi lapisan perkerasan cenderung kaku sehingga mudah mengalami retak apabila menerima beban yang melebihi daya dukungnya, sebaliknya jika nilai *flow* tinggi dan nilai stabilitas rendah perkerasan yang dihasilkan cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas. Nilai *flow* menurut Bina Marga (2010), untuk beton aspal dengan lalu lintas yang tinggi adalah >3 mm.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *flow* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.8 berikut ini.

Tabel 5.25 Nilai *Flow* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	Flow (mm)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	3.12	2.88	3.55	3.23	4.07	3.80
6.0	3.30	3.03	3.60	3.40	4.25	4.07
6.5	3.50	3.12	3.97	3.85	4.43	4.18
7.0	3.73	3.55	4.32	4.12	4.63	4.48
7.5	4.30	4.15	4.58	4.52	4.93	4.75



Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.8 secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal, nilai *flow* mengalami peningkatan. Hasil nilai *flow* campuran *HRA* dengan aspal Pen 60/70 selalu lebih tinggi disetiap kadar *filler* dibanding dengan aspal Starbit E-55. Hal tersebut dikarenakan nilai titik lembek aspal Pen 60/70 lebih kecil dari pada aspal Starbit E-55, sehingga aspal Pen 60/70 lebih peka terhadap suhu. Selain itu, nilai viskositas aspal Pen 60/70 lebih tinggi dibanding aspal Starbit E-55, dengan arti lain, aspal Pen 60/70 lebih encer dibanding aspal Starbit E-55 sehingga kemudahan aspal dalam mengalir pada rongga campuran lebih mudah.

Semakin besar presentase *filler* abu ampas tebu yang digunakan pada campuran *HRA* yang menggunakan aspal Pen 60/70 dan starbit E-55 maka nilai *flow* pada campuran semakin tinggi. Hal ini disebabkan bahwa pada campuran yang menggunakan *filler* abu ampas tebu lebih tinggi volume butiran semakin besar, sehingga semakin banyak butiran *filler* yang dapat mengisi celah diantara agregat, sehingga campuran menjadi cenderung bersifat plastis cenderung bersifat plastis menerima beban.

Dari hasil pengujian di laboratorium didapat nilai *Flow* terendah pada kadar aspal 5,5 % *filler* abu ampas tebu 0% pada kedua jenis aspal masing-masing 3,12 mm dan 2,88 mm, sedangkan paling tinggi pada variasi 7,5 % *filler* abu ampas tebu 100% dengan nilai *Flow* aspal Pen 60/70 sebesar 4,93 mm dan aspal Starbit E-55 4,75 mm.

3. *Marshall Quotient*

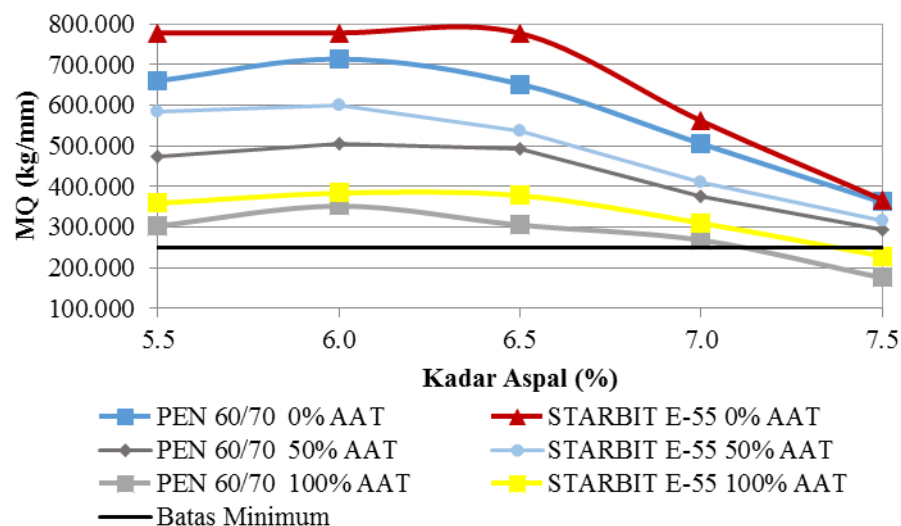
Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan (*Flow*). Nilai *Marshall Quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Stabilitas yang tinggi disertai nilai *Flow* yang rendah menyebabkan perkerasan menjadi kaku. Sebaliknya stabilitas yang rendah dan *Flow* yang tinggi menunjukkan campuran lebih bersifat plastis dan apabila menerima beban lalu lintas, maka perkerasan akan mengalami deformasi permanen.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *Marshall Quotient* adalah stabilitas dan *Flow*. Hal ini berarti bahwa nilai *Marshall Quotient* juga tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas dan *Flow*, seperti bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya lekat, kadar aspal, viskositas aspal, jumlah dan temperature pemadatan.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.26 dan Gambar 5.9 berikut ini.

Tabel 5.26 Nilai *Marshall Quotient* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	Marshall Quotient (kg/mm)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	659.123	777.575	473.477	583.560	303.925	359.752
6.0	712.160	777.426	505.572	598.443	352.558	385.047
6.5	650.735	776.435	491.943	537.487	305.850	378.918
7.0	504.905	560.450	375.446	410.740	268.750	310.432
7.5	361.766	366.197	293.597	314.535	175.939	228.658



Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Marshall Quotient*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan karena pada campuran HRA kadar aspal semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh nilai stabilitas. Aspal Starbit E-55 memiliki kurva yang selalu diatas pada semua variasi kadar aspal optimum dari pada kurva aspal Pen 60/70. Hal ini dikarenakan hasil nilai stabilitas aspal Starbit E-55 lebih tinggi dari aspal Pen 60/70, sehingga campuran HRA dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 dalam hal ini memiliki fleksibilitas lebih baik dari campuran HRA dengan bahan ikat aspal Pen 60/70.

Pada campuran HRA dengan kadar *filler* abu ampas tebu mempunyai nilai *Marshall Quotient* lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan nilai stabilitas campuran HRA dengan *filler* pengganti abu ampas tebu memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah dan nilai *flow*-nya lebih tinggi, hal ini menunjukkan bahwa campuran menggunakan *filler* abu ampas tebu cenderung plastis menerima beban.

Dari hasil pengujian di laboratorium didapat nilai *Marshall Quotient* terendah pada kadar aspal 7,5 % *filler* abu ampas tebu 100% pada kedua jenis aspal masing-masing 175, 93 kg/mm dan 228.65 kg/mm, sedangkan paling tinggi pada variasi 6,0 % *filler* abu ampas tebu 0% aspal Pen 60/70 dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 712.16 kg/mm dan pada variasi 5,5 % *filler* abu ampas tebu 0% aspal Starbit E-55 dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 777.57 kg/mm.

4. *VITM (Void in the Total Mix)*

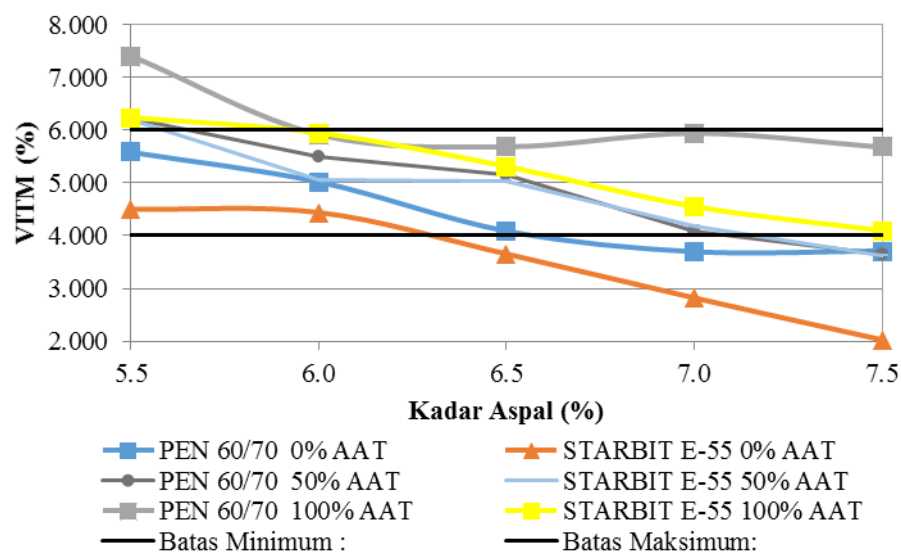
VITM menunjukkan banyaknya rongga dalam campuran, yang dinyatakan dalam persentase terhadap total volume campuran agregat dan aspal. Persentase rongga yang disyaratkan Bina Marga 2010 untuk campuran beton aspal adala 4% - 6%. Beton aspal yang mempunyai nilai $VITM \leq 4\%$ akan memperbesar kemungkinan terjadinya *bleeding*. Akibat tingginya temperature, aspal dalam campuran akan mencair sehingga ketika perkerasan menerima beban, aspal akan mengalir di antara rongga agregat. Sebaliknya jika nilai $VITM \geq 6\%$

menunjukkan rongga yang terdapat didalam campuran besar, sehingga campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara dan air, sehingga aspal mudah teroksidasi yang mengakibatkan melemahnya ikatan aspal terhadap agregat yang selanjutnya aspal tidak mampu untuk mengikat agregat.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VITM* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.27 dan Gambar 5.10 berikut ini.

Tabel 5.27 Nilai *VITM* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	VITM (%)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	5.582	4.491	6.216	6.209	7.403	6.226
6.0	5.016	4.430	5.493	5.060	5.921	5.940
6.5	4.080	3.645	5.148	5.033	5.690	5.303
7.0	3.686	2.818	4.075	4.184	5.945	4.546
7.5	3.702	2.026	3.638	3.620	5.684	4.090



Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VITM*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal, maka nilai *VITM* pada campuran HRA dengan bahan

aspal Pen 60/70 maupun Starbit E-55 mengalami penurunan. Hal ini disebabkan rongga udara yang terisi aspal semakin besar dan memperkecil volume rongga udara, berarti campuran tersebut semakin rapat. Nilai VITM pada campuran yang menggunakan aspal Starbit E-55 sedikit lebih rendah dari pada campuran beraspal Pen 60/70, karena sifatnya yang kurang sensitif terhadap temperatur sehingga memerlukan suhu yang lebih tinggi dalam usaha pemadatan.

Secara umum pada kadar aspal yang sama, campuran HRA yang menggunakan *filler* abu ampas tebu mempunyai nilai VITM yang lebih besar dibandingkan campuran HRA yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan berat jenis *filler* abu ampas tebu lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran *filler* abu ampas tebu memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya rongga udara yang terbentuk dalam campuran karena aspal lebih banyak terserap oleh *filler* abu ampas tebu sehingga meningkatkan nilai VITM.

Hasil uji *VITM* pada berbagai variasi kadar aspal optimum tidak semuanya masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu diantara 4-6 %. Pada aspal Pen 60/70, variasi kadar aspal mulai memenuhi spesifikasi pada kadar aspal 6,0 % *filler* abu ampas tebu 100% dengan nilai *VITM* 5,92 % sedangkan pada campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 mulai memenuhi spesifikasi pada kadar aspal yang sama dengan nilai *VITM* yang lebih besar yaitu 5,94 %.

5. *VFWA (Void Filled With Asphalt)*

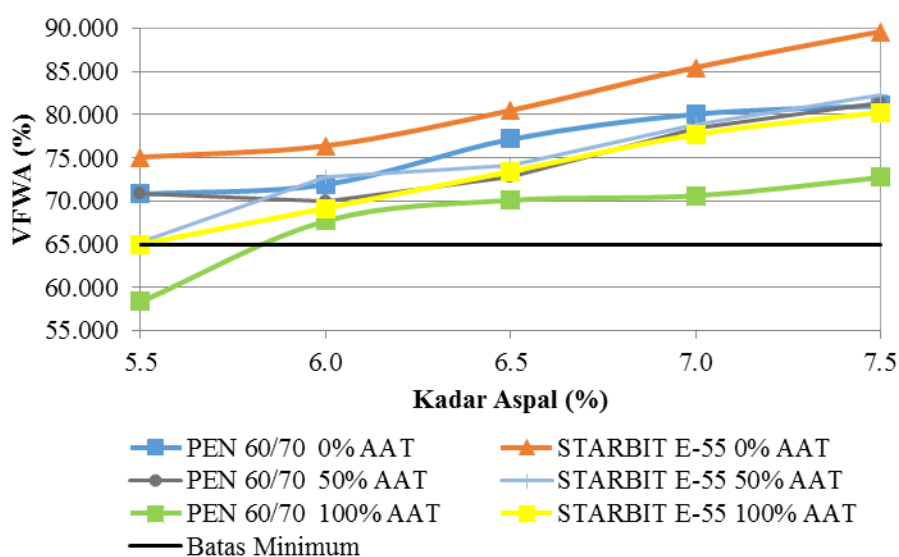
Nilai *VFWA* menunjukkan banyaknya persen rongga yang ada dalam campuran terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFWA* berpengaruh pada kedekatan campuran terhadap keawetan suatu perkerasan. Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai *VFWA* adalah gradasi agregat, kadar aspal, jumlah dan temperature pemadatan. Menurut Bina Marga 2010 nilai *VFWA* yang disyaratkan yaitu > 65%. Nilai *VFWA* yang besar menunjukkan semakin banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai *VFWA* yang terlalu tinggi akan berpotensi terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan. Nilai *VFWA* yang terlalu kecil akan

menyebabkan lapisan kurang kedap terhadap air dan udara, karena banyak rongga yang kosong. Hal ini akan memudahkan air dan udara yang akan melarutkan bagian aspal yang teroksidasi tersebut, sehingga keawetan campuran berkurang.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *VFWA* seperti ditunjukkan pada Tabel 5.28 dan Gambar 5.11 berikut ini.

Tabel 5.28 Nilai *VFWA* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	VFWA (%)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	70.848	75.087	70.899	65.305	58.353	64.969
6.0	71.975	76.394	70.057	72.754	67.724	69.133
6.5	77.206	80.468	72.774	74.206	70.126	73.372
7.0	80.115	85.436	78.469	78.870	70.648	77.661
7.5	81.089	89.584	81.354	82.289	72.755	80.216



Gambar 5.11 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VFWA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 dapat dilihat bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai *VFWA* semakin meningkat, campuran beraspal Starbit E-55 memiliki *VFWA* yang lebih tinggi dari pada campuran yang beraspal Pertamina Pen 60/70 karena sifat aspal Starbit E-55 yang lebih

kental, maka suhu pematatannya akan lebih tinggi dari pada campuran aspal Pertamina Pen 60/70 sehingga dalam temperatur yang tinggi aspal Starbit E-55 akan menjadi cair dan mudah mengisi rongga-rongga dalam campuran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kadar aspal yang sama, campuran HRA yang menggunakan *filler* abu ampas tebu nilai *VFWA* yang lebih kecil dibandingkan campuran HRA dengan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan berat jenis *filler* abu ampas tebu lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran *filler* abu ampas tebu mempunyai volume yang lebih besar. Hal ini menyebabkan berkurangnya rongga yang terbentuk dalam campuran, sehingga pada kadar aspal yang sama persen rongga dalam campuran yang terisi aspal menjadi lebih kecil.

Tidak semua nilai *VFWA* pada kedua jenis aspal memenuhi spesifikasi minimum Bina Marga 2010. Pada campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70, *VFWA* memenuhi spesifikasi pada kadar aspal variasi 6,0 % *filler* abu ampas tebu 100 % dengan nilai sebesar 67.72 %, sedangkan pada campuran dengan bahan ikat Starbit E-55, *VFWA* terpenuhi pada variasi kadar aspal yang sama dengan nilai yang lebih kecil yaitu 69,13 %.

6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

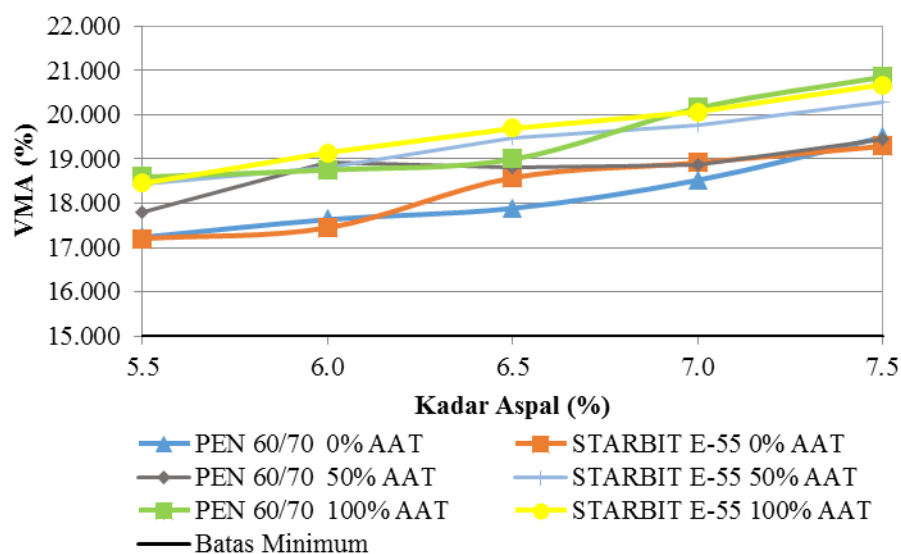
VMA yaitu persentase banyaknya pori antara butir-butir agregat dalam campuran, atau bisa dinyatakan sebagai persentase rongga yang tersedia untuk ditempati aspal dan udara. Nilai *VMA* akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal, dan semakin tinggi nilai *VMA* maka kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal. Namun nilai *VMA* yang tinggi akan menyebabkan campuran akan mudah mengalami bleeding, sebaliknya jika nilai *VMA* rendah maka lapisan kurang dapat mengikat aspal, sehingga lapisan akan mudah retak.

Nilai *VMA* dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai *VMA* maka kedap campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, karena semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *VMA* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.29 dan Gambar 5.12 berikut ini.

Tabel 5.29 Nilai *VMA* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Kadar Aspal %	VMA (%)					
	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	17.240	17.203	17.795	18.445	18.607	18.461
6.0	17.641	17.447	18.920	18.805	18.765	19.130
6.5	17.894	18.577	18.809	19.466	19.007	19.696
7.0	18.528	18.918	18.857	19.755	20.159	20.058
7.5	19.499	19.290	19.446	20.283	20.860	20.672



Gambar 5.12 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *VMA*

Berdasarkan Gambar 5.12 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* pada campuran dengan menggunakan kedua jenis aspal mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga campuran tersebut semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai *VMA* pada campuran beraspal Starbit E-55 cenderung lebih tinggi dari pada campuran beraspal Pen 60/70 dapat disebabkan karena pada kadar aspal yang

sama, Starbit E-55 bersifat lebih kental dari Pen 60/70 sehingga lebih sulit mengisi rongga antar butiran agregat. Hal ini mengakibatkan aspal yang menyelimuti agregat akan semakin kecil.

Pada campuran HRA dengan kadar aspal yang sama, campuran yang menggunakan kadar *filler* abu ampas tebu yang lebih banyak mempunyai nilai *VMA* yang lebih besar dibandingkan dengan campuran HRA yang menggunakan *filler* abu batu. Hal ini disebabkan oleh berat jenis *filler* abu ampas tebu yang lebih kecil sehingga mengakibatkan volume yang sedikit pada berat yang sama sehingga akan mengurangi rongga yang tersedia untuk ditempati oleh aspal dan udara. Keseluruhan nilai *VMA* campuran HRA dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 maupun dengan aspal Starbit E-55 telah memenuhi spesifikasi minimal Bina Marga 2010 yaitu $> 15 \%$.

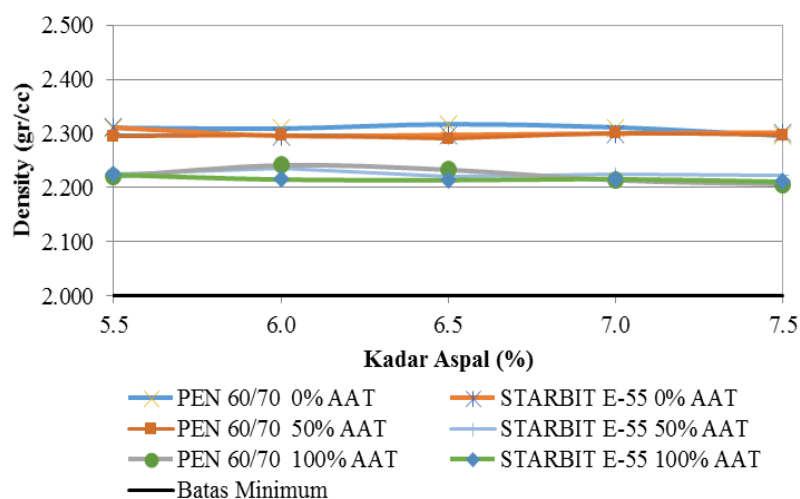
7. *Density* (Kepadatan)

Density yaitu kepadatan suatu campuran yang diukur setiap satuan volume. Semakin tinggi nilai *density* maka semakin kuat campuran dapat menahan beban, karena campuran semakin padat dan semakin rapat. Semakin meningkatnya kadar aspal maka campuran akan semakin rapat dan padat, karena semakin meningkatnya kadar aspal, maka semakin besar juga jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir. Nilai *density* dapat dipengaruhi oleh factor gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperature pemadatan, dan penggunaan kadar aspal dalam campuran.

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik nilai *density* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.30 dan Gambar 5.13 berikut ini.

Tabel 5.30 Nilai *Density* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Campuran AAT

Density (gr/cc)						
Kadar Aspal %	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55	PEN 60/70	STARBIT E-55
	0% AAT	0% AAT	50% AAT	50% AAT	100% AAT	100% AAT
5.5	2.310	2.311	2.295	2.2248	2.220	2.224
6.0	2.309	2.296	2.297	2.2359	2.242	2.215
6.5	2.317	2.297	2.291	2.2205	2.233	2.214
7.0	2.311	2.300	2.302	2.2244	2.213	2.216
7.5	2.296	2.302	2.297	2.2217	2.206	2.211



Gambar 5.13 Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 dapat dilihat bahwa nilai *density* pada campuran HRA mempunyai grafik yang identik seiring dengan penambahan kadar aspal. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir sama besarnya, sehingga campuran menjadi sama rapat dan padat.

Penggantian *filler* abu ampas tebu kedalam campuran HRA menghasilkan nilai *density* yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh berat jenis dari *filler* abu ampas tebu yang lebih kecil dibanding *filler* abu batu, sehingga pada berat yang sama campuran dengan *filler* abu ampas tebu memiliki volume yang lebih besar dan menyebabkan rongga terisi aspal dalam campuran berkurang dan membuat campuran memiliki nilai *density* yang lebih kecil.

Dalam spesifikasi teknik campuran beton aspal tidak ada persyaratan khusus dari Bina Marga mengenai nilai *density*. Nilai *density* digunakan untuk persyaratan teknis lapangan, yaitu kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 96% kepadatan laboratorium.

5.2.6 Tinjauan Karakteristik *Marshall* Campuran *HRA* pada KAO dengan menggunakan AAT Sebagai Substitusi *Filler*

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa berat jenis *filler* abu ampas tebu memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan *filler* abu batu, penyerapan *filler* abu ampas tebu lebih besar dari pada *filler* Clereng perbedaan sifat bahan tersebut juga akan berpengaruh terhadap campuran *HRA*.

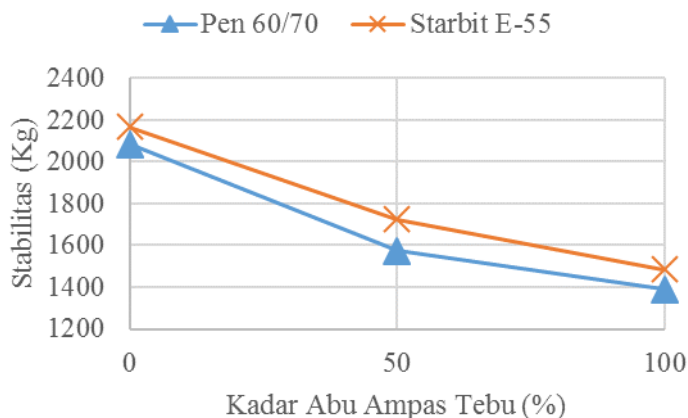
Hasil penelitian penggantian *filler* abu batu dengan *filler* abu ampas tebu yang digunakan pada campuran *HRA* terlihat bahwa mengalami perubahan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada pembahasan berikut ini.

1. Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai stabilitas pada campuran *HRA* aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.31 dan Gambar 5.14.

Tabel 5.31 Hasil Stabilitas Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	Stabilitas (kg)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	2082.63	2166.76
50	1572.80	1723.44
100	1389.02	1485.86



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

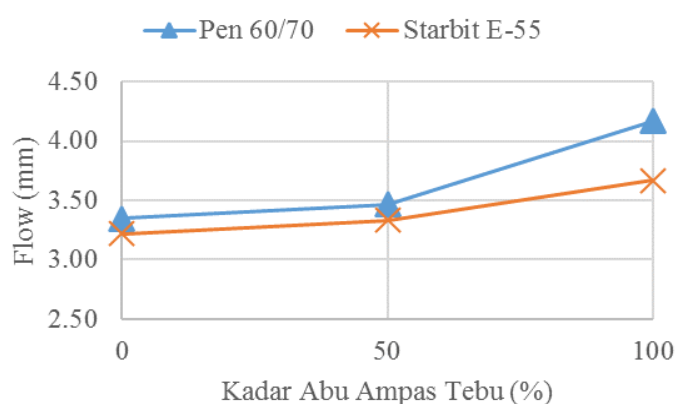
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 di atas dapat dilihat adanya penurunan secara signifikan nilai stabilitas campuran HRA baik yang menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70 maupun Starbit E-55 terhadap penggantian *filler* abu ampas tebu dari *filler* abu batu, sehingga kemampuan campuran menahan beban cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu perbedaan berat jenis *filler* abu ampas tebu dengan *filler* abu batu. Pada berat yang sama campuran yang menggunakan *filler* abu ampas tebu mempunyai volume yang lebih banyak, dengan mengganti *filler* abu ampas tebu dari *filler* abu batu maka semakin besar pula luasan butiran yang harus diselimuti oleh aspal, sehingga jumlah aspal yang menyelimuti dan mengikat butir agregat semakin menurun dan mengakibatkan penurunan nilai stabilitas. Nilai stabilitas yang lebih tinggi pada campuran beraspal Starbit E-55 dapat disebabkan karena sifatnya yang lebih kaku dan kurang peka terhadap temperatur, sehingga dapat memberikan stabilitas yang lebih baik dari pada aspal Pertamina Pen 60/70.

2. *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *flow* pada campuran HRA aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.32 dan Gambar 5.15.

Tabel 5.32 Hasil *Flow* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	Flow (mm)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	3.35	3.22
50	3.47	3.33
100	4.17	3.67



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Nilai *Flow* Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

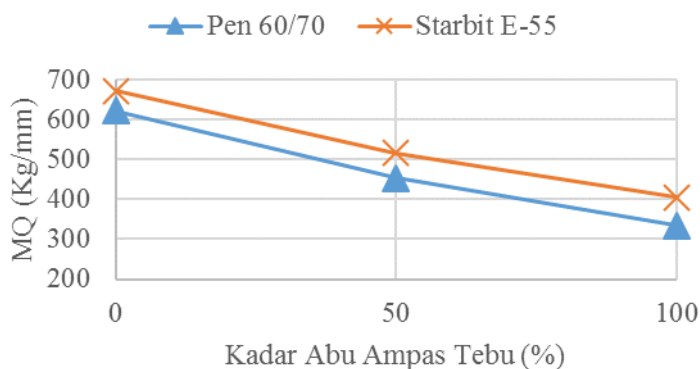
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.15 di atas dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin naik seiring dengan penggantian kadar *filler* abu ampas tebu terhadap *filler* abu batu dalam campuran HRA. Peningkatan pada nilai *flow* menunjukkan bahwa kelelahan campuran HRA cenderung semakin meningkat dan kelenturan campuran semakin baik. Hal ini disebabkan oleh pergantian *filler* abu ampas tebu maka nilai kadar aspal optimum semakin meningkat. Berat jenis pada *filler* abu ampas tebu yang lebih kecil dibandingkan dengan *filler* abu batu menyebabkan kebutuhan aspal semakin meningkat dan kadar aspal optimum juga semakin meningkat sehingga aspal yang mengisi rongga semakin besar.

3. *Marshall Quotient*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *Marshall Quotient* pada campuran HRA aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.33 dan Gambar 5.16.

Tabel 5.33 Hasil *Marshall Quotient* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	MQ (kg/mm)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	622.81	672.92
50	453.29	515.76
100	333.90	405.94



Gambar 5.16 Grafik Hubungan Nilai *MQ* Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

Berdasarkan Gambar 5.16 dapat dilihat bahwa nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan seiring dengan penggantian *filler* abu ampas tebu terhadap *filler* abu batu. *Marshall Quotient* diperoleh dari perbandingan nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai stabilitas yang semakin rendah (Gambar 5.14) dan nilai *flow* yang semakin tinggi (Gambar 5.15) menyebabkan penurunan pada nilai *Marshall Quotient*. Hal ini disebabkan nilai stabilitas campuran tersebut dengan *filler* pengganti abu ampas tebu memiliki nilai yang lebih rendah dan nilai *flow*

lebih tinggi, hal ini menunjukkan bahwa campuran menggunakan *filler* abu ampas tebu cenderung plastis ketika menerima beban dan cenderung mudah berubah bentuk saat terbebani oleh lalu lintas.

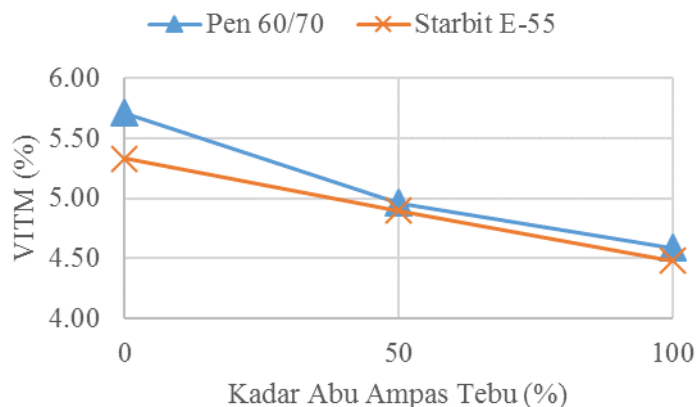
Nilai *Marshall Quotient*, tidak lepas dari parameter stabilitas dan *flow*. Dari hasil pada parameter stabilitas, campuran dengan bahan ikat Starbit E-55 memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibanding dengan aspal Pen 60/70. Sebaliknya pada parameter *flow*, campuran dengan bahan ikat Starbit E-55 lebih kecil dibanding dengan aspal Pen 60/70. Hal ini mengindikasikan bahwa campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 cenderung lebih kaku, sehingga lebih mudah terjadi *cracking*, sedangkan campuran *HRA* dengan bahan ikat Pen 60/70 cenderung lebih plastis sehingga lebih mudah terjadi *rutting*.

4. *VITM (Void in the Total Mix)*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *VITM* pada campuran *HRA* aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.34 dan Gambar 5.1.7

Tabel 5.34 Hasil *VITM* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	VITM (%)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	5.71	5.33
50	4.96	5.90
100	4.59	4.48



Gambar 5.17 Grafik Hubungan Nilai VITM Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.17 dapat dilihat semakin besar persentase penggantian *filler* abu ampas tebu terhadap *filler* abu ampas tebu dalam campuran HRA menghasilkan nilai VITM yang cenderung turun.

Campuran HRA dengan jenis aspal Pen 60/70 maupun jenis aspal Starbit E-55 yang menggunakan *filler* abu ampas tebu mempunyai nilai VITM yang cenderung lebih rendah dibandingkan campuran HRA yang menggunakan *filler* abu batu. Penurunan pada VITM ini menunjukkan rongga yang ada dalam campuran semakin kecil sehingga campuran tersebut menjadi lebih rapat. Hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu gradasi agregat, berat jenis *filler* abu ampas tebu dan kadar aspal optimum pada campuran. Gradasi campuran pada campuran HRA memiliki agregat halus yang lebih dominan, dengan menambahkan *filler* abu ampas tebu dalam campuran sebagai pengganti *filler* abu batu akan menurunkan rongga udara sehingga nilai VITM cenderung lebih kecil. Berat jenis *filler* abu ampas tebu lebih kecil, sehingga pada berat yang sama campuran *filler* abu ampas tebu memiliki volume yang lebih besar. Hal ini akan menyebabkan *filler* abu ampas tebu mengisi rongga udara yang terbentuk dalam campuran sehingga nilai VITM mengalami penurunan. Faktor lain yang berpengaruh semakin besar penggantian *filler* abu ampas tebu kedalam campuran menghasilkan kadar aspal

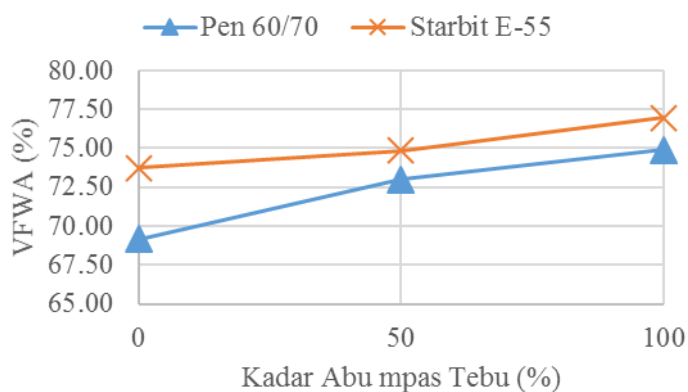
optimum yang semakin besar, sehingga aspal yang mengisi rongga menjadi bertambah dan menyebabkan nilai *VITM* menurun.

5. *VFWA* (Void Filled With Asphalt)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *VFWA* pada campuran HRA aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.35 dan Gambar 5.18.

Tabel 5.35 Hasil *VFWA* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	<i>VFWA</i> (%)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	69.14	73.74
50	73.00	74.86
100	74.91	76.96



Gambar 5.18 Grafik Hubungan Nilai *VFWA* Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 dapat dilihat hasil nilai *VFWA* dalam campuran HRA dengan jenis aspal Pen 60/70 maupun jenis aspal Starbit E-55 yang menggunakan *filler* abu ampas tebu menunjukkan perilaku yang cenderung meningkat. Hal ini disebabkan karena berat jenis *filler* abu ampas tebu yang lebih rendah dari pada *filler* abu batu, sehingga volume *filler* abu ampas tebu lebih

besar dari pada *filler* abu batu dan berakibat rongga yang berada didalam campuran terisi oleh *filler* abu ampas tebu dan mengakibatkan campuran tersebut menjadi lebih rapat.

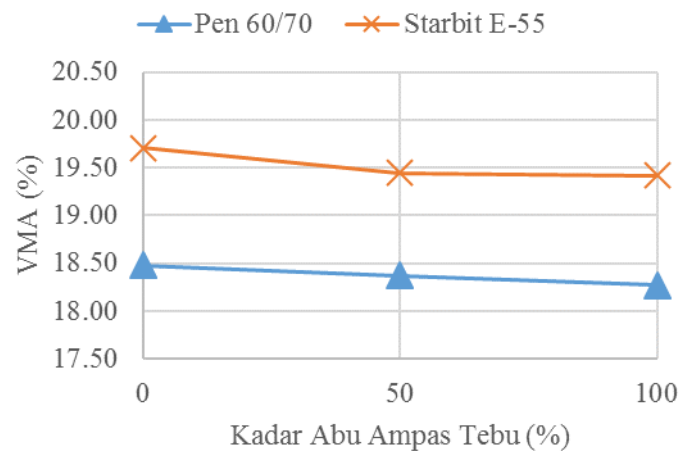
Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *VFWA* campuran aspal dengan bahan ikat Starbit E-55 nilainya selalu lebih tinggi dibanding dengan aspal Pen 60/70. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa rongga yang terisi oleh aspal pada campuran HRA dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 lebih banyak dibanding dengan aspal Pen 60/70. Hal ini disebabkan antara lain karena kadar aspal optimum campuran dengan aspal Starbit E-55 lebih tinggi dibanding aspal Pen 60/70. Selain itu, nilai *VFWA* pada campuran HRA dengan Starbit E-55 yang lebih tinggi dibanding dengan aspal Pen 60/70 cenderung lebih mudah mengeluarnya aspal muncul ke permukaan pada suhu tertentu sehingga lebih mudah terjadi *bleeding*. Sebaliknya, nilai *VFWA* yang lebih kecil pada campuran HRA dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 cenderung memiliki rongga yang besar sehingga campuran tidak kedap air, yang berakibat pada menurunnya durabilitas campuran.

6. *VMA (Void in Mineral Agregate)*

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *VMA* pada campuran HRA aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.36 dan Gambar 5.19.

Tabel 5.36 Hasil *VMA* Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar *Filler* AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	VMA (%)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	18.48	19.71
50	18.37	19.45
100	18.27	19.42



Gambar 5.19 Grafik Hubungan Nilai VMA Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

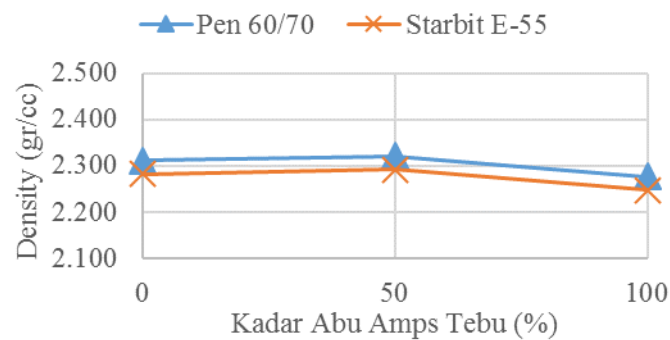
Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 dapat dilihat hasil nilai *VMA* dalam campuran HRA dengan jenis aspal Pen 60/70 maupun jenis aspal Starbit E-55 yang menggunakan *filler* abu ampas tebu menunjukkan perilaku yang sama yaitu cenderung menurun secara signifikan. Penurunan nilai *VMA* pada campuran HRA menunjukkan bahwa rongga udara dan kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat semakin menurun. Hal ini disebabkan karena penggantian *filler* abu ampas tebu ke dalam campuran HRA kadar aspal optimum semakin meningkat dan juga dipengaruhi oleh *density* yang menunjukkan kepadatan campuran yang semakin menurun. Kadar aspal optimum yang dihasilkan semakin meningkat bisa disebabkan oleh berat jenis *filler* abu ampas tebu yang lebih kecil dibandingkan dengan *filler* abu batu, sehingga menurunkan nilai *VMA* dalam campuran HRA. Kemiripan hasil nilai *VMA* yang didapat disebabkan karena agregat yang digunakan berasal dari daerah yang sama. Selain itu, dari nilai prosentase signifikansi pada campuran dengan bahan ikat Starbit E-55 yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa gaya adhesi aspal Starbit E-55 terhadap agregat lebih baik dibanding aspal Pen 60/70.

7. Density

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh hasil hubungan antara kadar *filler* abu ampas tebu dengan nilai *Density* pada campuran HRA aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 seperti disajikan pada Tabel 5.37 dan Gambar 5.20.

Tabel 5.37 Hasil Density Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 dengan Variasi Kadar Filler AAT pada KAO

Kadar AAT (%)	Density (gr/cc)	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	2.311	2.282
50	2.370	2.291
100	2.277	2.247



Gambar 5.20 Grafik Hubungan Nilai Density Campuran HRA dengan Jenis Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Terhadap Kadar AAT

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 dapat dilihat hasil nilai *Density* dalam campuran HRA penggantian *filler* abu ampas tebu terhadap *filler* abu batu dengan jenis aspal Pen 60/70 maupun Starbit E-55 menunjukkan perilaku yang sama yaitu identik menurun. Penurunan ini disebabkan oleh berat jenis dari *filler* abu ampas tebu yang lebih kecil dibanding *filler* abu batu, sehingga berat jenis *filler* yang lebih kecil menyebabkan volume yang lebih besar dibandingkan *filler* yang memiliki berat jenis lebih besar pada berat yang sama.

5.2.7 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Immersion Test*

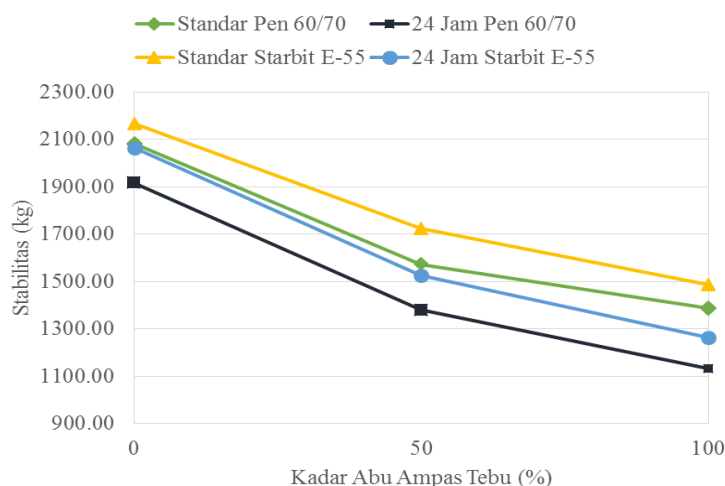
Uji perendaman (*Immersion*) bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pada prinsipnya pengujian ini sama dengan pengujian *Marshall* hanya saja waktu perendaman dalam *waterbath* dengan suhu konstan 60°C selama 24 jam.

1. Stabilitas Rendaman

Stabilitas Rendaman 24 jam bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Nilai stabilitas rendaman *Marshall* standar dan 24 jam campuran *HRA* berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 kadar *filler* abu ampas tebu disajikan pada Tabel 5.38 dan Gambar 5.21.

Tabel 5.38 Hasil Stabilitas Pen 60/70 dan Starbit E-55 Rendaman Marshall Standar dan 24 Jam

Kadar AAT (%)	Jenis Aspal			
	Pen 60/70		Starbit E-55	
	Durasi Rendaman <i>Marshall</i>		Durasi Rendaman <i>Marshall</i>	
	Standar (kg)	24 Jam (kg)	0,5 Jam (kg)	24 Jam (kg)
0	2082,63	1916,29	2166,76	2062,71
50	1572,80	1379,48	1723,44	1524,79
100	1389,02	1131,52	1485,86	1263,34



Gambar 5.21 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas *Marshall* 24 Jam pada Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55

Berdasarkan gambar 5.21 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas dengan menggunakan kedua jenis aspal pada *marshall* rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan *marshall* standar. Hal ini dikarenakan proses perendaman yang mencapai waktu 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

Nilai stabilitas pada campuran *HRA* yang menggunakan aspal Starbit E-55 lebih tinggi dari pada campuran *HRA* yang menggunakan aspal Pen 60/70. Sifat aspal Starbit E-55 yang lebih kental dan kaku menyebabkan campuran *HRA* menjadi kurang peka terhadap perubahan temperatur. Hal inilah yang membuat campuran *HRA* dengan menggunakan aspal Starbit E-55 memiliki ketahanan yang lebih baik dalam menahan beban dibandingkan dengan campuran beraspal Pen 60/70.

2. *Indirect of Retained Strength (IRS)*

Indirect of Retained Strength (indeks tahanan sisa) dihasilkan karena adanya proses perendaman. Indeks tahanan ini menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman. Pada penelitian ini perendaman diberikan selama 24 jam pada suhu 60°C. *Indirect of retained strength* digunakan untuk menentukan turunnya nilai kekuatan (*strength*) dan kekakuan (*stiffness*) campuran beraspal akibat air.

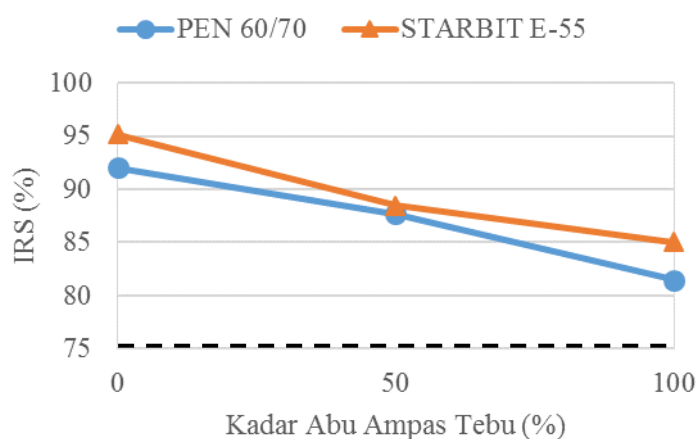
Kriteria minimum untuk nilai *indirect of retained strength* adalah 75% (Bina Marga 2010). Apabila suatu campuran yang memiliki nilai *indirect of retained strength* $\geq 75\%$ berarti campuran perkerasan tersebut mempunyai daya tahan yang baik terhadap air, sehingga campuran perkerasan tersebut tahan terhadap kerusakan oleh kehadiran air.

Nilai *index of retained strength* dihitung dengan membandingkan nilai stabilitas dari campuran *HRA* dengan masing-masing *filler* abu ampas tebu dengan *filler* clereng serta nilai *Indirect of Retained Strength* campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 setelah direndam 24 jam

dengan nilai stabilitas dari campuran HRA dengan masing-masing *filler* yang direndam selama 0,5 jam disajikan pada Tabel 5.39 dan Gambar 5.22.

Tabel 5.39 Hasil Stabilitas Campuran HRA Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 pada Rendaman Marshall Standar dan 24 Jam

Kadar AAT (%)	Index of Retained Strength (%)			
	Aspal Pen 60/70	Keterangan (>75%)	Aspal Starbit E-55	Keterangan (>75%)
0	92,013	Memenuhi	95,198	Memenuhi
50	87,708	Memenuhi	88,474	Memenuhi
100	81,461	Memenuhi	85,024	Memenuhi



Gambar 5.22 Grafik Hubungan Nilai Stabilitas Campuran HRA Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 Rendaman Marshall Standar dan 24 Jam

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 dapat dilihat bahwa campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 maupun aspal Starbit E-55, sama-sama memenuhi spesifikasi minimum *IRS* Bina Marga 2010 yaitu $\geq 75\%$. Dapat diketahui bahwa nilai *IRS* yang menggunakan aspal Starbit E-55 terlihat cenderung lebih tinggi dari pada yang menggunakan aspal Pen 60/70. Starbit E-55 yang memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah dari pada Pen 60/70, bersifat lebih kaku dan getas sehingga kurang peka terhadap temperatur tinggi.

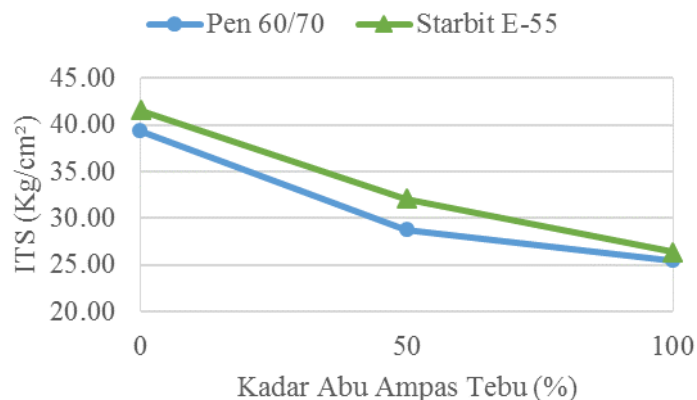
Berdasar grafik diatas, dapat dijelaskan juga bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* abu ampas tebu kedalam campuran *HRA* maka nilai *index of retained strength* semakin menurun. Penurunan pada nilai *index of retained strength* menunjukkan bahwa ketahanan campuran akibat pengaruh air, suhu dan cuaca cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan rongga pada campuran *HRA* yang semakin tinggi dengan penambahan *filler* abu ampas tebu ini dapat dilihat pada nilai *VMA* campuran *HRA* dengan bahan ikat aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 menunjukkan hasil yang identik sama. Namun, nilai *VFWA* yang dihasilkan dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 lebih tinggi, dengan arti lain, rongga-rongga yang terisi oleh aspal diantara mineral agregat dengan bahan ikat aspal Starbit E-55 lebih banyak sehingga berpengaruh pada nilai *Void In The Mix*, yaitu mengecilnya rongga pada keseluruhan campuran benda uji. Nilai *VITM* yang rendah dibandingkan *filler* abu batu, sehingga oksidasi terhadap lapisan permukaan tidak mudah terjadi dan lapisan menjadi lebih awet.

5.2.8 Tinjauan Terhadap Karakteristik *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect Tensile Strength adalah pengujian untuk mengetahui kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban, yang diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 3.10. Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength Test* campuran *HRA* pada bahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 terhadap variasi penggantian kadar *filler* abu ampas tebu disajikan pada Tabel 5.40 dan Gambar 5.23.

Tabel 5.40 Hasil Pengujian ITS Campuran HRA

Kadar AAT (%)	<i>ITS (kg²/mm)</i>	
	Pen 60/70	Starbit E-55
0	38,53	40,76
50	28,25	31,46
100	25,00	25,87



Gambar 5.23 Grafik Hubungan ITS Campuran HRA dengan Aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.23 dapat dilihat bahwa nilai *ITS* campuran *HRA* pada aspal Starbit E-55 dengan penggantian *filler* abu ampas tebu lebih tinggi dibanding dengan aspal Pen 60/70, seiring dengan penggantian *filler* abu ampas tebu kedalam campuran *HRA* maka nilai *indirect tensile strength* semakin menurun. Penurunan pada nilai *Indirect Tensile Strength* menunjukkan bahwa kuat tarik pada campuran *HRA* menggunakan persentase *filler* yang semakin banyak menyebabkan kuat tarik cenderung semakin menurun dan menggambarkan bahwa potensi terjadi retakan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh rongga telah terisi oleh *filler* abu ampas tebu, namun aspal yang berada dalam campuran tidak seluruhnya menyelimuti agregat.

Selain faktor pembebanan, temperatur adalah parameter yang dapat memengaruhi kuat tarik suatu lapis perkerasan. Dari sudut pandang temperatur, aspal Starbit E-55 yang memiliki nilai titik leleh yang lebih tinggi dari pada aspal Pen 60/70 akan memiliki ketahanan terhadap perubahan temperatur, sehingga fleksibilitas suatu campuran lebih terjaga. Sebaliknya, dengan rendahnya nilai titik leleh aspal Pen 60/70 dibanding aspal Starbit E-55, akan menyebabkan campuran dengan bahan aspal Pen 60/70 lebih peka terhadap temperatur, sehingga pada kenaikan suhu tertentu suatu campuran akan bersifat plastis, dan pada penurunan suhu tertentu suatu campuran akan bersifat getas atau kaku.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA) berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* abu batu dapat disimpulkan bahwa campuran mengalami perubahan karakteristik. Hal tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai *Marshall*, *IRS*, dan *ITS*. Secara khusus berdasarkan hasil penelitian dan analisis dari pengaruh abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* abu batu pada campuran *Hot Rolled Asphalt* dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Limbah abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* abu batu pada campuran HRA berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan Starbit E-55 memenuhi persyaratan yang ditentukan sehingga dapat digunakan sebagai *filler* pengganti.
2. Campuran HRA berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu ampas tebu sebagai pengganti mengalami perubahan karakteristik *Marshall* yaitu pada kemampuan campuran menahan beban menurun dan kelelahan meningkat. Hal ini dapat dilihat pada nilai stabilitas mengalami penurunan yang signifikan dan nilai *flow* mengalami peningkatan namun tidak signifikan, MQ mengalami penurunan yang signifikan, nilai VITM dan VMA mengalami penurunan namun tidak signifikan, nilai VFWA mengalami peningkatan yang signifikan, dan *Density* mengalami penurunan namun tidak signifikan.
3. Keawetan campuran HRA berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 yang diukur ketahanannya dalam mempertahankan stabilitas setelah mengalami rendaman yang diukur dengan nilai *Index of Retained Strength* mengalami penurunan seiring dengan penggantian *filler* abu ampas tebu. Hal ini menunjukkan bahwa keawetan (*Durability*) semakin menurun.

4. Kemampuan menahan gaya tarik (*Indirect Tensile Strength*) campuran HRA berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* abu batu mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dalam menahan kuat tarik semakin menurun sehingga campuran cenderung mudah terjadi retak.

6.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian campuran *Hot Rolled Asfalt* (HRA) berbahan ikat aspal Pen 60/70 dan aspal Starbit E-55 dengan *filler* abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* abu batu, maka penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Pada daerah penghasil tebu dapat memanfaatkan limbah dari pengolahan tebu yaitu abu ampas tebu sebagai bahan alternatif substitusi *filler* dalam pekerjaan jalan yang menggunakan campuran HRA, sehingga dapat meningkatkan nilai guna dari limbah abu ampas tebu.
2. Campuran HRA dengan *filler* abu ampas tebu mampu menahan beban lalu lintas yang lebih kecil dari pada *filler* abu batu, lokasi pabrik gula identik dekat perkampungan warga. Oleh sebab itu digunakan pada jalan lalu lintas dengan beban yang kecil.
3. Perlu pengkajian lebih lanjut untuk campuran gradasi lain menggunakan *filler* abu ampas tebu sebagai substitusi *filler* dari Clereng dengan harapan dapat meningkatkan karakteristik *Marshall* sehingga membutuhkan aspal yang lebih efektif.
4. Perlu pengkajian lebih lanjut untuk menggunakan aspal jenis lain dengan harapan dapat meningkatkan karakteristik *Marshall* pada campuran yang memanfaatkan limbah abu ampas tebu sebagai substitusi *filler*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, *British Standard (BS). 594: Hot Rolled Asphalt for Roads and Other Paved Areas*, Part I: Specification for Constituent Material Mixtures, 2nd Edition, British Standard Institution, London.
- Anonim, 1992, *British Standard (BS). 594: Hot Rolled Asphalt for Roads and Other Paved Areas*, Part II: Specification for The Transport, Laying and Compaction Rolled Asphalt, 2nd Edition, British Standard Institution, London.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SNI: 1970-2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, SNI: 1969-2008, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, *Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*, SNI: 06-2439-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 1991, *Metoda pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen*, SNI: 06-2456-1991, Penerbit Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1999, *Pemeliharaan Rutin Jalan Bina Marga*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Umum 2010*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Kans, P., dan Damian 2014, Kajian Laboratorium Penggunaan Aspal Starbit E-55 Modifikasi Polimer Pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Ditinjau Dari Durabilitas Dan Indirect Tensile Strength, *Thesis*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Masato, M.D, 2013, Pengaruh Penggunaan Pasir Merapi Dan Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik HRS-WC, *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nashir, M., Parung, H., Ali, N., dan Haryanto, T., 2013, Kinerja Campuran Aspal Berpori Dengan Menggunakan Aspal Polimer Starbit Jenis E.55, *Seminar Nasional IX – 2013 Teknik Sipil ITS*, Surabaya.

- Mulyono, 2005, Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Campuran Dalam Peningkatan Kekuatan Aspal Beton, *Tugas Akhir*, Universitas Muhammadiyah Medan, Medan.
- Ranski, Fauzan, 2014, Kajian Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Pada Campuran Superpave, *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Satrianugraha, Fauzan, 2017. Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Aspal Emulsi Pada Berbagai Variasi Substitusi Filler Abu Ampas Tebu Sesuai Dengan Tatacara PT. Izza Sarana Karsa. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Septiana, 2013, Kepekaan Aspal Starbiit E-55 Modifikasi Polimer Dan Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Perubahan Kadar Aspal Pada Campuran AC-WC Dengan Pengujian Marshall Dan Permeabilitas, *Thesis* MSTT Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Setyaningsih, 2013, Kajian Laboratorium Karakteristik Marshall dan Kepekaan Aspal Modifikasi Polimer Terhadap Suhu Pemadatan Ditinjau Dari Pengujian Durabilitas Pada Campuran HRS-BC, *Thesis* MSTT Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Shell, 1990, *Shell Bitumen Handbook*, Shell Bitumen, England.
- Sukirman, Silvia., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Syarkawi, Muchtar, 2011, Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Substitusi filler Terhadap Karakteristik Campuran aspal Beton, *Tugas Akhir*, Universitas Muslim Indonesia, Makassar.
- Syukri, 1999, Effect of Salt Water Immersion on The Durability of A Hot Rolled Sheet Mix, *Master Thesis*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal



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



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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
		Mulai	11.00 WIB
		Selesai	11.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
		Mulai	25 °C
		Selesai	25 °C
3.	Diperiksa		
		Mulai	25 °C
		Selesai	25 °C

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	61	61		
2.	62	62		
3.	62	61		
4.	63	62		
5.	61	62		
Rata2	61,8	61,6		

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 2. Pemeriksaan Penetrasi Aspal



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



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

PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
		Mulai	11.00 WIB
		Selesai	11.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
		Mulai	25 °C
		Selesai	25 °C
3.	Diperiksa		
		Mulai	25 °C
		Selesai	25 °C

HASIL PENGAMATAN

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	(mm)	(mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1.	53	55		
2.	52	54		
3.	53	53		
4.	54	53		
5.	54	53		
Rata2	53,2	53,6		

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 3. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan



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



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

PEMERIKSAAN KELEKATAN ASPAL TERHADAP BATUAN

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Pembacaan		
		Waktu	Suhu	
1.	Pemanasan Benda Uji	Mulai	10.00 WIB	27°C
		Selesai	10.35 WIB	170 °C
2.	Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	10.36 WIB	170 °C
		Selesai	11.00 WIB	27 °C
3.	Diperiksa	Mulai	11.00 WIB	27 °C
		Selesai	11.00 WIB	27 °C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Benda Uji 1	98 %	
2.	Benda Uji 2	98 %	
3.	Rata-rata	98%	

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho

12511010

Lampiran 4. Pemeriksaan Kelekatan Aspal Terhadap Batuan



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



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

PEMERIKSAAN KELEKATAN ASPAL TERHADAP BATUAN

Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Pembacaan		
		Waktu	Suhu	
1.	Pemanasan Benda Uji	Mulai	10.00 WIB	27°C
		Selesai	10.35 WIB	170 °C
2.	Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	10.36 WIB	170 °C
		Selesai	11.00 WIB	27 °C
3.	Diperiksa	Mulai	11.00 WIB	27 °C
		Selesai	11.00 WIB	27 °C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1.	Benda Uji 1	98 %	
2.	Benda Uji 2	98 %	
3.	Rata-rata	98%	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 5. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27°C	11.00 WIB
	Selesai	160°C	11.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	27°C	11.30 WIB
	Selesai	27°C	13.00 WIB
3.	Diperiksa		
	Mulai	5°C	13.40 WIB
	Selesai	51°C	14.00 WIB

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.	25 °C	443	443		
2.	30 °C	547	547		
3.	35 °C	655	655		
4.	40 °C	759	759		
5.	45 °C	864	864		
6.	50 °C	948	954	48	48,2
Rata-rata				48,1	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho

12511010

Lampiran 6. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu	
1.	Pemanasan Benda Uji			
		Mulai	27°C	09.00 WIB
		Selesai	160°C	09.30 WIB
2.	Didiamkan pada suhu ruang			
		Mulai	27°C	09.30 WIB
		Selesai	27°C	10.30 WIB
3.	Diperiksa			
		Mulai	5°C	10.30 WIB
		Selesai	51°C	10.55 WIB

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.	30 °C	817	817		
2.	35 °C	925	925		
3.	40 °C	1035	1035		
4.	45 °C	1139	1139		
5.	50 °C	1238	1238		
6.	55 °C	1347	1356	56	57
Rata-rata				56,5	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 7. Pemeriksaan Daktilitas



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



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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017


PERSIAPAN PEMERIKSAAN


No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1.	Persiapan Benda Uji	Aspal dipanaskan	15 menit	Suhu pemanas $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2.	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	Suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3.	Peredaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4.	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN


No	Benda uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2.	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui,

 Kepala Lab. Jalan Raya UIL


Ir. Subarkah, M.T

Peneliti


Arif Nugroho
12511010

Lampiran 8. Pemeriksaan Daktilitas



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



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

PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL


Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1.	Persiapan Benda Uji	Aspal dipanaskan	15 menit	Suhu pemanas $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2.	Mendinginkan benda uji	Diamkan pada suhu ruang	60 menit	Suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3.	Peredaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu 25°C	60 menit	Suhu waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4.	Pemeriksaan	Diuji daktilitas pada suhu 25°C , kecepatan 5 cm per menit	20 menit	Suhu alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

HASIL PEMERIKSAAN

No	Benda uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2.	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Arif Nugroho
12511010

Lampiran 9. Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1.	Pemanasan benda uji	Mulai	27 °C
		Selesai	130°C
2.	Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	130°C
		Selesai	27 °C
3.	Diperiksa	Mulai	35 °C
		Selesai	325 °C

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1.	Benda uji 1	312 °C	316 °C

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 10. Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal



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



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

PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu	
1	Pemanasan benda uji			
		Mulai	27 °C	13.00 WIB
		Selesai	130°C	13.15 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang			
		Mulai	130°C	13.15 WIB
		Selesai	27 °C	13.20 WIB
3	Diperiksa			
		Mulai	35 °C	13.20 WIB
		Selesai	340 °C	13.40 WIB

HASIL PENGAMATAN

No	Keterangan	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda uji 1	325 °C	340 °C

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 11. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4



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



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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1.	Penimbangan	Mulai	09.00 WIB	27°C
2.	Pelarutan	Mulai	09.20 WIB	27°C
3.	Penyaringan	Mulai	09.23 WIB	27°C
		Selesai	09.31 WIB	27°C
4.	Di Oven	Mulai	09.32 WIB	100 °C
5.	Penimbangan	Selesai	09.55 WIB	27°C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1.	Berat erlen meyer kosong	68,89 gr	75,23 gr
2.	Berat erlen meyer kosong + Aspal	70,23 gr	76,65 gr
3.	Berat Aspal (2-1)	1,34 gr	1,42 gr
4.	Berat kertas saring bersih	0,53 gr	0,52 gr
5.	Berat kertas saring bersih + mineral	0,55 gr	0,53 gr
6.	Berat mineral (5-4)	0,01 gr	0,01 gr
7.	Persentase mineral (6/3x100%)	0,75 %	0,7 %
8.	Aspal yang larut (100%-7)	99,25 %	99,29 %
9.	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,27 %	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 12. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4



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



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

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4 / TCE

Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu
1.	Penimbangan	Mulai	13.20 WIB	27°C
2.	Pelarutan	Mulai	13.25 WIB	27°C
3.	Penyaringan	Mulai	13.37 WIB	27°C
		Selesai	13.50 WIB	27°C
4.	Di Oven	Mulai	13.52 WIB	100 °C
5.	Penimbangan	Selesai	14.05 WIB	27°C

HASIL PEMERIKSAAN

No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1.	Berat erlen meyer kosong	68,88 gr	75,26 gr
2.	Berat erlen meyer kosong + Aspal	70,38 gr	76,40 gr
3.	Berat Aspal (2-1)	1,49 gr	1,13 gr
4.	Berat kertas saring bersih	0,56 gr	0,51 gr
5.	Berat kertas saring bersih + mineral	0,57 gr	0,52 gr
6.	Berat mineral (5-4)	0,01 gr	0,01 gr
7.	Persentase mineral (6/3x100%)	0,67 %	0,88 %
8.	Aspal yang larut (100%-7)	99,33 %	99,11 %
9.	Rata-rata Aspal yang larut (%)	99,22 %	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 13. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Piknometer kosong (gr)	11,52	12,24
2.	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	28,29	24,43
3.	Berat Aquadest (2-1) (gr)	16,77	12,19
4.	Berat Piknometer + Aspal (gr)	12,37	13,35
5.	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,85	1,11
6.	Berat Piknometer + Aspal + Aquadest (gr)	28,36	24,52
7.	Berat Aquadest (6-4) (gr)	15,99	11,17
8.	Volume Aspal (3-7) (gr)	0,78	1,02
9.	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1,09	1,09
10.	Rata-rata BJ Aspal	1,09	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 14. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



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




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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Starbit E-55
Sumber : PT. Bintang Djaja, Cilacap
Tanggal Uji : 2017

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1.	Berat Piknometer kosong (gr)	13,55	12,44
2.	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	25,66	12,92
3.	Berat Aquadest (2-1) (gr)	12,08	12,02
4.	Berat Piknometer + Aspal (gr)	13,98	12,92
5.	Berat Aspal (4-1) (gr)	0,4	0,5
6.	Berat Piknometer + Aspal + Aquadest (gr)	25,66	24,44
7.	Berat Aquadest (6-4) (gr)	11,68	11,52
8.	Volume Aspal (3-7) (gr)	0,4	0,5
9.	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1	1
10.	Rata-rata BJ Aspal	1	

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII


Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 15. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1597,21 gr	1612,15 gr	1604,68 gr
2	Berat benda uji alam air (BA)	1001,02 gr	1000,95 gr	1000,99 gr
3	Berat benda uji dikering oven (BK)	1574,50 gr	1592,62 gr	1583,56 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,64	2,61	2,62
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{BJ}{BK-BA}$	2,68	2,64	2,66
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,75	2,69	2,72
8	Penyerapan air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	1,44 %	1,23 %	1,33 %

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 16. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



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




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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	610,75 gr	612,65 gr	611,70 gr
2	Berat Piknometer + air (B)	663,95 gr	665,49 gr	664,72 gr
3	Berat Piknometer + air + benda uji (BT)	976,70 gr	969,8 gr	973,25 gr
4	Berat benda uji kering (BK)	495,13 gr	493,13 gr	494,13 gr
5	Berat jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,64	2,52	2,58
6	Berat jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,67	2,56	2,61
7	Berat jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,71	2,61	2,66
8	Penyerapan air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	0,98	1,39	1,19

Mengetahui,
 Kepala Lab. Jalan Raya UII



Ir. Subarkah, M.T

Peneliti



Arif Nugroho
12511010

Lampiran 18. Pemeriksaan Berat Jenis Filler Abu Ampas Tebu



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



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* ABU AMPAS TEBU

Material : *Filler* Abu Ampas Tebu
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

Pemeriksaan	Sampel	
	1	2
Berat <i>Vicnometer</i> Kosong (gr)	11,130	13,570
Berat <i>Vicnometer</i> + Aquadest (gr)	27,680	25,660
Berat <i>Aquadest</i> (gr)	16,550	12,090
Berat <i>Vicnometer</i> + <i>Filler</i> (gr)	13,010	15,10
Berat <i>Filler</i> (gr)	1,880	1,540
Berat <i>Vicnometer</i> + <i>Filler</i> + <i>Aquadest</i> (gr)	28,590	26,440
Berat <i>Aquadest</i> (gr)	15,580	11,330
Volume <i>Filler</i> (gr)	0,970	0,760
Berat Jenis <i>Filler</i>	2,030	2,030
Rata - Rata BJ <i>Filler</i>	2,030	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho

12511010

Lampiran 19. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal



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



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

PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Pembacaan	
		Suhu	Waktu
1	Mulai pemanasan benda uji	0 °C	13.40 WIB
2	Selesai pemanasan benda uji	150 °C	13.50 WIB
3	Mulai didiamkan pada suhu ruang	150 °C	13.50 WIB
4	Selesai didiamkan pada suhu ruang	26 °C	15.20 WIB
5	Mulai direndam aquadest	26 °C	15.20 WIB
6	Selesai direndam aquadest	26 °C	16.00 WIB

No	Keterangan	% Yang diselimuti aspal
1	Benda uji 1	99%
2	Benda uji 2	98%
3	Rata-rata	98,5%

Mengetahui,

Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 20. Pemeriksaan Sand Equivalent



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



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

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl_2 selama ($\pm 10,1$ menit)	Mulai	11.33	11.33
		Selesai	11.43	11.43
2	Waktu pengendapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl_2)	Mulai	11.43	11.43
		Selesai	11.47	11.47
3	Clay reading (pembacaan lumpur)	4,32 inc	4,5 inc	
4	Sand reading (pembacaan pasir)	3,8 inc	3,9 inc	
5	Sand equivalent = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$	87,96%	86,67%	
6	Rata-rata	87,31 %		
Remark : Kadar Lumpur = $100\% - \text{ASE}$ $= 100\% - 87,31$ $= 12,6\%$				

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UUI

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 21. Pemeriksaan Keausan Agregat



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



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

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2017

No	Jenis gradasi		F	
	Saringan		Benda uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	I	II
1	72,2 mm (3'')	63,5 mm (2,5'')		
2	63,5 mm (2,5'')	50,8 mm (2'')		
3	50,8 mm (2'')	37,5 mm (1,5'')		
4	37,5 mm (1,5'')	25,4 mm (1'')		
5	25,4 mm (1'')	19 mm (3/4'')		
6	19 mm (3/4'')	12,5 mm (0,5'')	2500 gr	2500 gr
7	12,5 mm (0,5'')	09,5 mm (3/8'')	2500 gr	2500 gr
8	09,5 mm (3/8'')	06,3 mm (1/4'')		
9	06,3 mm (1/4'')	04,75 mm (No. 4)		
10	04,75 mm (No. 4)	02,36 mm (No. 8)		
11	JUMLAH BENDA UJI (A)		5000 gr	5000 gr
12	JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 (B)		4402,19 gr	3465,19 gr
13	KEAUSAN = (A-B)/A X 100		11,95 %	30,69 %
14	Rata-rata keausan		21,32 %	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010

Lampiran 22. Hasil Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%



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



Jl. Kahurang Mah 11,4 Kampus Terpadu Uli, Gedung A106, Naur, Telp. (0274) 894474, 894480, Fax. 8944339 Yogyakarta

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 12 Juni 2017
Tipe Campuran : HRA

Dibuatkan oleh : Ari Nugroho
Dijerika oleh : Ir. Subarkah, M.T

Aspal Pen 60/70/Filler 0% Abu Ampas Tebu

Sampel	t (mm)	a (%)	b (mm)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g (gram)	h (gram)	i	j	k	l (mm)	m (mm)	n (mm)	o (mm)	p (mm)	q (mm)	r (mm)	s (mm)	t (mm)	u (mm)	v (mm)	w (mm)	x (mm)	y (mm)	z (mm)	AAQ (mm)		
5.5	64.66	3.62	3.2	1160.52	1166.43	676.26	502.79	233.1	244.7	11.761	63.498	4.743	16.50	71.29	4.54	10.5	2230.22	623.52	2058.19	3.20	52.504									
	64.35	3.62	3.3	1161.37	1165.35	676.29	502.12	233.8	247.7	11.736	63.391	4.925	16.67	70.12	4.23	10.5	2225.03	625.03	2021.50	3.20	52.231									
	63.28	3.62	3.3	1158.52	1168.08	658.54	509.54	227.4	244.7	11.479	61.450	5.077	18.53	61.85	5.08	10.0	2191.23	1700.52	2143.39	3.20	69.10									
6	64.48	6.50	6.00	1169.53	1175.43	663.34	523.19	237.6	249.1	13.236	61.161	4.301	16.64	66.53	4.30	10.5	2157.56	639.53	2073.32	3.20	49.10									
	62.78	6.50	6.00	1171.58	1182.15	663.68	500.61	237.15	249.1	13.508	62.534	4.391	16.41	65.50	4.35	10.5	2226.22	1314.53	2143.52	3.20	52.50									
	62.23	6.38	6.00	1152.22	1178.15	669.08	500.07	236.4	248.1	13.688	62.103	4.314	17.60	70.87	4.31	10.8	2372.17	1731.7	2174.01	3.20	71.27									
6.5	62.40	6.50	6.00	1166.16	1170.01	657.22	513.38	231.2	241.2	13.804	62.042	4.121	17.22	66.03	4.12	10.4	2224.40	1027.2	2277.51	3.20	52.12									
	62.60	6.50	6.00	1162.93	1170.52	658.29	512.39	232.2	241.2	13.816	62.212	4.629	17.60	66.20	4.61	10.2	2171.27	1022.2	2218.11	3.20	50.70									
	62.80	6.50	6.50	1162.34	1169.22	657.62	511.40	231.4	241.2	13.760	61.860	4.250	18.04	66.04	4.25	10.9	2252.63	1012.2	2269.07	3.20	49.70									
7	62.47	6.50	6.00	1164.98	1169.68	657.88	511.03	231.6	239.2	13.669	61.734	4.254	16.28	61.24	4.24	10.2	1910.47	1020.2	1970.01	3.20	41.90									
	62.54	6.50	6.00	1162.53	1173.62	658.03	511.52	230.3	239.2	13.601	61.262	4.224	16.73	62.03	4.23	10.2	2111.82	1021.2	1811.48	3.20	40.91									
	62.53	6.50	6.00	1162.26	1170.82	658.78	512.94	230.8	239.2	13.830	61.412	4.727	18.58	66.22	4.72	10.8	1973.34	1023.8	1820.51	3.20	42.13									
7.5	61.41	6.11	6.00	1149.20	1159.92	657.20	502.72	228.6	236.4	12.929	60.158	4.113	19.84	64.19	4.11	9.0	1492.14	1070.2	1774.43	4.20	27.071									
	61.81	6.11	6.00	1162.75	1173.31	663.25	502.02	228.1	236.4	13.716	60.029	4.163	12.90	62.28	4.16	9.5	1526.23	1011.8	1653.51	4.20	27.828									
	63.72	6.11	6.50	1151.22	1162.76	668.61	501.15	231.7	236.4	13.643	61.243	4.108	16.75	65.02	4.10	9.0	1662.14	1012.2	1400.23	4.20	34.501									

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T

Penguji

Ari Nugroho
12511010

Lanjutan Lampiran 23. Hasil Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 0%

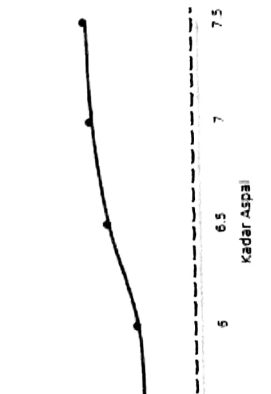
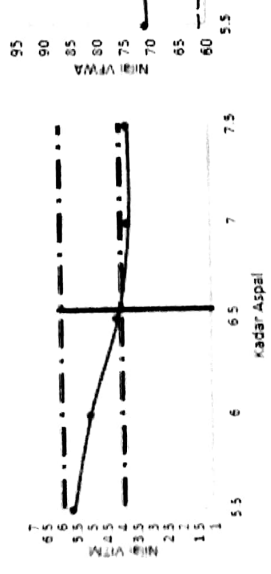
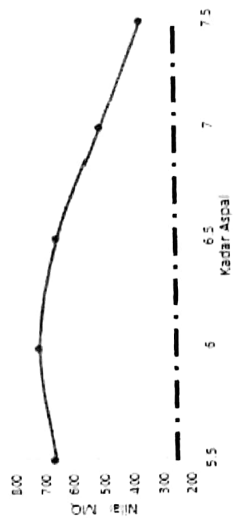
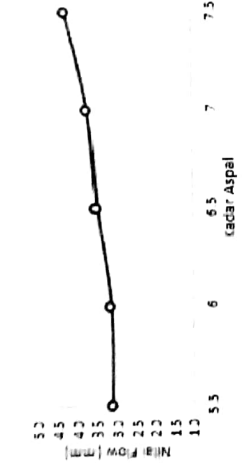
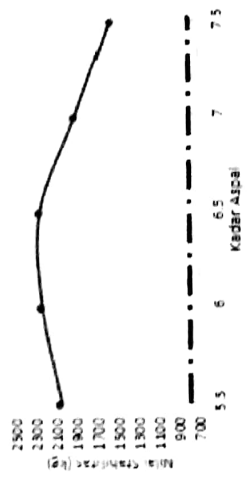


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCAKARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL PEN 60/70 FILLER AAT 0%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing
 Ir. Subarkah, M.T.

Penguji
 Arif Nugroho
 12511010

Lanjutan Lampiran 25. Hasil Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 50%

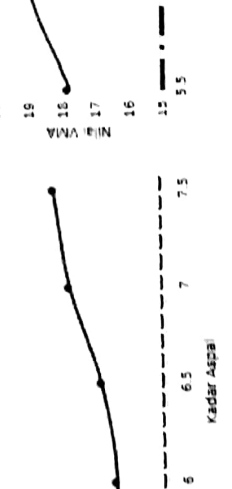
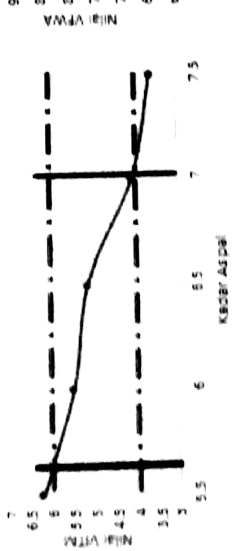
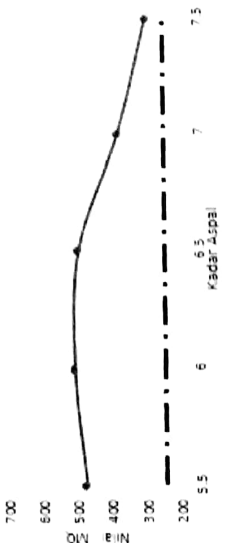
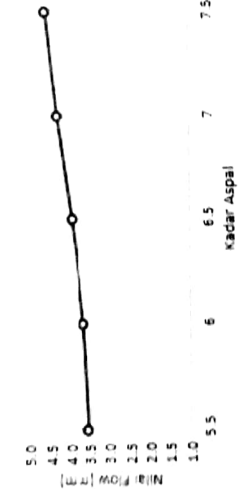
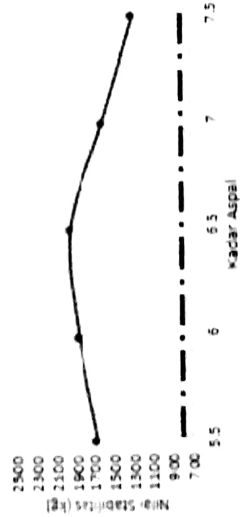


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



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

HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCAKARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL PEN 60/70 FILLER AAT 50%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Arif Nugroho

Ir. Subarkah, M.T

Penguji

Arif Nugroho

12511010

Lampiran 26. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%



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



Jl. Kalitirang KM 14.4 Kampus Terpadu UH, Gedung Mub. Nativir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN MEIODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 12 Juni 2017
 Tipe Campuran : HRA

: Aspal Pen 60/70 filler 100% Abu Ampas Tebu

Dikerjakan oleh : Arif Nugroho
 Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	MQ	
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(%)	YALA (%)	VFVA (%)	VITM (%)	Stabal	(kg)	Flow (mm)	(mm)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
5	70.52	5.52	5.5	1170.52	1158.63	657.48	531.45	2.218	2.338	11.162	51.328	7.500	18.69	36.83	7.50	65	1383.56	0.9285	1161.77	4.70	24.18
5	70.88	5.82	5.5	1171.58	1189.54	656.03	533.49	2.186	2.388	11.091	50.500	8.418	19.50	36.83	8.42	68	1446.51	0.9250	1210.39	3.30	36.78
5	72.60	5.82	5.5	1182.58	1200.44	669.72	530.72	2.247	2.386	11.338	52.371	6.280	17.69	64.32	6.29	72	1534.73	0.9150	1250.78	4.30	36.78
5	73.20	6.38	6.00	1184.87	1184.33	665.06	528.47	2.235	2.383	12.318	51.587	6.083	18.40	66.64	6.08	55	1811.88	0.8563	1450.84	4.10	35.30
5	72.00	6.38	6.00	1164.08	1183.72	658.88	524.84	2.218	2.383	12.208	50.922	6.918	19.13	63.83	6.92	52	1747.84	0.8225	1437.75	3.85	36.92
5	73.69	6.38	6.00	1174.84	1186.71	669.02	517.69	2.268	2.383	12.482	52.747	4.761	17.35	72.41	4.76	55	1811.88	0.7914	1433.88	4.25	33.78
5	68.37	6.25	6.50	1170.33	1170.30	648.83	521.47	2.244	2.368	13.283	51.987	5.220	18.60	71.84	5.22	78	1662.67	0.8383	1428.77	4.50	31.71
5	70.37	6.25	6.50	1169.01	1174.82	646.62	526.07	2.213	2.368	13.166	50.238	6.543	19.74	66.84	6.53	72	1534.73	0.8400	1382.31	4.30	28.92
5	69.84	6.25	6.50	1189.84	1190.12	659.43	520.69	2.242	2.368	13.371	51.323	3.308	18.63	71.59	3.31	75	1588.73	0.8431	1351.03	4.50	30.23
5	68.84	7.33	7.00	1166.88	1167.70	642.85	524.85	2.222	2.352	14.278	50.203	5.519	19.80	72.12	5.52	68	1449.51	0.8520	1249.54	4.60	27.84
5	69.37	7.33	7.00	1173.30	1183.34	645.83	527.71	2.182	2.353	14.013	48.716	7.271	21.28	65.84	7.27	75	1588.73	0.8361	1335.73	4.80	27.49
5	71.21	7.33	7.00	1160.19	1161.70	642.46	519.24	2.234	2.352	14.349	50.685	5.046	19.40	73.89	5.05	65	1383.56	0.8315	1152.56	4.50	25.12
5	68.05	8.11	7.50	1156.82	1168.12	643.68	524.44	2.206	2.339	15.178	49.146	5.676	20.83	72.78	5.68	50	1083.82	0.8324	819.18	5.20	17.67
5	69.01	8.11	7.50	1160.45	1172.05	646.56	525.49	2.208	2.339	15.195	49.236	5.569	20.76	73.18	5.57	48	859.24	0.8248	827.67	4.70	17.10
5	69.33	8.11	7.50	1171.59	1183.88	652.02	521.86	2.203	2.339	15.157	49.038	5.803	20.66	72.31	5.80	47	1001.87	0.8387	861.32	4.60	17.78
5								2.206					20.86	72.73	5.88				869.39	4.93	17.94

Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.

Penguji

 Arif Nugroho
 12511010

Lanjutan Lampiran 27. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Pen 60/70 Filler AAT 100%

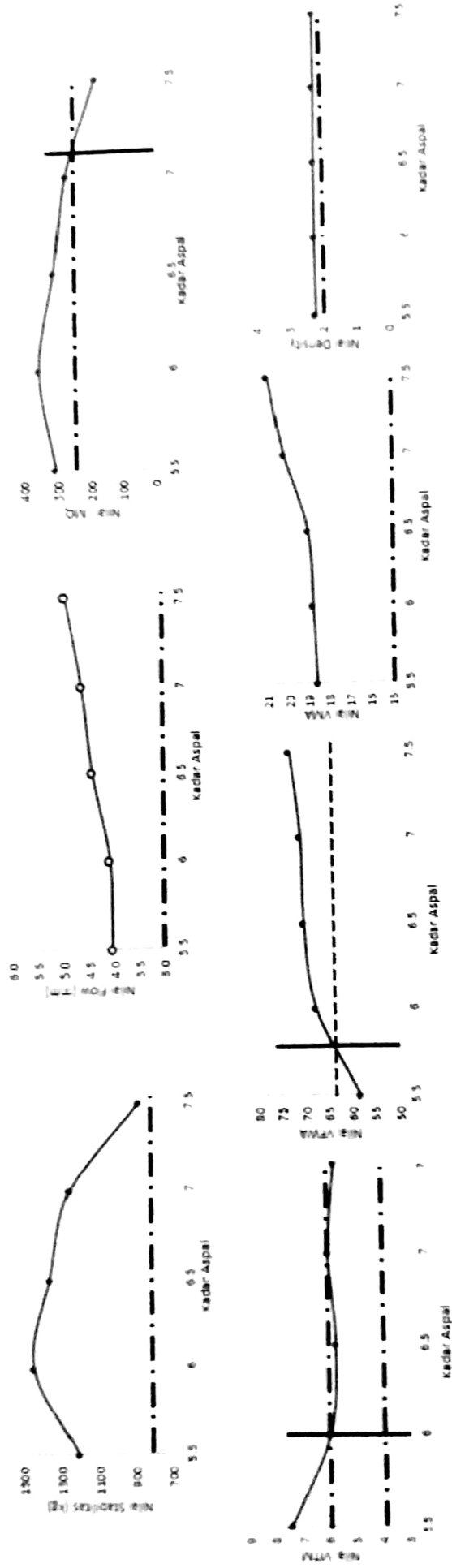


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fsx. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL PEN 60/70 FILLER AAT 100%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

(Signature)

Ir. Subarkah, M.T

Penguji

(Signature)
 Arif Nugroho
 12511010

Lampiran 28. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%



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



Jl. Kaliburang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Mole. Nanir, Telp. (0274) 805472, 806440, Fax. 895330 Yogyakarta

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 12 Juni 2017
Tipe Campuran : HRA

: Aspal Starbit E-55 Filler 0% Abu Ampas Tebu

Dikerjakan oleh : Arif Nugroho
Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	t (mm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFA (%)	n VITIM (%)	o	p	q Kerakal Tahal	r Stab. (kg)	s Flow (mm)	t MQ
5.5	62.71	5.62	5.5	1180.32	1180.31	675.11	315.10	2.290	2.420	12.506	62.037	5.367	17.56	70.12	5.37	103	2103.35	1.9152	2222.17	2.23	52.92
	63.93	5.62	5.5	1184.57	1184.57	679.14	305.73	2.342	2.420	12.583	63.207	3.210	16.09	80.03	3.21	101	2152.53	2.9222	2078.22	2.90	40.90
	62.36	5.62	5.5	1152.21	1152.21	652.72	300.65	2.301	2.420	12.638	62.445	4.225	17.55	72.11	4.22	110	2311.42	1.6231	2322.51	1.60	65.91
0	63.13	6.36	6.00	1151.71	1150.72	672.57	321.76	2.311	2.402	14.138	62.560	1.592	16.04	68.11	4.49	120	2337.22	1.6266	2360.38	1.23	74.92
	63.79	6.36	6.00	1162.09	1163.03	673.33	310.30	2.277	2.402	13.064	61.140	3.159	18.83	72.47	3.15	105	2330.17	2.8771	2242.37	1.83	59.25
	66.57	6.36	6.00	1191.41	1192.87	674.92	319.21	2.237	2.402	12.519	60.233	6.197	15.72	66.57	6.20	112	2319.23	2.4232	2219.92	1.00	45.01
0.5	62.82	6.93	6.50	1154.74	1170.53	672.30	309.14	2.277	2.384	14.000	60.764	4.198	15.30	75.70	4.43	125	2461.31	2.5022	2222.42	1.23	63.72
	61.50	6.93	6.50	1133.87	1172.30	679.27	498.39	2.310	2.384	13.032	62.073	2.873	17.92	83.97	3.97	109	2192.53	2.5555	2125.33	1.00	31.30
	61.98	6.93	6.50	1152.00	1174.62	673.32	301.19	2.292	2.384	14.014	61.460	3.567	16.31	60.73	3.57	107	2260.47	2.3366	2227.32	1.10	71.72
7	62.13	7.51	7.00	1172.42	1188.10	681.01	302.16	2.297	2.387	16.325	62.216	1.432	17.78	51.75	3.05	125	1811.42	1.6587	1623.72	1.45	50.81
	62.74	7.51	7.00	1152.78	1170.89	660.58	310.31	2.259	2.307	15.813	72.038	4.542	20.30	37.00	4.53	111	1837.22	1.0121	1926.30	1.35	30.09
	62.27	7.51	7.00	1161.10	1178.12	675.17	302.93	2.309	2.387	16.161	61.322	2.146	18.61	68.66	2.15	126	2280.63	1.2816	2135.50	1.45	30.35
7.5	62.60	8.11	7.50	1176.77	1180.34	673.65	308.02	2.303	2.340	17.185	61.468	1.107	18.33	66.44	2.82	123	1712.31	1.6352	1743.18	1.15	42.73
	62.03	8.11	7.50	1159.03	1173.44	668.10	303.34	2.294	2.349	17.202	60.422	2.277	19.58	87.80	2.23	120	1492.14	1.0323	1348.23	4.02	31.79
	61.72	8.11	7.50	1146.73	1182.05	661.96	301.92	2.268	2.340	17.183	60.231	2.556	15.76	68.66	2.60	127	1724.20	1.0122	1700.96	1.23	30.81
							2.392						19.29	89.55	2.03				1309.93	4.18	33.23

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Penguji
Arif Nugroho
12511010

Ir. Subarkah, M.T.

Lanjutan Lampiran 29. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 0%

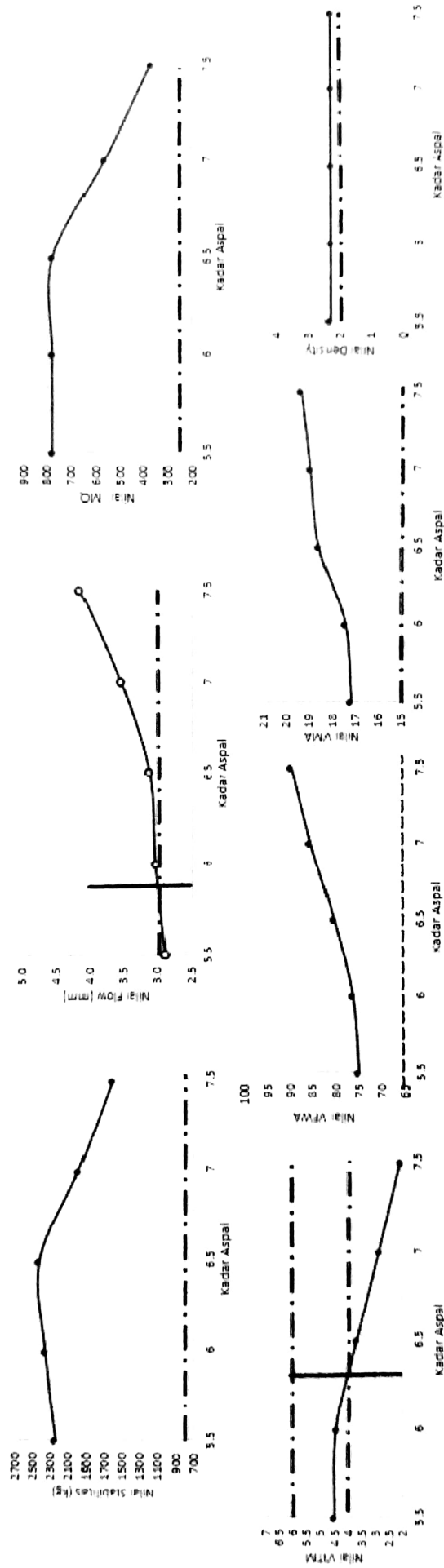


LABORATORIUM JALANRAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliburang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL STARBIT E-55 FILLER AAT 0%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T

Penguji

Arif Nugroho
 12511010

Lampiran 30. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%



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

Jl. Kaharung M.L.14-4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Nabisir, Telp. (0274) 696472, 696440, Fax. 695330 Yogyakarta



SIKAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 12 Juni 2017
 Tipe Campuran : HKA
 : Aspal Starbit E-55 Filler 50% Abu Ampas Tebu
 Dikerjakan oleh : Arif Nugroho
 Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	a (mm)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g (gram)	h (%)	i (%)	j (mm)	k (mm)	l (mm)	m (mm)	n (mm)	o (mm)	p (mm)	q (mm)	r (mm)	MQ (mm)
5.5	70.58	5.82	1171.34	1174.56	551.03	524.53	2333	2333	2333	17.15	7.472	18.14	18.24	18.34	18.44	18.54	18.64	18.74	18.84
6	70.58	5.82	1171.34	1174.56	551.03	524.53	2333	2333	2333	17.15	7.472	18.14	18.24	18.34	18.44	18.54	18.64	18.74	18.84
6.5	70.58	5.82	1171.34	1174.56	551.03	524.53	2333	2333	2333	17.15	7.472	18.14	18.24	18.34	18.44	18.54	18.64	18.74	18.84
7	70.58	5.82	1171.34	1174.56	551.03	524.53	2333	2333	2333	17.15	7.472	18.14	18.24	18.34	18.44	18.54	18.64	18.74	18.84
7.5	70.58	5.82	1171.34	1174.56	551.03	524.53	2333	2333	2333	17.15	7.472	18.14	18.24	18.34	18.44	18.54	18.64	18.74	18.84

Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Penguji
 Arif Nugroho
 12511010

Ir. Subarkah, M.T.

Lanjutan Lampiran 31. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 50%

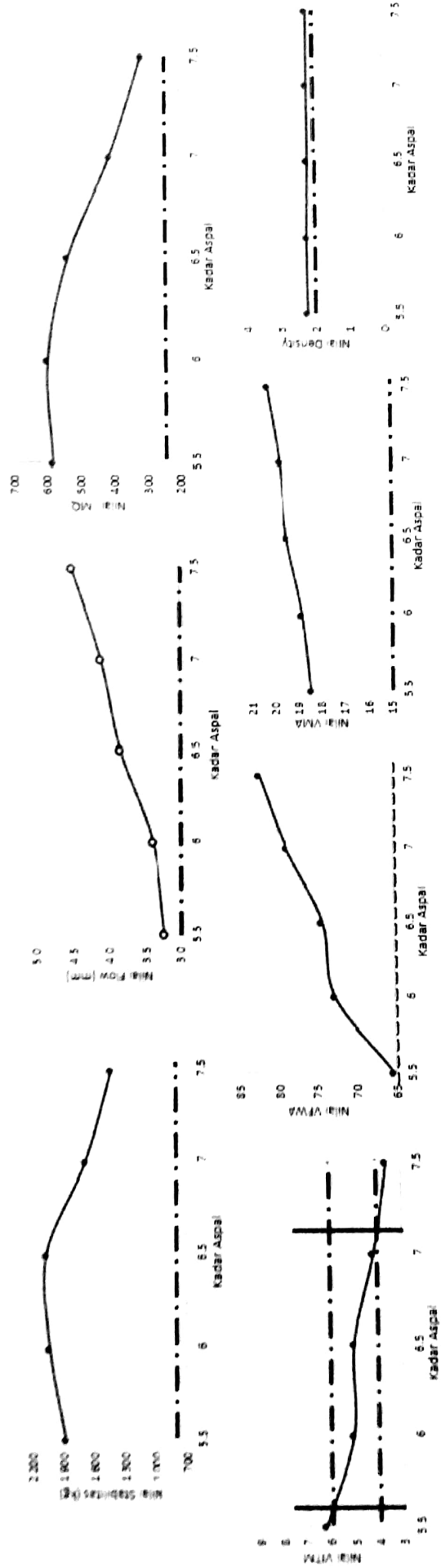


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UIL, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta



HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL STARBIT E-55 FILLER AAT 50%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

(Signature)

Ir. Subarkah, M.T

Pengwi

(Signature)

Asif Nugroho
 12511010

Lampiran 32. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%



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



Jl. Kalijudan KM.14.4 Kampus Tegalrejo, Telp. (0274) 896472, 896449, Fax. 895339 Yogyakarta

SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL

Tanggal Pengujian : 17 Juni 2017
Tipe Campuran : HPLA

Diperiksa oleh : Arif Nugroho
Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, M.T.

: Aspal Starbit E-55 Filler 100% Abu Ampas Tegal

Sampel	t (mm)	a (%)	b (%)	c (mm)	d (mm)	e (mm)	f (mm)	g (mm)	h (mm)	i (mm)	j (mm)	k (mm)	l VMA (db)	m VFA (%)	n VITAM (%)	o	p	q Koreksi Total	r Shad (kg)	s Flow (mm)	t MQ (kg/mm)
5.5	70.55	5.82	5.5	1181.87	1193.04	636.24	543.25	2.711	2.477	17.187	81.073	8.800	18.422	64.21	2.14	42	5.50	0.8400	14.9327	4.20	313.23
	70.55	5.82	5.5	1171.59	1176.52	651.03	557.12	2.221	2.373	12.316	81.115	8.722	16.58	65.73	2.37	75	1.9787	0.8400	13.3332	4.20	313.23
	72.00	5.82	5.5	1182.59	1185.44	657.72	527.72	2.241	2.372	12.325	82.145	5.330	17.50	69.03	3.33	70	1.49214	0.8184	12.1110	4.10	237.33
6	70.55	6.38	6.00	1120.89	1125.59	635.03	571.17	2.220	2.355	13.358	81.195	5.122	18.23	66.54	3.17	55	2.02552	0.8128	14.0532	4.15	324.51
	72.00	6.38	6.00	1104.08	1107.72	659.88	520.84	2.210	2.335	13.257	80.505	6.177	19.43	63.22	6.18	54	1.79227	0.8242	14.7384	4.20	313.23
	74.00	6.38	6.00	1142.64	1145.1	663.02	541.60	2.710	2.453	14.738	80.585	6.173	19.34	64.74	6.17	47	1.95111	0.8400	15.4300	4.10	244.30
6.5	70.55	6.95	6.50	1100.43	1100.99	654.02	592.37	2.191	2.233	14.242	79.402	6.252	20.52	69.30	6.29	52	1.97712	0.8332	13.9237	4.20	313.23
	70.55	6.95	6.50	1175.58	1183.88	672.04	570.81	1.975	2.438	14.877	81.400	4.587	18.14	80.01	4.20	43	1.98112	0.8400	15.7787	4.20	313.23
	69.95	6.95	6.50	1168.63	1168.59	656.27	572.66	2.191	2.238	11.269	79.562	6.156	20.12	69.65	6.16	52	1.71294	0.8511	11.8787	4.20	313.23
7	71.67	7.54	7.00	1172.88	1190.80	667.41	574.7	2.214	2.471	15.12	80.081	4.409	19.02	67.62	4.40	40	2.0712	0.8700	12.5553	4.10	207.41
	67.85	7.54	7.00	1165.61	1160.09	657.65	522.11	2.233	2.223	15.931	80.559	3.815	19.15	60.56	3.81	77	1.61138	0.8640	11.6201	4.20	313.23
	69.98	7.54	7.00	1157.20	1178.09	645.43	539.24	2.170	2.222	15.192	78.250	6.318	21.71	69.56	6.32	53	1.61138	0.8642	12.5577	4.20	313.23
7.5	69.66	8.11	7.50	1169.72	1161.11	658.23	525.66	2.213	2.303	14.507	79.100	6.003	20.80	77.88	3.94	56	1.7210	0.8343	12.427	4.20	210.10
	69.40	8.11	7.50	1107.09	1187.20	658.83	525.41	2.209	2.303	15.505	79.249	4.150	20.75	79.83	4.19	63	1.33530	0.8394	11.0301	4.20	242.29
	69.67	8.11	7.50	1164.80	1183.60	659.01	526.48	2.211	2.400	16.504	79.448	6.080	20.68	80.25	4.08	62	1.47181	0.8477	11.0153	4.20	244.74
								2.211					20.57	80.22	4.09			108.902			228.95

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.

Penguji

Arif Nugroho
12511010

Lanjutan Lampiran 33. Hasil Pengujian Marshall Mencari KAO Campuran Aspal Starbit E-55 Filler AAT 100%

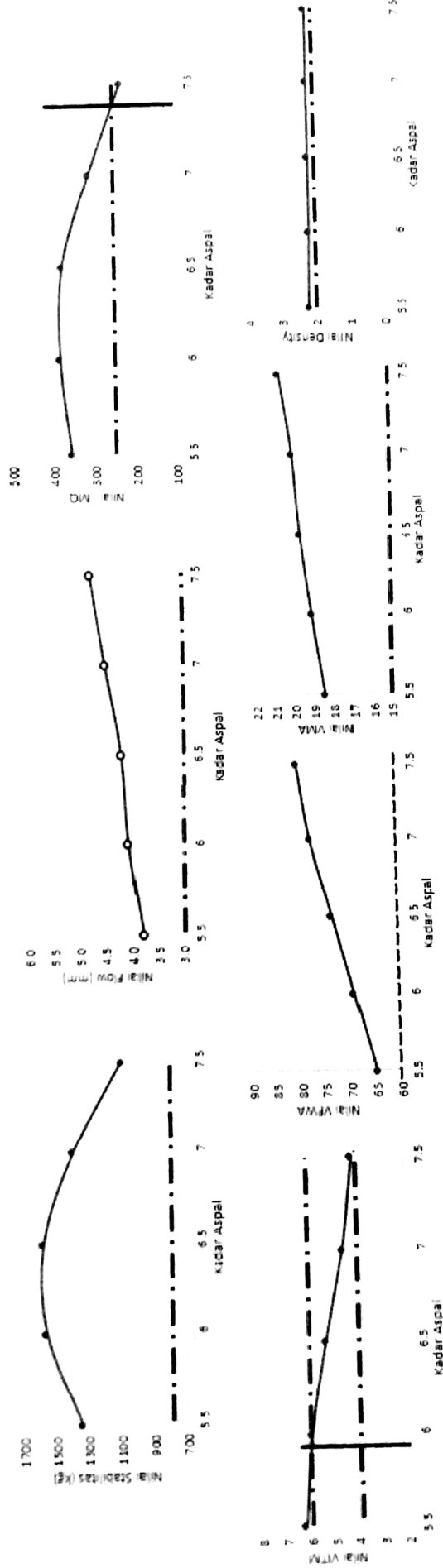


LABORATORIUM JALAN RAYA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Terpadu UIL, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

HASIL PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO UNTUK CAMPURAN ASPAL STARBIT E-55 FILLER AAT 100%



Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.

Penguji

Arif Nugroho
 12511010

Lampiran 34. Hasil Perhitungan Marshall Test dengan KAO pada Kadar Filler AAT (Pen 60/70)



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



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Jipadu UIL Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta

Asal/Material : Lab Jalan Raya FTSP UIL
 Jenis Campuran : HRA Bahan Ikut Aspal Pen 60/70
 Di kembangkan Oleh : Arif Nugroho

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Densitas	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFVA (%)	n VTM (%)	o	p	q Stabilitas (kg)	r Flas (mm)	s MQ (kg/mm)
P11	6.34	6.41	6.025	1171.73	1176.33	672.30	504.23	2.32	2.45	12.84	81.99	5.17	18.01	71.31	2.17	95	2025.05	2031.63	3.40	597.54
P12	6.29	6.41	6.025	1162.50	1177.67	673.89	503.78	2.31	2.45	12.76	81.41	5.83	18.59	63.62	2.83	105	2238.22	2269.92	3.25	638.44
P13	6.30	6.41	6.025	1164.29	1174.09	667.96	506.13	2.30	2.45	12.72	81.16	6.12	18.84	67.49	6.12	88	1875.84	1946.34	3.40	572.45
0% Filler								2.31					18.48	69.14	4.71	98	2046.37	2082.63	3.38	622.81
P14	6.74	6.72	6.50	1173.41	1177.70	671.86	503.84	2.32	2.44	13.41	81.60	4.99	18.40	72.88	4.99	98	2089.00	1852.71	3.50	535.65
P15	6.70	6.72	6.50	1173.24	1177.99	671.74	506.35	2.32	2.44	13.39	81.52	5.08	18.47	72.50	5.08	79	1683.99	1488.02	3.50	425.15
P16	6.69	6.72	6.50	1174.54	1180.06	674.65	505.41	2.32	2.44	13.43	81.74	4.82	18.25	73.60	4.82	74	1577.41	1397.68	3.40	411.08
50% Filler								2.32					18.37	73.00	4.96	98	1783.47	1672.80	3.47	483.29
P17	7.00	7.01	6.55	1181.94	1181.51	660.02	521.49	2.27	2.39	13.62	81.32	5.03	18.65	73.03	5.03	75	1598.75	1349.22	4.70	311.24
P18	7.05	7.01	6.55	1188.37	1188.88	667.50	521.38	2.28	2.39	13.70	81.81	4.49	18.19	74.29	4.49	77	1641.36	1376.04	4.50	320.01
P19	6.98	7.01	6.55	1186.35	1183.74	664.64	519.10	2.29	2.39	13.73	82.03	4.24	17.97	75.42	4.24	80	1702.31	1441.81	4.00	340.44
100% Filler								2.25					18.37	74.91	4.69	98	1620.04	1389.02	4.17	333.90

Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.

Penguji

 Arif Nugroho
 12511010

Lampiran 35. Hasil Perhitungan Marshall Test dengan KAO pada Kadar Filler Abu Ampas Tebu (Starbit E-55)



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



Jl. Kalitirang Km 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 896472, 896440, Fax. 8953350 Yogyakarta

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
 Jenis Campuran : HRA Bahan Ikat Starbit E 55
 Di kerjakan Oleh : Arif Nugroho

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VTM (%)	o	p	q Keraksi Tebal	r Stabilitas (kg)	s Flow (mm)	t r	MQ (kg/mm)
S11	6.35	6.35	6.30	1190.79	1192.56	683.88	508.68	2.34	2.41	14.75	82.35	2.90	17.65	83.56	2.90	100	2131.63	1.00	2131.63	3.20	666.14	666.14
S12	6.12	6.72	6.30	1174.25	1188.01	675.85	512.16	2.29	2.41	14.44	80.65	2.90	19.35	74.66	4.90	105	2238.22	1.06	2373.44	3.30	719.22	719.22
S13	6.19	6.72	6.30	1158.12	1186.98	663.79	523.19	2.21	2.41	13.95	77.87	8.19	22.13	63.01	8.19	90	1918.17	1.04	1995.21	3.15	633.10	633.10
0% Filler								2.28					19.71	73.74	6.33		2096.11		2166.76	3.22	672.92	672.92
S14	6.09	6.78	6.55	1170.47	1177.40	609.15	508.25	2.30	2.41	14.62	80.97	4.41	19.03	78.84	4.41	102	2174.27	0.89	1927.62	5.50	550.75	550.75
S15	6.84	6.78	6.35	1174.73	1181.90	669.95	511.95	2.29	2.41	14.57	80.68	4.75	19.32	75.41	4.75	97	2067.69	0.86	1776.34	3.30	538.29	538.29
S16	6.83	6.78	6.35	1199.32	1194.09	667.12	526.97	2.28	2.41	14.45	80.02	5.53	19.98	72.32	5.53	80	1703.31	0.86	1466.34	3.20	438.23	438.23
50% Filler								2.29					19.48	74.86	4.90		1983.42		1723.44	3.33	615.76	615.76
S17	6.94	7.12	6.65	1186.99	1182.35	655.56	526.99	2.25	2.35	14.98	80.76	4.26	19.24	77.84	4.26	82	1747.94	0.82	1484.45	3.90	380.63	380.63
S18	6.91	7.12	6.65	1193.25	1196.65	663.87	532.78	2.21	2.35	14.92	80.44	1.65	19.56	76.26	1.65	85	1811.89	0.85	1515.07	3.60	159.19	159.19
S19	7.06	7.12	6.65	1188.93	1188.96	659.70	529.26	2.25	2.35	14.94	80.54	4.52	19.46	76.78	4.52	80	1703.31	0.84	1438.06	3.50	408.02	408.02
100% Filler								2.28					19.42	76.96	4.48		1722.02		1486.86	3.67	406.94	406.94

Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Penguji

 Arif Nugroho
 12511010

Ir. Subarkah, M.T

Lampiran 36. Hasil Perhitungan Immersion Test Dengan Kadar Filler Abu Ampas Tebu (Pen 60/70)



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



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

Acal Material : Lab Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : HPA Bahan Ikut Aspal Pen 60/70
Di kerjakan Oleh : Arif Nugroho

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	w Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFA (%)	n VIM (%)	o	p	Koreksi Tabal	q Stabilitas (kg)	r Flow (mm)	s/Q (kg/mm)
P11	6.28	6.41	6.025	1160.10	1174.79	667.15	507.64	2.29	2.44	12.63	80.97	6.40	19.03	66.37	6.40	92	1961.10	1.00	1967.48	3.50	50.48
P12	6.36	6.41	6.025	1179.44	1183.73	680.72	503.01	2.34	2.44	12.96	83.08	3.96	16.92	76.58	3.96	90	1918.47	1.01	1945.65	3.40	57.25
P13	6.33	6.41	6.025	1169.72	1174.10	669.15	504.95	2.32	2.44	12.80	82.07	5.12	17.93	71.43	5.12	83	1769.26	1.04	1833.75	3.00	61.92
0% Filler								2.32					17.96	71.46	5.16		1882.94		1916.29	3.43	62.88
P14	6.66	6.72	6.30	1191.70	1195.63	672.30	523.33	2.28	2.43	13.16	80.44	6.39	19.56	67.30	6.39	70	1592.14	0.88	1599.08	4.80	272.72
P15	6.57	6.72	6.30	1183.01	1188.04	660.91	527.13	2.24	2.43	12.97	79.28	7.75	20.72	62.61	7.75	73	1536.09	0.88	1573.00	4.90	280.61
P16	6.63	6.72	6.30	1186.75	1191.44	661.86	529.58	2.24	2.43	12.95	79.16	7.88	20.84	62.16	7.88	77	1641.56	0.89	1644.35	4.20	346.27
30% Filler								2.26					20.37	64.02	7.34		1563.20		1579.48	4.63	299.57
P17	6.89	7.01	6.55	1172.81	1183.06	663.26	519.80	2.26	2.38	13.36	81.33	5.11	18.67	72.63	5.11	65	1385.56	0.84	1389.33	4.00	292.39
P18	6.88	7.01	6.55	1183.70	1194.38	677.53	516.85	2.29	2.38	13.76	82.56	3.68	17.14	78.90	3.68	63	1342.93	0.81	1345.85	3.80	296.28
P19	6.92	7.01	6.55	1179.30	1185.92	666.69	519.23	2.27	2.38	13.65	81.87	4.48	18.13	75.29	4.48	61	1300.30	0.85	1302.38	5.20	343.56
100% Filler								2.27					18.08	75.61	4.42		1364.23		1381.62	3.67	310.72

Mengetahui,
Rosen Pembimbing

Penguji
Arif Nugroho
12511010

Ir. Subarkah, M.T

Lampiran 37. Hasil Perhitungan Immersion Test Dengan Kadar Filler Abu Ampas Tebu (Starbit E-55)



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



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

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UIL
Jenis Campuran : ERA Bahan Bas Aspal Starbit E-55
Di kerjakan Oleh : Arif Nugroho

Sampele	t (cm)	m (%)	n (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VTM (%)	o	p	q Koreksi Tebal	r Stabilitas (kg)	s Flow (mm)	t MQ (kg/mm)
S1	6.28	6.50	6.10	6.10	1171.67	1177.61	662.52	515.09	2.28	2.42	13.88	80.20	5.92	19.80	70.10	5.92	97	2067.69	1.00	2067.69	3.00	689.23
S2	6.01	6.10	6.10	6.10	1148.90	1151.99	622.50	499.43	2.30	2.42	14.03	81.07	4.90	18.93	74.12	4.90	95	2023.05	1.00	2147.40	3.40	631.59
S3	6.21	6.50	6.10	6.10	1178.85	1183.92	664.14	519.78	2.27	2.42	13.83	79.93	6.21	20.03	69.01	6.21	89	1897.15	1.00	1897.15	3.10	636.46
50% Filler	6.85	6.78	6.35	6.35	1158.41	1168.72	620.25	548.47	2.11	2.41	13.41	74.26	12.33	25.74	52.10	12.33	85	1811.89	0.89	1996.63	4.53	682.43
S4	6.63	6.78	6.35	6.35	1143.67	1156.90	614.82	542.08	2.12	2.41	13.46	74.30	12.04	23.50	52.77	12.04	80	1703.51	0.86	1465.02	4.60	318.48
S5	6.63	6.78	6.35	6.35	1172.68	1172.62	648.07	524.37	2.24	2.41	14.20	78.60	7.21	21.40	66.33	7.21	82	1747.94	0.86	1503.00	4.60	326.74
50% Filler	7.05	7.12	6.65	6.65	1181.45	1187.72	656.51	531.21	2.22	2.35	14.79	79.74	5.47	20.26	75.01	5.47	72	1554.78	0.85	1824.79	4.53	316.10
S6	7.04	7.12	6.65	6.65	1193.13	1198.84	676.29	522.33	2.28	2.35	15.18	81.87	2.95	18.13	83.73	2.95	71	1313.46	0.85	1390.39	3.40	362.06
S7	7.07	7.12	6.65	6.65	1179.85	1185.42	650.23	535.19	2.20	2.35	14.66	79.04	6.30	20.96	69.95	6.30	67	1428.20	0.84	1196.00	3.50	362.42
100% Filler									2.24		19.78			78.66	78.66	4.91		1492.14		1263.34	3.43	368.02

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

(Signature)

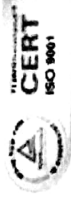
Ir. Subarkah, M.T

Penguji
(Signature)
Arif Nugroho
12511010

Lampiran 38. Hasil Perhitungan *Indirect Tensile Strength* Campuran Beraspat Pen 60/70



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



Jl. Kahurang KM 14,4 Kampus Terpadu UII, Gedung Moh. Natsir, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 8958330 Yogyakarta E-mail: lab_jiraya@yahoo.com

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
Jenis Campuran : HRA Bahan Ikar Aspal Pen 60/70
Di kerjakan Oleh : Arif Nugroho

Sampel	Jenis Campuran	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm ²)	Rata-rata
A	0% Filler AAT	6.025	1508.560	10	6.274	0.159	36.118	36.531
B		6.025	1493.634	10	6.314	0.159	37.499	
C		6.025	1578.916	10	6.260	0.159	39.977	
A	50% Filler AAT	6.300	1169.312	10	6.665	0.159	27.821	28.252
B		6.300	1203.838	10	6.337	0.159	29.102	
C		6.300	1156.229	10	6.585	0.159	27.834	
A	100% Filler AAT	6.550	1021.103	10	6.909	0.159	23.349	25.002
B		6.550	1145.438	10	6.757	0.159	26.871	
C		6.550	1065.176	10	6.785	0.159	24.896	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

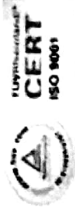
Ir. Subarkah, M.T.

Penguji
Arif Nugroho
12511010

Lampiran 39. Hasil Perhitungan *Indirect Tensile Strength* Campuran Beraspal Starbit E-55



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



Jl. Kaliurang KM 14,4 Kampus Tejupecta UII, Gedung Mub. Nabilah, Telp. (0274) 898472, 896440, Fax. 895330 Yogyakarta E-mail. lab.jlr@uii.ac.id, alupr.com

Asal Material : Lab. Jalan Raya FTSP UII
 Jenis Campuran : HKA Bahan Ikr Aspal Starbit E-55
 Di kajiakan Oleh : Arif Nugroho

Sampel	Jenis Campuran	KAO (%)	Beban Puncak (kg)	Diameter (cm)	Tebal (cm)	A0	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm ²)	Rata-rata
A	0% Filler AAT	6.100	1650.837	10	6.315	0.159	12.110	40.758
B		6.100	1502.392	10	6.290	0.159	37.861	
C		6.100	1643.674	10	6.205	0.159	41.993	
A	50% Filler AAT	6.350	1371.528	10	6.678	0.159	32.555	31.160
D		6.350	1500.916	10	6.700	0.159	30.644	
C		6.350	1293.838	10	6.577	0.159	31.183	
A	100% Filler AAT	6.650	1216.032	10	6.978	0.159	27.624	25.870
B		6.650	977.793	10	7.030	0.159	22.049	
C		6.650	1212.017	10	6.877	0.159	27.930	

Mengetahui,
 Dosen Pembimbing

Ir. Subarkah, M.T.

Penguji

Arif Nugroho
 12511010

Lampiran 17. Pemeriksaan Berat Jenis Filler Clereng



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



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

PEMERIKSAAN BERAT *FILLER* CLERENG

Material : *Filler* Clereng
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 2017

Pemeriksaan	Sampel	
	1	2
Berat <i>Vicnometer</i> Kosong (gr)	13,350	12,390
Berat <i>Vicnometer</i> + Aquadest (gr)	24,650	24,880
Berat <i>Aquadest</i> (gr)	11,300	12,490
Berat <i>Vicnometer</i> + <i>Filler</i> (gr)	14,350	13,310
Berat <i>Filler</i> (gr)	1,000	0,920
Berat <i>Vicnometer</i> + <i>Filler</i> + <i>Aquadest</i> (gr)	25,370	25,260
Berat <i>Aquadest</i> (gr)	11,020	11,950
Volume <i>Filler</i> (gr)	0,280	0,540
Berat Jenis <i>Filler</i>	3,571	1,704
Rata - Rata BJ <i>Filler</i>	2,638	

Mengetahui,
Kepala Lab. Jalan Raya UII

Ir. Subarkah, M.T

Peneliti

Arif Nugroho
12511010