

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH GERABAH SEBAGAI SUBSTITUSI *FILLER* TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* PADA CAMPURAN *SUPERPAVE*

**(*THE EFFECT OF USING GERABAH WASTE AS A
FILLER SUBSTITUTION OF MARSHALL
CHARACTERISTIC IN SUPERPAVE MIXTURE*)**

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



**Melyza Adityaningrum
16 511 030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH GERABAH SEBAGAI SUBSTITUSI *FILLER* TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL* PADA CAMPURAN *SUPERPAVE*

(*THE EFFECT OF USING GERABAH WASTE AS A
FILLER SUBSTITUTION OF MARSHALL
CHARACTERISTIC IN SUPERPAVE MIXTURE*)

Disusun Oleh

Melyza Adityaningrum

16511030

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

Diuji pada tanggal 4 April 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II



Subarkah, Ir. M.T.
NIP: 865110101



Miftahul Fauziah, Ph.D.
NIP: 955110103



Prayogo Afang P, S.T., M.Sc.
NIP: 205111301

Mengesahkan



Ketua Program Studi Teknik Sipil


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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Melyza Adityaningrum
NIM : 16511030
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan Limbah Gerabah Sebagai
Substitusi *Filler* Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada
Campuran *Superpave*

Dengan penuh kesadaran menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun guna syarat dalam penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil UII,, Yogyakarta merupakan karya saya sendiri. Apabila pada kemudian hari terdapat adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir , maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan dan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 4 April 2022

Yang membuat pernyataan,



Melyza Adityaningrum

(16 511 030)

DEDIKASI



Alhamdulillah rabbil 'alamin segala puji dan syukur penulis panjatkan pada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dengan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Joko Purwanto dan Almarhumah Ibu Linda,
Selaku Orang Tua penulis yang menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dan juga dukungan berupa doa maupun materiil yang tidak cukup untuk disebutkan satu persatu.
2. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bimbingan selama masa perkuliahan di Teknik Sipil UII hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini,
3. segenap teman-teman angkatan 2016 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga apa yang penulis sampaikan pada Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu penulis.

Terimakasih

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul *Pengaruh Penggunaan Limbah Gerabah Sebagai Substitusi Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Superpave*.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat banyak hambatan yang dihadapi oleh penulis. Namun, dengan bantuan bimbingan, saran, dan kritik dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis ini mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Subarkah, Ir. M.T., selaku Dosen Pembimbing,
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji,
3. Bapak Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc., selaku Dosen Penguji dan Kepala Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII,
4. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII,
5. Bapak Sukamto dan Bapak Pranoto, selaku Laboran Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, dan
6. orang-orang yang telah membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 4 April 2022

Penulis,

Melyza Adityaningrum
(16511030)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xx
<i>ABSTRACT</i>	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.2 Penelitian Tentang Penggunaan Limbah Gerabah	5
2.3 Penelitian Tentang <i>Superpave</i>	6
2.4 Perbandingan Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Umum	10
3.2 Bahan Penyusun Perkerasan	11
3.2.1 Agregat	11

3.2.2 Aspal	12
3.2.3 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	14
3.3 Campuran <i>Superpave</i>	14
3.4 Karakteristik Campuran	15
3.5 Karakteristik Pengujian <i>Marshall</i> (<i>Marshall Test</i>)	15
3.5.1 Kepadatan (<i>Density</i>)	15
3.5.2 Stabilitas (<i>Stability</i>)	16
3.5.3 Kelelehan (<i>Flow</i>)	16
3.5.4 <i>Void Filled With Asphalt</i> (VFWA)	17
3.5.5 <i>Void In Material Agregate</i> (VMA)	17
3.5.6 <i>Void In The Mix</i> (VITM)	17
3.5.7 <i>Marshall Quotient</i> (MQ)	18
3.6 Pengujian Perendaman (<i>Immersion Test</i>)	18
3.7 Pengujian Gaya Tarik (<i>Indirect Tensile Strength/ITS</i>)	19
BAB IV METODE PENELITIAN	20
4.1 Tinjauan Umum	20
4.2 Metode Pengambilan Sampel	20
4.3 Metode Pengambilan Data	20
4.4 Tahapan Penelitian	21
4.4.1 Persiapan Bahan	21
4.4.2 Pemeriksaan Bahan	21
4.4.3 Persiapan Alat	22
4.4.4 Rencana Pembuatan Benda Uji	23
4.4.5 Kebutuhan Agregat dan <i>Filler</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum pada <i>Filler</i> Gerabah	29
4.4.6 Pengujian <i>Marshall</i> Standar	31
4.4.7 Pengujian Perendaman <i>Marshall</i> (<i>Immersion Test</i>)	32
4.4.8 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	33
4.4.9 Analisis Data	33
4.4.10 Bagan Alir Metode Penelitian	35
BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	38

5.1	Hasil Pengujian Karakteristik Material dan Campuran	38
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	38
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	38
5.1.3	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus	39
5.1.4	Hasil Pengujian Karakteristik <i>Filler</i> Clereng dan <i>Filler</i> Pengganti	39
5.1.5	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	40
5.2	Pembahasan Pengujian	63
5.3.1	Pembahasan Pengujian Karakteristik Aspal	63
5.3.2	Pembahasan Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	65
5.3.3	Pembahasan Pengujian Karakteristik Agregat Halus	66
5.3.4	Pembahasan Pengujian Karakteristik <i>Filler</i>	67
5.3.5	Pembahasan Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	67
5.3.6	Pembahasan Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah)	78
5.3.7	Pembahasan Pengujian <i>Immersion Test</i>	87
5.3.8	Pembahasan Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i>	89
5.3	Hasil Penggunaan <i>Filler</i> Gerabah pada Campuran <i>Superpave</i>	90
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		91
6.1	Kesimpulan	91
6.2	Saran	92
DAFTAR PUSTAKA		93

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar	12
Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus	12
Tabel 3.3 Persyaratan Aspal Keras	13
Tabel 3.4 Ketentuan <i>Filler</i>	14
Tabel 3.5 Spesifikasi Gradasi Campuran <i>Superpave</i>	15
Tabel 4.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat	22
Tabel 4.2 Ketentuan untuk Aspal Keras	22
Tabel 4.3 Tabel Batas Gradasi Agregat Campuran <i>Superpave</i> Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm	25
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%	26
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5 %	26
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%	27
Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	27
Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%	27
Tabel 4.9 Proporsi Filler pada Tiap Kadar Aspal	28
Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO	28
Tabel 4.11 Jumlah Benda Uji untuk Variasi Kadar Aspal dan Kadar <i>Filler</i>	28
Tabel 4.12 Rencana Agregat pada Kadar <i>Filler</i> 0% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,575%	29
Tabel 4.13 Rencana Agregat pada Kadar <i>Filler</i> 25% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,650%	29
Tabel 4.14 Rencana Agregat pada Kadar <i>Filler</i> 50% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,700%	30
Tabel 4.15 Rencana Agregat pada Kadar <i>Filler</i> 75% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,725%	30
Tabel 4.16 Rencana Agregat pada Kadar <i>Filler</i> 100% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,750%	30
Tabel 4.17 Rencana <i>Filler</i> Gerabah pada Kadar Aspal Optimum	31
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	38

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng	38
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng	39
Tabel 5.4 Hasil Pengujian <i>Filler</i>	39
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Filler Gerabah 0%	40
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan <i>Filler</i> Gerabah 25%	45
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan <i>Filler</i> Gerabah 50%	49
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan <i>Filler</i> Gerabah 75%	54
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan <i>Filler</i> Gerabah 100%	58
Tabel 5.10 Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum pada <i>Filler</i> Gerabah	63
Tabel 5.11 Rekapitulasi Nilai Stabilitas pada Variasi Filler Gerabah	68
Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai Flow pada Variasi Filler Gerabah	70
Tabel 5.13 Rekapitulasi Nilai MQ pada Variasi Filler Gerabah	71
Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai VFWA pada Variasi Filler Gerabah	73
Tabel 5.15 Rekapitulasi Nilai <i>VITM</i> pada Variasi <i>Filler</i> Gerabah	74
Tabel 5.16 Rekapitulasi Nilai <i>VMA</i> pada Variasi <i>Filler</i> Gerabah	76
Tabel 5.17 Rekapitulasi Nilai <i>Density</i> pada Variasi <i>Filler</i> Gerabah	77
Tabel 5.18 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum	79
Tabel 5.19 Hasil Pengujian <i>Immersion Test</i>	87
Tabel 5.20 Rekapitulasi Penggunaan Kadar <i>Filler</i> Gerabah	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Gradasi Agregat Campuran <i>Superpave</i> Ukuran Nominal	
Maksimum 12,5 mm	25
Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian	36
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	41
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	41
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	42
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	42
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	43
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i> pada Kadar	
<i>Filler</i> Gerabah 0%	43
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 0%	44
Gambar 5.8 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i>	
Gerabah 0%	44
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	45
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	46
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	46
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	47
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i> pada	
Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	47

Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	48
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	48
Gambar 5.16 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 25%	49
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	50
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	50
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	51
Gambar 5.20 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	51
Gambar 5.21 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	52
Gambar 5.22 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	52
Gambar 5.23 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	53
Gambar 5.24 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 50%	53
Gambar 5.25 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	54
Gambar 5.26 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	55
Gambar 5.27 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	55
Gambar 5.28 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	56

Gambar 5.29 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	56
Gambar 5.30 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	57
Gambar 5.31 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	57
Gambar 5.32 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 75%	58
Gambar 5.33 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	59
Gambar 5.34 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	59
Gambar 5.35 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	60
Gambar 5.36 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	60
Gambar 5.37 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	61
Gambar 5.38 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	61
Gambar 5.39 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i> pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	62
Gambar 5.40 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar <i>Filler</i> Gerabah 100%	62
Gambar 5.41 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	68
Gambar 5.42 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	70
Gambar 5.43 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i>	72
Gambar 5.44 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	73
Gambar 5.45 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	75
Gambar 5.46 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	76
Gambar 5.47 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Density</i>	78

Gambar 5.48 Hasil Nilai Stabilitas Menggunakan Kadar Aspal Optimum	79
Gambar 5.49 Hasil Nilai <i>Flow</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	81
Gambar 5.50 Hasil Nilai <i>MQ</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	82
Gambar 5.51 Hasil Nilai <i>VITM</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	83
Gambar 5.52 Hasil Nilai <i>VFWA</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	84
Gambar 5.53 Hasil Nilai <i>VMA</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	85
Gambar 5.54 Hasil Nilai <i>Density</i> Menggunakan Kadar Aspal Optimum	86
Gambar 5.55 Hasil Pengujian <i>Immersion Test</i>	87
Gambar 5.56 Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap Nilai <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	88
Gambar 5.57 Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	95
Lampiran 2 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	96
Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas Aspal	97
Lampiran 4 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam Larutan <i>TCE</i>	98
Lampiran 5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	99
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	100
Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Clereng	101
Lampiran 8 Pemeriksaan Keausan Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	102
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Clereng	103
Lampiran 10 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i> Agregat Halus Clereng	104
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Clereng	105
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Gerabah	106
Lampiran 13 Analisis Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 0%	107
Lampiran 14 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 0%	108
Lampiran 15 Analisis Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 25%	109
Lampiran 16 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 25%	110
Lampiran 17 Analisis Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 50%	111
Lampiran 18 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 50%	112
Lampiran 19 Analisis Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 75%	113
Lampiran 20 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 75%	114

Lampiran 21 Analisis Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO	
Dengan Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 100%	115
Lampiran 22 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> Dalam Mencari Nilai KAO Dengan	
Menggunakan <i>Filler</i> Pengganti (Gerabah) 100%	116
Lampiran 23 Hasil Pengujian Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap Pengujian	
<i>Marshall</i> 0,5 Jam Menggunakan KAO	117
Lampiran 24 Grafik Hasil Pengujian Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap	
Pengujian <i>Marshall</i> 0,5 Jam Menggunakan KAO	118
Lampiran 25 Hasil Pengujian Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap Pengujian	
<i>IRS</i> Menggunakan KAO	119
Lampiran 26 Grafik Hasil Pengujian Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap	
Pengujian <i>IRS</i> Menggunakan KAO	120
Lampiran 27 Hasil Pengujian Pengaruh <i>Filler</i> Gerabah Terhadap Pengujian	
<i>Indirect Tensile Strength</i> Menggunakan Nilai KAO	121

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

Agregat	: Butiran batu pecah
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 senyawa hidrokarbon, berwarna cokelat gelap atau hitam pekat yang tersusun atas aspaltenes, maltenes, dan oil.
<i>Asphalt Concrete</i>	: Lapisan aspal beton
Bahan Pengisi/ <i>Filler</i>	: Butiran yang lolos saringan No.200 (0,075 mm)
Daktilitas	: 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 bahan ikat.
<i>Flow</i>	: Kelelehan plastis, perubahan bentuk suatu campuran akibat suatu beban sampai batas runtuh (mm).
Gradasi	: Campuran butiran agregat yang 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 dari rentang gradasi pada spesifikasi gradasi agregat.
Laston	: Lapisan Aspal Beton
<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%
<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 menerima beban tanpa mengalami perubahan bentuk
VFWA	: Volume aspal yang mengisi rongga yang ada dalam campuran, dinyatakan dalam %
VITM	: Volume rongga terhadap volume total campuran setelah dipadatkan, dinyatakan dalam % volume.
VMA	: Volume rongga yang terdapat diantara butir agregat dalam campuran perkerasan, dinyatakan dalam % volume.
<i>Superpave</i>	: <i>Superior Performing Asphalt Pavement</i>
<i>SHRP</i>	: <i>Strategic Highway Research Program</i>
<i>ASTM</i>	: <i>American Standard Testing and Material</i>

<i>AASHTO</i>	: <i>American Association of State Highway and Transportation Officials.</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
<i>MQ</i>	: <i>Marshall Quotient</i>
<i>SSD</i>	: <i>Saturated Surface Dry</i>
KAO	: Kadar Aspal Optimum
S_1	: Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
S_2	: Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

ABSTRAK

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan masyarakat guna mobilisasi aktivitas. Maka itu dibutuhkan kualitas jalan yang baik. Campuran terdiri dari aspal, agregat, dan *Filler* sebagai pengisi antar rongga agregat. Mengingat pentingnya peranan *Filler* tersebut dilakukan inovasi *Filler* pengganti berupa limbah Gerabah, dikarenakan banyak limbah Gerabah yang tersisa. Penelitian ini untuk mengetahui kelayakan limbah Gerabah sebagai *Filler* pengganti pada campuran *Superpave* dengan ukuran nominal 12,5 mm.

Penelitian dilakukan beberapa tahap. Tahap pertama melakukan pengujian material yang terdiri dari pengujian aspal, agregat, dan *Filler*. Tahap selanjutnya menentukan kadar aspal optimum pada campuran *superpave* dengan proporsi *Filler* pengganti 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap *Filler* Clereng. Kemudian, membuat benda uji campuran untuk dilakukan pengujian karakteristik *Marshall*, pengujian *Immersion*, dan pengujian *ITS*. Setelah itu, dilakukan analisis dan pembahasan mengenai pengujian yang dilakukan. Standar yang digunakan untuk pemeriksaan material mengacu pada Bina Marga 2018.

Hasil penelitian terhadap karakteristik *Marshall*, berupa penurunan nilai stabilitas seiring bertambahnya *Filler* Gerabah sedangkan nilai *Flow* mengalami kenaikan. Nilai *MQ* dan *VFWA* mengalami penurunan, sebaliknya nilai *VITM* dan *VMA* mengalami peningkatan. Hasil *Immersion Test* dan *IRS* menunjukkan penurunan seiring adanya penambahan *Filler* Gerabah, penurunan sebesar 8%-11%. Hal ini menunjukkan ketahanan campuran gerabah lebih buruk dibandingkan campuran clereng. Sedangkan hasil dari kemampuan menahan gaya tarik (*ITS*) campuran *Superpave* menurun seiring bertambah *Filler* Gerabah, penurunan hingga 7% pada kadar *Filler* 100%. Hal ini menunjukkan campuran Gerabah dalam menahan kuat tarik semakin menurun dibandingkan *Filler* Clereng. Kadar *Filler* Gerabah yang layak digunakan pada 0%-75% terhadap *Filler* Clereng.

Kata-kata Kunci: Limbah Gerabah, Clereng, *Filler* Pengganti, *Superpave*, *Marshall*

ABSTRACT

The highway is one of the transportation infrastructure that is needed by the community to mobilize their activities. Because of that, good quality of the highway is needed. The mixture consists of asphalt, aggregate, and Filler for filling cavity between the aggregate. Given the importance of the use of Filler then the innovative Filler was carried out with Gerabah waste, because too much Gerabah waste is useless. The purpose of this research is to find the feasibility of Gerabah Waste as a substitute of Filler on Superpave mixture of nominal size 12,5 mm.

The research was carried out in several stages. The first stage was testing the material, there is asphalt testing, aggregate, and Filler. For the next step is to determine the measure of optimum Asphalt on Superpave Mixture in the proportion of substitute Filler 0%, 25%, 50%, 75%, 100% of Filler Clereng. Then make sample mixture for Marshall Test, Immersion Test, and ITS Test. After that, the next stage is analysis and discussion about the result. The standards used in examining of materials refer to Bina Marga 2018.

The results of the research on Marshall characteristics, there is degradation of stability when the substitute is rising, while the value of Flow is increased. The values of MQ and VFWA were decreased, whereas, the value of VITM and VMA were increased. The results of the Immersion Test and IRS showed a decrease with the addition of Gerabah Filler, a decrease of 8%-11%. This shows durability of Gerabah mixture not as good as Clereng mixture. Meanwhile, the results of the tensile strength (ITS) of the Superpave mixture decreased as the Gerabah Filler increased, a decrease around 7% at 100% Gerabah Filler. This shows the Gerabah mixture in resisting tensile strength decreases than Clereng mixture. Gerabah Filler that is suitable for use is 0%-75% of Filler Clereng.

Keywords : gerabah waste, clereng, filler substitute, marshall, superpave

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang dibutuhkan masyarakat guna mobilisasi aktivitas sehari-hari. Tentunya sebagai prasarana transportasi, jalan raya yang dibutuhkan harus mampu memberikan layanan keamanan dan kenyamanan. Salah satunya memiliki kemampuan mencapai umur rencana perkerasan. Oleh karena itu, dibutuhkan perkerasan yang dapat menahan beban diatasnya dan mengurangi resiko kerusakan pada prasarana jalan raya ini. Selain itu, nilai kenyamanan prasarana transportasi juga diperlukan para penggunanya.

Ardi (2020) menyatakan kondisi jalan pada saat ini mengalami proses penuaan yang diakibatkan beban lalu lintas yang tinggi dan iklim tropis yang berakibat pada tingginya temperatur. Salah satu inovasi untuk mendapat kualitas jalan yang bagus adalah campuran *Superpave*. *Superpave* (*Superior Performing Asphalt Pavements*) merupakan aspal yang dirancang berdasarkan iklim dan suhu di mana aspal tersebut akan digunakan sebagai perkerasan jalan dan beban lalu lintas yang tinggi. Campuran *Superpave* ini hampir sama dengan campuran perkerasan yang lainnya. Perbedaannya terletak pada gradasi agregat pada campuran.

Campuran *Superpave* tersebut terdiri dari aspal, agregat yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan. Salah satu material dalam campuran perkerasan ini yaitu agregat. Agregat ini dibedakan menjadi 2 macam yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar ini berupa batu yang dipecah dengan mesin *stone crusher* dan untuk agregat halus terdapat beberapa bagian berdasarkan ukuran salah satunya *Filler*. *Filler* merupakan agregat halus sebagai bahan pengisi pada campuran perkerasan untuk mengisi rongga yang ada. *Filler* ini berasal dari sumber daya alam yang dapat digunakan dan semakin lama akan habis persediaannya. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain pengganti *Filler* dengan

menggunakan bahan lain yang ada. Alternatif yang dapat digunakan berupa limbah produksi yang menumpuk dan belum ada solusi positif untuk penanganannya. Hal ini dilakukan guna mengurangi kerusakan alam dengan mendaur ulang limbah produksi dan juga dapat memangkas biaya perencanaan perkerasan. Abu ampas tebu merupakan salah satu inovasi yang dinyatakan layak sebagai bahan pengganti *Filler*. Fauziah, Kushari, & Ranski (2014) menyatakan abu ampas tebu layak digunakan sebagai pengganti bahan pengisi pada campuran *Superpave*. Tetapi, semakin besar persentase penggunaan *Filler* abu ampas tebu ke dalam campuran *Superpave* maka stabilitas campuran tersebut semakin menurun.

Limbah produksi lain yang masih cukup banyak ada pada produksi kerajinan Gerabah yang berada di Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul. Perdana, Harijoko, & Vance Hansen Yong (2012) menyatakan bahan baku yang digunakan pengrajin gerabah di Kasongan adalah lempung yang berasal Desa Bangunjiwo, lokasinya berdekatan dengan sentra industri gerabah. Lempung tersebut dicampur dengan pasir untuk dijadikan bahan gerabah. Daerah ini cukup banyak melakukan produksi Gerabah untuk dijadikan kerajinan tetapi juga menghasilkan limbah Gerabah yang tidak sedikit. Limbah ini berasal dari sisa produksi maupun gagal produksi. Arkan (2018) menyatakan bahwa terdapat 400 unit usaha Gerabah yang pembuatannya menghasilkan limbah sebanyak 10 kg limbah Gerabah dalam seminggu.

Berdasarkan data tersebut, apabila diakumulasi menghasilkan limbah Gerabah sejumlah ± 208.000 kg per tahun. Apabila limbah Gerabah ini tidak dimanfaatkan kembali maka dapat mencemari lingkungan sekitar dan penumpukan.

Pengelolaan limbah Gerabah ini dapat menjadi alternatif untuk menjadikan limbah Gerabah sebagai substitusi bahan pengisi pada campuran perkerasan yang ada salah satunya campuran *Superpave*. Selain penanganan limbah Gerabah juga dapat mengurangi pengambilan bahan dari alam yang terbatas ketersediaannya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Superpave* berbahan ikat aspal pertamina dan nilai KAO tiap campuran?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap *Indirect Tensile Strenght (ITS)* ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap *Immersion Test* durabilitas campuran *Superpave*?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap Berapa kadar *Filler* limbah Gerabah yang memenuhi untuk digunakan pada campuran *Superpave*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap karakteristik *Marshall* campuran *Superpave* berbahan ikat aspal pertamina dan nilai KAO setiap campuran.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap nilai *Indirect Tensile Strenght (ITS)*.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan *Filler* limbah Gerabah terhadap nilai *Immersion Test* durabilitas campuran *Superpave*.
4. Mengetahui persentase kadar *Filler* limbah Gerabah yang baik digunakan pada campuran *Superpave*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah variasi inovasi bahan substitusi *Filler* pada campuran *Superpave*.
2. Pengelolaan limbah Gerabah agar tidak menjadi sampah.
3. Menjadi pedoman pemanfaatan limbah Gerabah sebagai *Filler*.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Campuran *Superpave* dengan ukuran nominal maksimum 12,5 mm yang akan digunakan.
2. Jenis aspal yang digunakan yaitu aspal Penetrasi 60/70 dari PT.Pertamina.
3. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng.
4. Bahan substitusi *Filler* yang digunakan adalah limbah Gerabah.
5. Gradasi agregat yang digunakan gradasi *Superpave*.
6. Limbah Gerabah didapatkan dari limbah Gerabah kasongan dan tidak dicek kemurniannya.
7. Persentase *Filler* Gerabah yang digunakan menggunakan berat (gram). Belum adanya kesetaraan volume.
8. Tidak memperhitungkan reaksi kimia yang terjadi.
9. *Filler* Gerabah yang digunakan lolos saringan No. 200
10. Pengujian dilakukan dengan kadar limbah Gerabah 0%,25%,50%,75%, dan 100% terhadap *Filler* Clereng.
11. Pengujian yang dilakukan terdiri dari *Marshall Test*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*.
12. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan campuran bahan agregat dan aspal yang kemudian dihamparkan menjadi lapisan diantara tanah dasar dan roda kendaraan. Lapisan perkerasan ini guna menahan beban lalu lintas yang diatasnya, maka diperlukan campuran perkerasan yang baik dan dapat memenuhi masa layannya. Sukirman (2003) menyatakan agar mendapatkan perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan mengenai sifat, pengadaan, dan pengolahan bahan material perkerasan jalan sangat diperlukan.

2.2 Penelitian Tentang Penggunaan Limbah Gerabah

Arkan (2018) melakukan penelitian menggunakan limbah Gerabah namun membandingkan menggunakan bahan ikat aspal pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-55. Menunjukan bahwa hasil penelitian yang di dapatkan nilai *Marshall* dengan kadar *Filler* 0%,25%,50%,75%,100% menunjukan pengaruh *Filler* Gerabah pada campuran AC-WC berbahan ikat aspal pertamina yaitu nilai *VITM*, *VMA*, dan *Flow* mengalami peningkatan seiring kadar Gerabahnya bertambah. Sedangkan nilai *VFWA* dan *MQ* cenderung mengalami penurunan seiring kadar Gerabahnya bertambah. Nilai stabilitas meningkat sampai titik jenuhnya lalu menurun seiring bertambahnya kadar Gerabah. Nilai *ITS* semakin menurun seiring bertambahnya kadar Gerabah. Nilai *IRS* semakin menurun seiring bertambahnya kadar *Filler* Gerabah. Sedangkan ketika menggunakan bahan ikat aspal Starbit cenderung hampir sama dengan aspal pertamina yang membedakan hanya pada penurunan dan kenaikan nilai tiap pengujiannya. Kadar Gerabah yang dapat digunakan menggunakan aspal pertamina yaitu 0%-30% dan didapatkan nilai tengahnya 15%. Sedangkan ketika menggunakan aspal Starbit yaitu 0%-27% dan didapatkan nilai tengahnya 13,5%. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan 6,225% untuk aspal pertamina dan 6,375% untuk aspal Starbit.

Utama (2017) menyatakan pengaruh penggunaan serbuk batu bata sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas dan *MQ* lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan abu batu tetapi memiliki nilai *Flow* lebih rendah dibandingkan serbuk abu batu. Campuran menggunakan serbuk batu bata sebagai substitusi *Filler* lebih baik dibandingkan *Filler* abu batu. Apabila dikombinasikan, penggunaan serbuk batu bata lebih banyak memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan serbuk abu batu.

2.3 Penelitian Tentang *Superpave*

Aminah (2015) menunjukkan limbah batu andesit dapat digunakan menjadi substitusi bahan pengisi dalam campuran *Superpave* karena telah memenuhi spesifikasi. Dari pengujian ini didapatkan hasil nilai *MQ*, *VITM*, dan nilai *Density* meningkat seiring kadar *Filler* limbah meningkat namun tidak signifikan. Nilai *Flow*, *VFWA*, dan *VMA* mengalami penurunan tidak signifikan juga adanya penurunan yang signifikan terhadap nilai stabilitas seiring meningkatnya kadar *Filler* limbah batu andesit. Penggunaan bahan pengisi limbah batu andesit dalam campuran *Superpave* membuat campuran lebih tahan terhadap gaya tarik dan meningkatkan campuran *Superpave* menahan benturan.

Fauziah, Kushari, & Ranski (2014) menyatakan abu ampas tebu layak digunakan sebagai pengganti bahan pengisi pada campuran *Superpave*. Semakin besar persentase penggunaan *Filler* abu ampas tebu ke dalam campuran *Superpave* maka menghasilkan nilai stabilitas, *VITM*, *VMA* yang semakin menurun, sedangkan nilai *flow*, *VFWA*, *MQ* dan *Index of Retained Strength* pada campuran semakin tinggi.

Taufiq (2017) menunjukkan bahwa limbah kaca yang digunakan pada campuran *Superpave*. Hasil yang didapatkan pada karakteristik *Marshall* yaitu nilai stabilitas mengalami peningkatan, *Flow* mengalami penurunan, nilai *MQ* mengalami peningkatan, *VITM* mengalami penurunan, *Density* mengalami peningkatan, *VFWA* mengalami peningkatan, dan *VMA* mengalami penurunan. Nilai *Index of Retained Strength* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar *Filler* kaca, hal ini menunjukan keawetan semakin

meningkat. Nilai *Indirect Tensile Strength* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *Filler* kaca sehingga campuran cenderung mudah terjadi keretakan.

2.4 Perbandingan Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan limbah Gerabah sebagai substitusi bahan pengisi. Gerabah merupakan hasil kerajinan tangan yang berbahan dasar dari tanah liat yang dibentuk menggunakan alat putar kemudian dibakar dan hasilnya dijadikan peralatan yang digunakan sehari-hari. Bahan dasar dari Gerabah ini berupa mineral lempung yang memiliki beberapa sifat khas-nya yaitu apabila dalam keadaan basah mempunyai sifat plastis apabila dalam keadaan kering akan menjadi keras dan apabila dibakar akan menjadi padat dan kuat. Winarno (2016) menyatakan bahwa analisis *XRD*, *XRF*, analisis tingkat kecerahan, analisis ukuran butir, dan pengujian pembuatan Gerabah dari lempung merupakan metode yang digunakan untuk menguji karakteristik lempung yang layak atau tidak untuk bahan baku industri Gerabah. Gerabah Kasongan tersusun dari kaolinit dan haloisit.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah Gerabah yang akan digunakan sebagai substitusi *Filler* Clereng, untuk mengetahui nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) pada karakteristik nilai uji *Marshall*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength Test*. Berikut merupakan persamaan dan perbedaan dengan penelitian terdahulu pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Aminah (2015)	Utama (2017)	Taufiq (2017)	Arkan (2018)	Penulis (2022)
1.	Judul	Pengaruh Kadar Limbah Batu Andesit Sebagai <i>Filler</i> Pengganti Terhadap Karakteristik Campuran <i>Superpave</i>	Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Bata sebagai <i>Filler</i> pada Campuran Laston (AC-WC)	Karakteristik Campuran <i>Superpave</i> Dengan Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Pengganti <i>Filler</i>	Pemanfaatan Limbah Gerabah Kasongan Sebagai Pengganti Bahan Pengisi Pada Campuran Lapisan AC-WC	Pengaruh Penggunaan Limbah Gerabah Sebagai Substitusi <i>Filler</i> Pada Campuran <i>Superpave</i>
2.	Jenis Campuran	<i>Superpave</i>	AC-WC	<i>Superpave</i>	AC-WC	<i>Superpave</i>
3.	Jenis Aspal	Pertamina Pen 60/70	Pertamina Pen 60/70	Pertamina Pen 60/70	Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-55	Pertamina Pen 60/70
4.	<i>Filler</i>	Batu Andesit	Batu Bata	Kaca	Gerabah	Gerabah
5.	Hasil Penelitian	nilai <i>MQ</i> , <i>VITM</i> , dan nilai <i>Density</i> meningkat seiring kadar <i>Filler</i> limbah meningkat namun tidak	pengaruh penggunaan serbuk batu bata sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas dan <i>MQ</i> lebih tinggi	nilai stabilitas mengalami peningkatan, <i>Flow</i> mengalami penurunan, nilai <i>MQ</i> mengalami peningkatan, <i>VITM</i> mengalami penurunan,	pengaruh <i>Filler</i> Gerabah pada campuran AC-WC berbahan ikat aspal pertamina yaitu nilai <i>VITM</i> , <i>VMA</i> , dan <i>Flow</i> mengalami peningkatan seiring kadar	

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu						
No.	Aspek	Aminah (2015)	Utama (2017)	Taufiq (2017)	Arkan (2018)	Penulis (2022)
	Hasil Penelitian	signifikan. Nilai <i>Flow</i> , <i>VFWA</i> , dan <i>VMA</i> mengalami penurunan tidak signifikan membuat campuran lebih tahan terhadap gaya tarik dan meningkatkan campuran <i>Superpave</i> menahan benturan	dibandingkan dengan menggunakan abu batu tetapi memiliki nilai <i>Flow</i> lebih rendah dibandingkan serbuk abu batu. Campuran menggunakan serbuk batu bata sebagai substitusi <i>Filler</i> lebih baik dibandingkan <i>Filler</i> abu batu. Apabila dikombinasikan, penggunaan serbuk batu bata lebih banyak memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan serbuk abu batu.	<i>Density</i> mengalami peningkatan, <i>VFWA</i> mengalami peningkatan, dan <i>VMA</i> mengalami penurunan. Nilai <i>Index of Retained Strength</i> mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar <i>Filler</i> kaca, hal ini menunjukkan keawetan semakin meningkat. Nilai <i>Indirect Tensile Strength</i> mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar <i>Filler</i> kaca sehingga campuran cenderung mudah terjadi keretakan.	Gerabahnya bertambah. Nilai <i>VFWA</i> dan <i>MQ</i> cenderung mengalami penurunan seiring kadar Gerabahnya bertambah. Nilai stabilitas meningkat sampai titik jenuhnya lalu menurun seiring bertambahnya kadar Gerabah. Nilai <i>ITS</i> semakin menurun seiring bertambahnya kadar Gerabah. Nilai <i>IRS</i> semakin menurun seiring bertambahnya kadar <i>Filler</i> Gerabah. Sedangkan ketika menggunakan bahan ikat aspal Starbit cenderung hampir sama dengan aspal pertamina.	-

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Perkerasan jalan merupakan struktur yang dapat digunakan melindungi tanah dari beban roda kendaraan. Lapisan perkerasan ini terletak di atas tanah dasar (*sub-grade*). Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas agar dapat menahan secara luas. Perkerasan yang digunakan harus memberikan permukaan yang rata dengan umur pelayanan yang cukup panjang dan juga pemeliharaan yang minimum.

Menurut Hardiyatmo (2011) ada beberapa tipikal perkerasan yang biasa digunakan dan dipilih dengan pertimbangan yang ada. Tipe perkerasan yang banyak digunakan sebagai berikut.

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur umumnya terdiri dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah yang dihamparkan di atas tanah dasar.

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku atau yang biasa disebut perkerasan beton (*concrete pavement*). Perkerasan tipe ini banyak digunakan untuk jalan – jalan utama atau bandara. Perkerasan ini terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton semen Portland. Perkerasan ini cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalu lintas tinggi/berat.

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit merupakan perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen portland dan perkerasan aspal. Perkerasan aspal terletak di atas perkerasan beton semen portland.

4. Jalan tak diperkeras (*unpaved road*)

Jalan Tak diperkeras merupakan permukaan jalan berupa lapisan kerikil yang dihampar dan dipadatkan di atas tanah-dasar. Jalan tipe ini digunakan untuk volume lalu-lintas yang cenderung kecil.

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan

3.2.1 Agregat

Agregat dapat diartikan sekumpulan butir-butir batu pecah dan pasir, atau mineral yang lain, baik dari hasil alam maupun buatan. Dalam lapisan perkerasan dapat mengandung 90-95% agregat berdasarkan persen berat atau 75-85% berdasarkan persen volume. Agregat yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari kotoran, bahan-bahan organik atau bahan lain yang tidak dikehendaki karena dapat mengurangi kinerja campuran.

Arkan (2018) menyatakan bahwa kekuatan dan keawetan dipengaruhi oleh gradasi, kadar lumpur, kekerasan dan bentuk butir. Gradasi merupakan ukuran luar dari agregat dan dibedakan menjadi agregat kasar, halus dan agregat pengisi. Gradasi yang baik akan mendukung kekuatan dan keawetan karena rongga yang dibentuk mudah dimasuki oleh *Filler* sehingga tidak ada rongga yang kosong. Gradasi diperoleh dari hasil saringan dengan satu set saringan, hasil dari berat material tertahan saringan kemudian dinyatakan dalam persen berat agregat. Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) membedakan agregat menjadi tiga sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan saringan No.4 ($=4,75$ mm).
2. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No.4 ($=4,75$ mm).
3. Bahan pengisi (*Filler*), yaitu agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No. 200 ($=0,075$ mm).

Persyaratan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.1 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian			Metoda Pengujian	Syarat (%)
Abrasi dengan mesin Los Angeles (%)	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6
		500 putaran		Maks. 30
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8
		500 putaran		Maks. 40
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95
Kekekalan agregat terhadap larutan		natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12
		magnesium sulfat		Maks.18
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/95*
		Lainnya		95/90**
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5
		Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

Tabel 3.2 Persyaratan Pemeriksaan Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar	Syarat
1	Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	Min. 50
2	Angularita dengan uji kadar rongga	SNI 0306877-2022	Min. 45
3	Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam (%)	SNI 03-4141-1996	Maks. 1
4	Agregat lolos ayakan No.200 (%)	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2018)

3.2.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua pada temperatur ruang berbentuk padat. Namun apabila dipanaskan maka aspal menjadi bersifat cair sehingga dapat menyelimuti partikel agregat yang ada. *Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umumnya disebut dengan bitumen. Aspal yang banyak digunakan saat ini berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan juga aspal alam yang berasal dari Pulau Buton.

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

1. Aspal minyak

Aspal minyak ini merupakan aspal yang berupa residu destilasi minyak bumi. Hasil dari destilasi minyak bumi yang banyak diketahui, yaitu menghasilkan

bensin, minyak tanah, dan solar yang diperoleh pada temperatur berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Residu ini berbentuk padat dan dapat berbentuk cair atau emulsi pada temperatur ruang.

2. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang dapat diperoleh langsung dari alam seperti aspal di pulau buton ataupun diperoleh di pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam yang diperoleh di pulau Trinidad merupakan aspal alam terbesar di dunia. Indonesia juga memiliki aspal alam di Pulau Buton, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton).

Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan aspal pen 60/70. Aspal pen 60/70 ini termasuk aspal residu minyak bumi yang berbentuk padar atau biasa disebut aspal keras. Berikut persyaratan aspal pen 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persyaratan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	55-68
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	< 3000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 49
4	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1
8	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	< 2,2
9	Kadar Parafin Lilin (%)	sni 03-3639-2002	< 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :			
10	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	0,8
11	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54
12	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

3.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan salah satu material berbutir halus yang lolos pada saringan no.200 (0,074 mm) yang digunakan sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. Jenis *Filler* yang cukup sering digunakan berupa kapur, semen, pecahan genteng, debu batu, dan lain-lain. Bahan pengisi yang akan digunakan harus bebas dari gumpalan. Kadar dan jenis *Filler* akan berpengaruh terhadap kepadatan lapis perkerasan.

Dalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan limbah Gerabah sebagai bahan pengganti *Filler* pada campuran *Superpave*. Limbah Gerabah yang digunakan diambil dari limbah yang telah dihancurkan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Berikut persyaratan *Filler* dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-6723-2022	Min 75%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

3.3 Campuran *Superpave*

Superpave (*Superior Performing Asphalt Pavements*) merupakan salah satu metode perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang dikembangkan oleh peneliti *Strategic Highway Research Program (SHRP)*. Campuran ini memiliki beberapa keunggulan yaitu tahan di bawah rentang suhu beragam dan beban lalu lintas tinggi. *Superpave* memiliki persyaratan spesifikasi taret gradasi dalam bentuk ukuran nominal maksimum untuk setiap rancangan campuran aspal panas dengan maksud untuk mengurangi efek deformasi plastis dan keretakan awal oleh pengulangan beban kendaraan lalu lintas. Adapun spesifikasi gradasi yang ditetapkan *Superpave* dapat dilihat pada Tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Spesifikasi Gradasi Campuran Superpave

Standar Saringan (mm)	% Lolos pada Ukuran Nominal Maksimum				
	9,5 mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm
50					100
37,5				100	90-100
25			100	90-100	Maks.90
19		100	90-100	Maks.90	
12,5	100	90-100	Maks.90		
9,5	90-100	Maks.90			
2,36	32-67	28-58	23-49	19-45	15-41
0,075					0-0,6
Recomended Restricted Zone					
4,75	-			39,5	34,7
2,36	47,2	39,1	34,6	26,8-30,8	23,3-27,3
1,18	31,6-37,6	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1	15,5-21,5
0,6	23,5-27,5	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6	11,7-15,7
0,3	18,7	15,5	13,7	11,4	10

Sumber : *Strategic Highway Research Program A-407 (1994)*

3.4 Karakteristik Campuran

Campuran beraspal harus memiliki beberapa sifat dari campuran diantaranya harus mempunyai nilai stabilitas (*stability*) yang tinggi, keawetan atau daya tahan (*durability*) yang tinggi, kelenturan (*flexibility*) tinggi, nilai kekesatan terhadap geser (*skid resistance*), nilai ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kemudahan dalam pekerjaan (*workability*), dan kedap air (*impermeability*).

3.5 Karakteristik Pengujian Marshall (*Marshall Test*)

Metode *Marshall* pertama kali ditemukan oleh Bruce *Marshall*. Metode *Marshall* pada awalnya digunakan untuk perancangan perkerasan di bandara. Namun, dalam perkembangannya, *U.S.Corp of Engineer* telah menambahkan beberapa hal dalam melakukan perancangan campuran optimum.

Kinerja campuran aspal panas sangat bergantung pada karakteristik volumetrik dan karakteristik *Marshall* yang terdiri dari : stabilitas, kepadatan, rongga di dalam agregat mineral (*Voids in The Mineral Aggregate/VMA*), rongga dalam campuran (*Voids In The Mix/VITM*), rongga terisi dengan aspal (*Voids Filled With Aphalt/VFWA*), kelelahan (*Flow*) , dan *Marshall Quotient (MQ)*.

3.5.1 Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan dapat didefinisikan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *Density*, maka kepadatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat

mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. Nilai kepadatan atau *Density* dapat dihitung dengan Persamaan 3.1 hingga 3.2 sebagai berikut.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.1)$$

$$f = d - e \quad (3.2)$$

dengan :

g = nilai *Density*,

c = berat benda uji sebelum direndam (gr),

d = berat benda uji jenuh air (gr),

e = volume benda uji di dalam air (gr), dan

f = volume benda uji (cm³).

3.5.2 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang melaluinya tanpa mengalami perubahan bentuk seperti alur dan gelombang.

Nilai stabilitas dapat diperoleh melalui pembacaan langsung pada saat *Marshall Test*. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh campuran. Nilai stabilitas yang dipakai dihitung dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$qs = p \times q \times 0,4356 \quad (3.3)$$

dengan :

qs = stabilitas (kg),

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat,

q = angka koreksi tebal benda uji, dan

0,4356 = angka konversi lbs ke kg.

3.5.3 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan merupakan keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Nilai kelelehan (*Flow*) diperoleh dengan pembacaan jarum dial pada *Marshall Test* yang menyatakan deformasi benda uji dengan satuan panjang (mm). Campuran yang memiliki kelelehan rendah maka akan kaku dan cenderung mengalami retak dini pada usia layanan perkerasan.

3.5.4 Void Filled With Asphalt (VFWA)

Nilai *VFWA* merupakan nilai persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (*VMA*) yang telah terisi aspal dan berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat. Nilai *VFWA* dipengaruhi temperatur, jumlah pemadatan yang dilakukan, kadar aspal dan gradasi agregat. Nilai *VFWA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.4 hingga 3.7 sebagai berikut.

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.4)$$

$$i = \frac{b \times g}{B_j A} \quad (3.5)$$

$$l = 100 - j \quad (3.6)$$

$$j = \left(\frac{(100-b) \times g}{B_j \text{ Agregat}} \right) \quad (3.7)$$

dengan:

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

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

j = persentase aspal terhadap campuran.

3.5.5 Void In Material Agregate (VMA)

Nilai *VMA* merupakan nilai persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara, dan volume aspal efektif, dinyatakan sebagai persen dari volume total. Nilai *VMA* akan meningkat apabila selimut aspal lebih tebal atau menggunakan agregat bergradasi terbuka. Nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.8 sebagai berikut ini.

$$VMA = 100 - \frac{(100-B) \times G}{B_j \text{ Agregat}} \quad (3.8)$$

dengan :

VMA = rongga dalam mineral agregat,

B = % aspal terhadap campuran, dan

G = berat isi campuran.

3.5.6 Void In The Mix (VITM)

Nilai *VITM* merupakan nilai persentase volume rongga udara sisa yang terdapat didalam campuran aspal. Apabila nilai *VITM* terlalu besar dapat mengakibatkan berkurangnya kekedapan air pada beton aspal padat yang dapat menyebabkan menurunnya durabilitas beton aspal. Namun apabila nilai *VITM* terlalu rendah dapat menyebabkan perkerasan mengalami bleeding jika suhu

meningkat. Berikut cara menghitung nilai *VITM* dapat dilihat pada Persamaan 3.9 hingga 3.10 berikut.

$$VITM = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \quad (3.9)$$

$$h = \frac{100}{[\frac{\% agregat}{b.j agregat} + \frac{\% aspal}{b.j aspal}]} \quad (3.10)$$

dengan:

g = berat volume benda uji / nilai *Density* (gr/cc), dan

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

3.5.7 Marshall Quotient (MQ)

Nilai *MQ* merupakan perbandingan dari stabilitas dengan kelelahan (*Flow*) digunakan sebagai pendekatan nilai kekakuan campuran. Semakin tinggi *MQ*, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan (fleksibilitas rendah). Sedangkan kebalikannya apabila nilai *MQ* rendah maka campuran cenderung kurang stabil namun memiliki nilai fleksibilitas yang tinggi. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.11 berikut ini.

$$MQ = \frac{S}{R} \quad (3.11)$$

dengan :

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

S = nilai Stabilitas (kg), dan

R = nilai *Flow* (mm).

3.6 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Immersion Test bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam waterbath yang berbeda. Pengujian *Immersion* dilakukan dengan memasukkan benda uji dalam waterbath selama 24jam dan suhu konstan 60°C.

Berikut cara untuk mencari nilai *Index of Retained Strength* dapat dilihat pada Persamaan 3.12 berikut.

$$Index\ of\ Retained\ Strength = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.12)$$

keterangan :

S_1 = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam, dan

S_2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

3.7 Pengujian Gaya Tarik (*Indirect Tensile Strength/ITS*)

Indirect Tensile Strength Test merupakan suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik *asphalt concrete*. Pengujian gaya tarik tidak langsung ini memiliki tujuan untuk mengetahui adanya retakan di lapangan.

Pengujian *Indirect Tensile Strength Test* ini hampir sama dengan pengujian *Marshall Test*. Pengujian dilakukan dengan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai batas maksimum, dimana ketika pembebanan telah mencapai maksimum maka benda uji akan mengalami keretakan (*fatigue*). Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Berikut cara untuk mencari besaran *Indirect Tensile Strength (ITS)* dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.13 berikut.

$$ITS = \frac{P_{runtuh}}{h} \times A_o \quad (3.13)$$

dengan:

ITS = *Indirect Tensile Strength* (N/mm²),

P_{runtuh} = beban puncak (kg),

h = tinggi sampel (cm), dan

A_o = konstanta.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian merupakan cara yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian suatu masalah, kasus, atau yang lainnya untuk memperoleh hasil yang rasional. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara percobaan terhadap benda yang akan diteliti secara langsung dan dengan memperhatikan standar ketentuan yang ada. Persyaratan yang digunakan dalam pengujian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga (2018). Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Sampel adalah sebagian kecil dari keseluruhan bagian yang ada dan dapat menjadi gambaran akan suatu hal yang dapat diperlukan peneliti. Pada penelitian ini menggunakan sampel Gerabah yang didapatkan dari limbah Gerabah. Limbah Gerabah tersebut dihancurkan menjadi butiran yang akan dimasukkan ke dalam campuran *Superpave* sebagai pengganti *Filler*.

Peneliti melakukan pengambilan sampel agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang digunakan pada penelitian di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3 Metode Pengambilan Data

Data yang didapatkan dalam penelitian ini berupa data primer dan skunder.

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan dengan cara pengamatan maupun pengukuran di tempat penelitian secara langsung. Data primer pada penelitian ini akan didapatkan dengan melakukan beberapa pengujian

sehingga akan diperoleh data berupa nilai stabilitas, *Flow*, *Density*, *VITM*, *VFWA*, *Marshall Quotient*, *VMA*, *Immersion Test*, dan *Indirect Tensile Strength*.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang tidak didapatkan secara langsung. Data ini didapatkan dari sumber-sumber yang memiliki keterkaitan dengan topik pengujian. Data sekunder ini digunakan sebagai pendukung data primer. Data sekunder ini salah satunya berupa studi pustaka yaitu mengkaji penelitian terdahulu dan menjadikan sebagai landasan teori dalam penelitian ini.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Berikut merupakan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan.

4.4.1 Persiapan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini perlu diuji sebelum digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dan bahan tersebut telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Pedoman dari penelitian ini pada SNI dan Bina Marga 2018.

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat campuran *Superpave* adalah:

1. Agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII,
2. Aspal Penetrasi 60/70 yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, dan
3. *Filler* yang akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah Gerabah Kasongan.

4.4.2 Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan dilakukan sebelum digunakan pada campuran perkerasan, pengujian ini meliputi agregat dan pengujian aspal yang harus memenuhi standar pengujian seperti yang terlihat pada tabel berikut.

1. Pemeriksaan Bahan Agregat

Tabel 4.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Agregat Kasar			
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1969-2008	Min. 2,5
3	Penyerapan Air, (%)	SNI 1969-2008	Miaks. 3
4	Keausan Agregat, (%)	SNI 2417-2008	Maks. 40
5	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal, (%)	SNI 2439-2011	Min.10
Agregat Halus			
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1970-2008	Min. 2,5
3	Penyerapan Air, (%)	SNI 1970-2008	Maks. 3

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

2. Pemeriksaan Bahan Aspal

Tabel 4.2 Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	
			Min.	Maks.
1	Penetrasi pada 25°C (mm)	SNI 06-2456-1991	60	70
2	Titik Lembek, (°C)	SNI 06-2434-1991	48	54
3	Titik Nyala, (°C)	SNI 06-2433-1991	232	-
4	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06-2432-1992	100	-
5	Berat Jenis	SNI 06-2441-1993	> 1,0	

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (2018)

4.4.3 Persiapan Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat, seperti saringan standar, mesin *Los Angeles*, *vibrator*, dan tabung *Sand Equivalent*.
2. Peralatan yang digunakan untuk pengujian aspal.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) yang berdiameter 10 cm (d'') dengan tinggi 7,5 cm (3'').
4. Alat Tekan *Marshall*, yaitu:
 - a. kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking head*),
 - b. cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg dan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm, dan

- c. arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm dengan kelengkapannya.
- 5. Oven, alat yang digunakan untuk memanaskan bahan dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^\circ\text{C}$.
- 6. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
- 7. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
- 8. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh beban 45,7 cm.
- 9. Bak peredam (*waterbath*) dengan pengatur suhu minimum 20°C .
- 10. Perlengkapan lainnya, seperti:
 - a. panci untuk memanasi agregat, aspal, dan campuran aspal,
 - b. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) memiliki kapasitas 250°C dan 100°C ,
 - c. timbangan berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
 - d. timbangan kapasitas 5 Kg dengan ketelitian 1 gram,
 - e. spatula,
 - f. sarung tangan karet,
 - g. sendok pengaduk,
 - h. kompor, dan
 - i. perlengkapan lainnya
- 11. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test*, yang meliputi:
 - a. alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5",
 - b. arloji pengukuran stabilitas, dan
 - c. arloji pengukuran kelelahan (*Flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.

4.4.4 Rencana Pembuatan Benda Uji

Langkah pembuatan benda uji campuran *Superpave* sebagai berikut:

1. Persiapkan cetakan benda uji (*mold*) dalam keadaan bersih dan telah diberikan olesan minyak pelumas pada sisi dalamnya secara merata agar campuran benda uji tidak lengket pada cetakan,

2. Agregat telah dihitung, ditimbang, dan disiapkan sesuai dengan variasi campuran dan spesifikasi campuran *Superpave* pada masing-masing benda uji,
3. Aspal dipanaskan hingga mencapai suhu 110°C dan Agregat dipanaskan hingga mencapai suhu 160°C,
4. Aspal dan agregat dicampur sesuai dengan variasi kadar aspal dan agregat yang direncanakan pada suhu 155°C,
5. Campuran diaduk hingga aspal menyelimuti seluruh permukaan agregat yang ada,
6. Kertas penghisap yang telah digunting sesuai ukuran bagian bawah *mold*, diletakkan di bagian bawah *mold* kemudian benda uji dimasukkan 1/3 dari volume setakan dan dipukul menggunakan spatula sebanyak 25x (15x pada pinggir dan 10x pada bagian tengah), masukkan benda uji 2/3 dari volume cetakan dan ulangi penumbukan 25x, kemudian masukkan benda uji hingga volume cetakan terisi penuh dan ulangi tahapan penumbukan 25x, dan kertas penghisap diletakkan pada permukaan benda uji,
7. Cetakan (*mold*) diletakkan diatasudukan pemadatan dan lakukan pemadatan dengan pukulan sebanyak 75x pada sisi pertama dan 75x pukulan pada sisi yang lainnya, dan
8. Setelah pemadatan dilakukan, benda uji dikeluarkan dari cetakan (*mold*) menggunakan *ejector hydrolic pump* dan didiamkan hingga mencapai suhu ruang. Kemudian kertas penghisap diambil dari kedua sisi benda uji dan diberikan kodefikasi pada sampel benda uji.

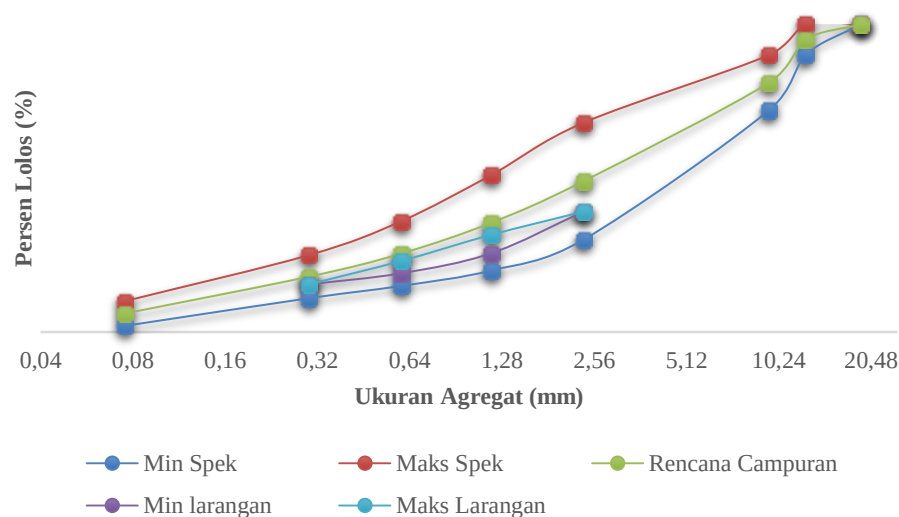
Material yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu agregat dan aspal, yang telah diuji dahulu sebelum digunakan sebagai campuran pembuatan campuran *Superpave*.

Gradasi agregat yang digunakan dalam campuran adalah gradasi menerus *Superpave* dengan ukuran maksimum 12,5 mm.

Rencana gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 berikut.

Tabel 4.3 Tabel Batas Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm

Ukuran saringan		Zona Larangan		Spesifikasi		Jumlah persen (%)	
		Min	Max	Min	Max	Lolos	Tertahan
19 mm	3/4"			100,00	100,00	100,00	0,00
12,5 mm	1/2"			90,00	100,00	95,00	5,00
9,5 mm	3/8"			72,00	90,00	81,00	19,00
2,36 mm	No.8	39,1	39,1	30,00	68,00	49,00	51,00
1,18 mm	No.16	25,6	31,6	20,00	51,00	35,50	64,50
0,6 mm	No.30	19,1	23,1	15,00	36,00	25,50	74,50
0,3 mm	No.50	15,5	15,5	11,00	25,00	18,00	82,00
0,075 mm	No.200			2,00	10,00	6,00	94,00
Pan				0,00	0,00	0,00	100,00



Gambar 4.1 Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran Nominal Maksimum 12,5 mm

Kemudian dicari perkiraan kadar aspal optimum rencana. Perkiraan kadar aspal optimum dapat dicari menggunakan Persamaan 4.1 dibawah ini.

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

keterangan:

Pb = kadar aspal perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8,

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

FF = agregat halus lolos saringan No.200, dan

Konstanta = 0,5 -1.

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \\
 &= 0,035 (19\%) + 0,045 (75\%) + 0,18 (6\%) + 1 \\
 &= 6,120\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan kadar aspal optimum perkiraan adalah 6,12 % . Maka dalam pengujian mencari kadar aspal optimum, kadar aspal yang digunakan 5% , 5,5% , 6% , 6,5% , dan 7% terhadap berat total campuran. Adapun kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19 mm	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5 mm	1/2	90	100	95,00	5,00	57,00	57,00
9,5 mm	3/8	72	90	81,00	14,00	159,60	216,60
2,36 mm	No.8	30	68	49,00	32,00	364,80	581,40
1,18 mm	No.16	20	51	35,50	13,50	153,90	735,30
0,6 mm	No.30	15	36	25,50	10,00	114,00	849,30
0,3 mm	No.50	11	25	18,00	7,50	85,50	934,80
0,075 mm	No.200	2	10	6,00	12,00	136,80	1071,60
Pan		0	0	0,00	6,00	68,40	1140,00

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5 %

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5	1/2	90	100	95,00	5,00	56,70	56,70
9,5	3/8	72	90	81,00	14,00	158,76	215,46
2,36	No.8	30	68	49,00	32,00	362,88	578,34
1,18	No.16	20	51	35,50	13,50	153,09	731,43
0,6	No.30	15	36	25,50	10,00	113,40	844,83
0,3	No.50	11	25	18,00	7,50	85,05	929,88
0,075	No.200	2	10	6,00	12,00	136,08	1065,96
Pan		0	0	0,00	6,00	68,04	1134,00

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5	1/2	90	100	95,00	5,00	56,40	56,40
9,5	3/8	72	90	81,00	14,00	157,92	214,32
2,36	No.8	30	68	49,00	32,00	360,96	575,28
1,18	No.16	20	51	35,50	13,50	152,28	727,56
0,6	No.30	15	36	25,50	10,00	112,80	840,36
0,3	No.50	11	25	18,00	7,50	84,60	924,96
0,075	No.200	2	10	6,00	12,00	135,36	1060,32
Pan		0	0	0,00	6,00	67,68	1128,00

Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5	1/2	90	100	95,00	5,00	56,10	56,10
9,5	3/8	72	90	81,00	14,00	157,08	213,18
2,36	No.8	30	68	49,00	32,00	359,04	572,22
1,18	No.16	20	51	35,50	13,50	151,47	723,69
0,6	No.30	15	36	25,50	10,00	112,20	835,89
0,3	No.50	11	25	18,00	7,50	84,15	920,04
0,075	No.200	2	10	6,00	12,00	134,64	1054,68
Pan		0	0	0,00	6,00	67,32	1122,00

Tabel 4.8 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5	1/2	90	100	95,00	5,00	55,80	55,80
9,5	3/8	72	90	81,00	14,00	156,24	212,04
2,36	No.8	30	68	49,00	32,00	357,12	569,16
1,18	No.16	20	51	35,50	13,50	150,66	719,82
0,6	No.30	15	36	25,50	10,00	111,60	831,42
0,3	No.50	11	25	18,00	7,50	83,70	915,12
0,075	No.200	2	10	6,00	12,00	133,92	1049,04
Pan		0	0	0,00	6,00	66,96	1116,00

Tabel 4.9 Proporsi Filler pada Tiap Kadar Aspal

Kadar Aspal Optimum	%	5,00	5,50	6	6,50	7%
Berat Benda Uji	gr	1200	1200	1200	1200	1200
Berat Aspal	gr	60	66	72	78	84
Berat Total Agregat	gr	1140	1134	1128	1122	1116
0% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	0	0	0	0	0
100% <i>Filler</i> Clereng	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
Total <i>Filler</i> 0% Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
25% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	17,1	17,01	16,92	16,83	16,74
75% <i>Filler</i> Clereng	gr	51,3	51,03	50,76	50,49	50,22
Total <i>Filler</i> 25% Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
50% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	34,2	34,02	33,84	33,66	33,48
50% <i>Filler</i> Clereng	gr	34,2	34,02	33,84	33,66	33,48
Total <i>Filler</i> 50% Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
75% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	51,3	51,03	50,76	50,49	50,22
25% <i>Filler</i> Clereng	gr	17,1	17,01	16,92	16,83	16,74
Total <i>Filler</i> 75% Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
100% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
0% <i>Filler</i> Clereng	gr	0	0	0	0	0
Total <i>Filler</i> 100% Gerabah	gr	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96

Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian KAO

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

Tabel 4.11 Jumlah Benda Uji untuk Variasi Kadar Aspal dan Kadar *Filler*

Jenis Pengujian	Variasi Kadar <i>Filler</i> Limbah Gerabah				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i> Standar	3	3	3	3	3
Immersion	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	45				

Setelah kadar aspal optimum didapatkan kemudian dilakukan pengujian *Marshall* Standar, *Immersion Test*, dan *ITS*. Jumlah seluruh benda uji dalam penelitian ini adalah 120 benda uji. Berat masing-masing benda uji sebesar 1200 gram, untuk rincian agregat dan aspal tergantung dari variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian.

4.4.5 Kebutuhan Agregat dan *Filler* Menggunakan Kadar Aspal Optimum pada *Filler* Gerabah

Kebutuhan agregat dan *Filler* yang dibutuhkan dalam campuran *Superpave* pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada Tabel 5.12 hingga Tabel 5.17.

Tabel 4.12 Rencana Agregat pada Kadar *Filler* 0% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,575%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
19	3/4	100	100	100,00	0,00	0,00	0,00
12,5	1/2	90	100	95,00	5,00	56,06	56,06
9,5	3/8	72	90	81,00	14,00	156,95	213,01
2,36	No.8	30	68	49,00	32,00	358,75	571,76
1,18	No.16	20	51	35,50	13,50	151,35	723,11
0,6	No.30	15	36	25,50	10,00	112,11	835,22
0,3	No.50	11	25	18,00	7,50	84,08	919,30
0,075	No.200	2	10	6,00	12,00	134,53	1053,83
Pan		0	0	0,00	6,00	67,27	1121,10

Tabel 4.13 Rencana Agregat pada Kadar *Filler* 25% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,650%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Clereng	Kumulatif
19	3/4	100	100	100	0	0	0
12,5	1/2	90	100	95	5	56,01	56,01
9,5	3/8	72	90	81	14	156,83	212,84
2,36	No.8	30	68	49	32	358,46	571,30
1,18	No.16	20	51	35,5	13,5	151,23	722,53
0,6	No.30	15	36	25,5	10	112,02	834,55
0,3	No.50	11	25	18	7,5	84,02	918,56
0,075	No.200	2	10	6	12	134,42	1052,99
Pan		0	0	0	6	67,21	1120,20

Tabel 4.14 Rencana Agregat pada Kadar *Filler* 50% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,700%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Clereng	Kumulatif
19	3/4	100	100	100	0	0	0
12,5	1/2	90	100	95	5	55,98	55,98
9,5	3/8	72	90	81	14	156,74	212,72
2,36	No.8	30	68	49	32	358,27	571,00
1,18	No.16	20	51	35,5	13,5	151,15	722,14
0,6	No.30	15	36	25,5	10	111,96	834,10
0,3	No.50	11	25	18	7,5	83,97	918,07
0,075	No.200	2	10	6	12	134,35	1052,42
Pan		0	0	0	6	67,18	1119,60

Tabel 4.15 Rencana Agregat pada Kadar *Filler* 75% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,725%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Clereng	Kumulatif
19	3/4	100	100	100	0	0	0
12,5	1/2	90	100	95	5	55,97	55,97
9,5	3/8	72	90	81	14	156,70	212,67
2,36	No.8	30	68	49	32	358,18	570,84
1,18	No.16	20	51	35,5	13,5	151,11	721,95
0,6	No.30	15	36	25,5	10	111,93	833,88
0,3	No.50	11	25	18	7,5	83,95	917,83
0,075	No.200	2	10	6	12	134,32	1052,14
Pan		0	0	0	6	67,16	1119,30

Tabel 4.16 Rencana Agregat pada Kadar *Filler* 100% Gerabah dengan Kadar Aspal Optimum 6,750%

Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Clereng	Kumulatif
19	3/4	100	100	100	0	0	0
12,5	1/2	90	100	95	5	55,95	55,95
9,5	3/8	72	90	81	14	156,66	212,61
2,36	No.8	30	68	49	32	358,08	570,69
1,18	No.16	20	51	35,5	13,5	151,07	721,76
0,6	No.30	15	36	25,5	10	111,90	833,66
0,3	No.50	11	25	18	7,5	83,93	917,58
0,075	No.200	2	10	6	12	134,28	1051,86
Pan		0	0	0	6	67,14	1119,00

Tabel 4.17 Rencana *Filler* Gerabah pada Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum	%	6,575	6,575	6,575	6,575	6,575
Berat Benda Uji	gr	1200	1200	1200	1200	1200
Berat Aspal	gr	78,9	79,8	80,4	80,7	81
Berat Total Agregat	gr	1121,1	1120,2	1119,6	1119,3	1119
0% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr	0				
100% <i>Filler</i> Clereng	gr	67,27				
Total <i>Filler</i> 0% Gerabah	gr	67,27				
25% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr		16,80			
75% <i>Filler</i> Clereng	gr		50,41			
Total <i>Filler</i> 25% Gerabah	gr		67,21			
50% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr			33,59		
50% <i>Filler</i> Clereng	gr			33,59		
Total <i>Filler</i> 50% Gerabah	gr			67,18		
75% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr				50,37	
25% <i>Filler</i> Clereng	gr				16,79	
Total <i>Filler</i> 75% Gerabah	gr				67,16	
100% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	gr					67,14
0% <i>Filler</i> Clereng	gr					0,00
Total <i>Filler</i> 100% Gerabah	gr					67,14

4.4.6 Pengujian *Marshall* Standar

Langkah yang dilakukan dalam pengujian ini sebagai berikut:

1. benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel,
2. diberikan tanda pengenal pada masing-masing benda uji,
3. ketinggian benda uji diukur sebanyak 3 kali dan diambil rata-rata untuk ketinggiannya dengan ketelitian 0,01 mm,
4. benda uji ditimbang sehingga dapat diketahui berat keringnya,
5. benda uji direndam didalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar menjadi jenuh air,
6. benda uji ditimbang dalam air,
7. permukaan benda uji dilap kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD),
8. benda uji direndam ke *waterbath* pada suhu 60°C selama 0,5 jam,
9. terlebih dahulu kepala penekanan benda uji dibersihkan kemudian permukaan diberi pelembab untuk mempermudah melepas benda uji,

10. *Flowmeter* dipasang dengan posisi diatas salah satu batag penuntun (*guide rod*),
11. kepala penekan dinaikan sehingga menyentuh alas cincin pengunci yang kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
12. pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, hingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka mulai berputar turun dan dibaca arloji kelelahannya,
13. benda uji dikeluarkan dari alat uji setelah pembebanan selesai dilakukan, dan
14. selanjutnya hasil dari percobaan dapat diketahui dari proses pengolahan data.

4.4.7 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*)

Pengujian *Immersion Test* memiliki cara yang hampir sama dengan uji *Marshall*, yang membedakan pengujian tersebut ialah lama perendaman dalam *waterbath* yaitu selama 24 jam. Berikut langkah pengujian *Immersion Test* yang dilakukan sebagai berikut:

1. benda uji telah dipersiapkan,
2. ketinggian benda uji diukur tiga kali dari sisi yang berbeda yang kemudian dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
3. benda uji ditimbang untuk mengetahui berat dalam kondisi kering,
4. benda uji direndam ke dalam air selama ± 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh,
5. setelah keadaan benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang didalam air,
6. permukaan benda uji dilap kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*),
7. kemudian benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24jam,
8. kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan diberikan pelicin pada permukaannya untuk memudahkan melepaskan benda uji,
9. arloji kelelahan (*Flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide road*),
10. kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,

11. kemudian pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelahannya,
12. setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan, dan
13. dianalisa dan dibuat pembahasannya berdasarkan hasil pengujian.

4.4.8 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Berikut merupakan langkah yang dilakukan dalam pengujian *Indirect Tensile Strength*:

1. benda uji diukur pada empat sisi yang berbeda, dan diambil tebal rata-ratanya, lalu koreksi tebal dihitung dan diameter masing-masing benda uji diukur,
2. pembebanan dilakukan pada benda uji hingga mencapai maksimum yaitu saat arloji pembebanan berhenti dan berbalik arah. Kemudian dilakukan pembacaan dan pencatatan nilai dial,
3. benda uji dikeluarkan dari alat uji dan pengujian benda uji berikutnya mengikuti prosedur di atas,
4. mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian, dan
5. menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.9 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan terdiri dari beberapa data-data dibawah ini.

1. Analisis karakteristik *Marshall*

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dengan cara menganalisa data yang diperoleh dari percobaan laboratorium antara lain sebagai berikut:

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

Nilai karakteristik pengujian *Marshall* didapatkan dengan bantuan data lainnya yang dihitung menggunakan Persamaan 4.2 hingga 4.4 berikut.

a. Berat Jenis Agregat

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(A \times F_1) + (B \times F_2)}{100} \quad (4.2)$$

keterangan :

F1 = persentase agregat kasar (%),

F2 = persentase agregat halus (%),

A = berat jenis agregat kasar, dan

B = berat jenis agregat halus.

b. Berat Jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.3)$$

keterangan :

A = berat piknometer dengan penutup (gr),

B = berat piknometer berisi air (gr),

C = berat piknometer berisi aspal (gr), dan

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

c. Berat Jenis *Filler*

$$BJ \text{ Filler} = \frac{BK}{B+500-BT} \quad (4.4)$$

keterangan:

BK = berat benda uji kering oven (gr),

B = berat piknometer berisi air (gr),

BT = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr), dan

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr).

d. Nilai stabilitas menggunakan persamaan 3.3.

e. Kelelehan (*Flow*), dapat dibaca pada arloji kelelehan.f. *VMA (Voids in Mineral Aggregate)* menggunakan Persamaan 3.8.g. *VITM (Voids in Mix)* menggunakan Persamaan 3.9.h. *VFWA (Voids Filled with Asphalt)* menggunakan Persamaan 3.4.i. *MQ (Marshall Quotient)* menggunakan Persamaan 3.11.2. Analisis *Immersion Test*

Nilai *Index of Retained Test* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian dianalisis menggunakan Persamaan.

3. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 4.5 berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (4.5)$$

dengan :

ITS : nilai kuat tarik secara tidak langsung (N/mm),

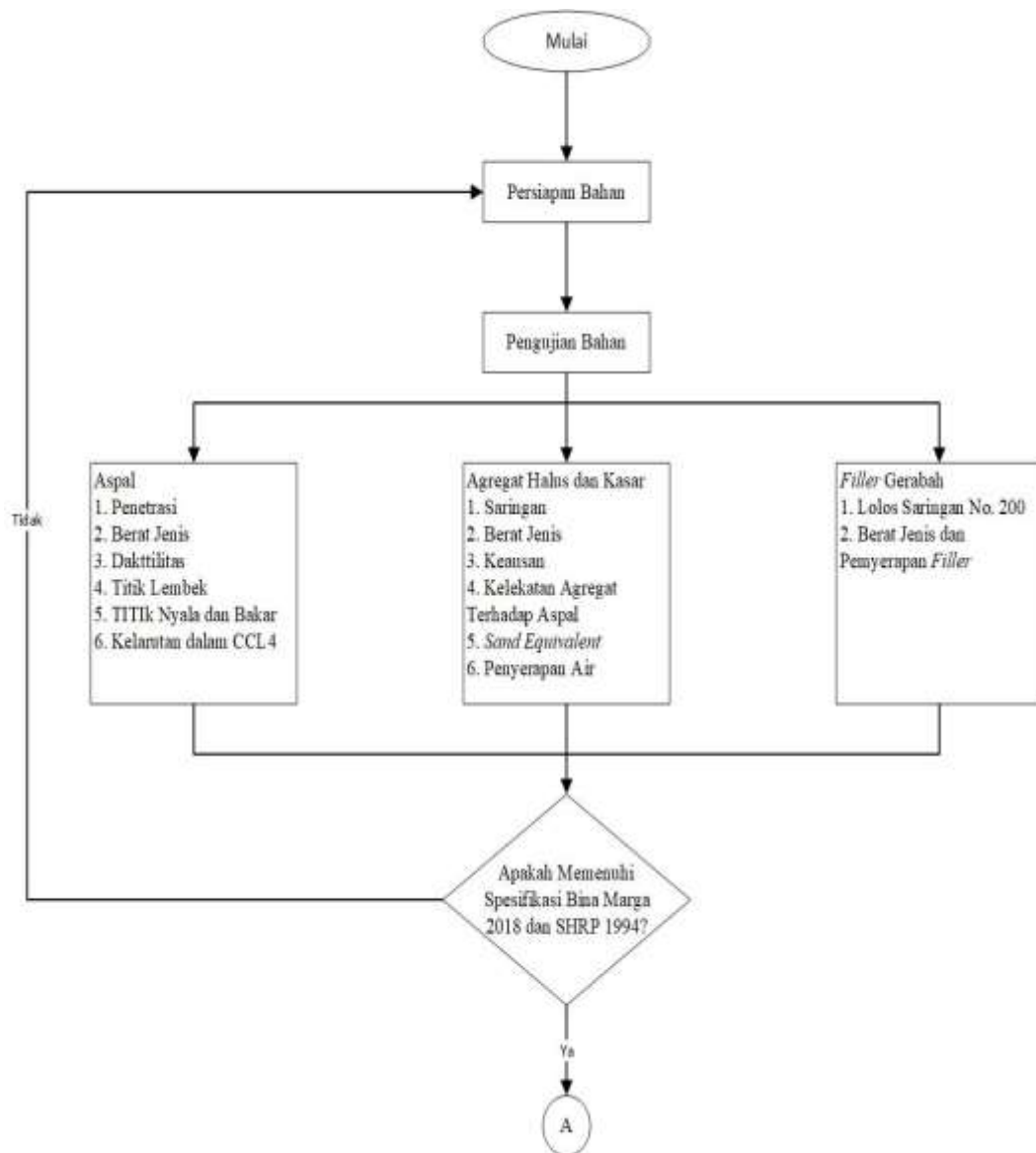
P : nilai stabilitas (N),

h : tinggi benda uji (mm), dan

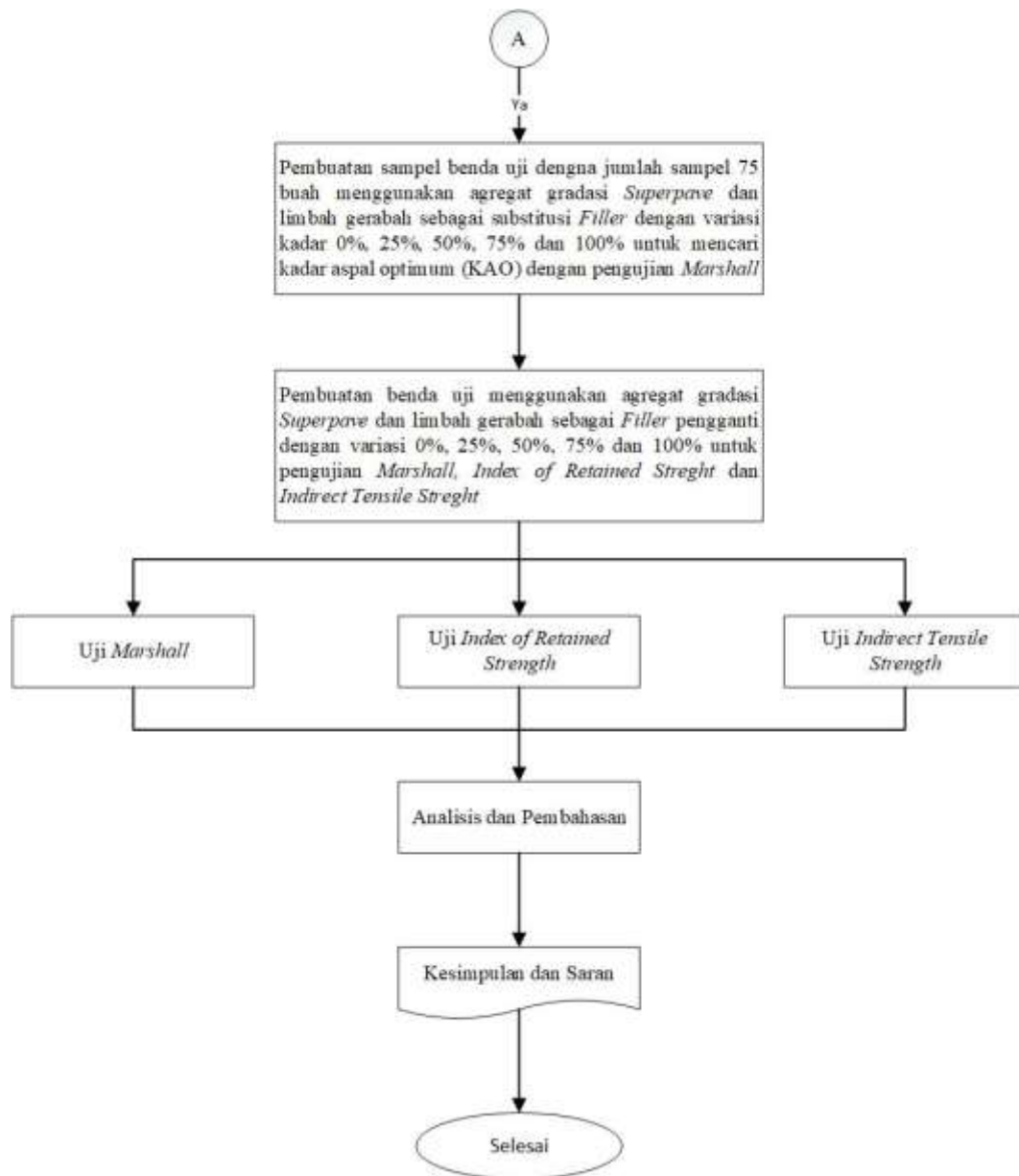
d : diameter benda uji (mm).

4.4.10 Bagan Alir Metode Penelitian

Bagan alir atau disebut juga *Flowchart* merupakan gambaran singkat tentang tahapan yang akan dilaksanakan saat penelitian. *Flowchart* ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian

BAB V

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material dan Campuran

5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Pengujian karakteristik aspal ini mengacu pada spesifikasi Bina Marga (2018) yang tercantum dalam Tabel 5.1. Hasil pengujian Aspal secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1 hingga Lampiran 6.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 1,0	1,053	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	60 - 70	64,5	Memenuhi
3	Daktilitas (cm)	> 100	164,5	Memenuhi
4	Kelarutan TCE (%)	> 99	99,2	Memenuhi
5	Titik Nyala (°C)	> 232	290°	Memenuhi
6	Titik Lembek (°C)	> 48	48,1°	Memenuhi

5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat meliputi Agregat Kasar, Agregat Halus, *Filler* Clereng dan *Filler* Limbah Gerabah dari Kasongan. Hasil dari pengujian agregat mengacu pada Bina Marga 2018. Berikut merupakan hasil pengujian karakteristik pada Tabel 5.2. Hasil pengujian karakteristik Agregat Kasar secara lengkap terdapat pada Lampiran 7 hingga Lampiran 8.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,61	Memenuhi
2	Penyerapan Air Terhadap Agregat (%)	< 3	1,53	Memenuhi

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
3	Keausan dengan Mesin Los Angeles (%)	< 40	24,19	Memenuhi

5.1.3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik Agregat Halus menggunakan agregat lolos saringan No.8 dan tertahan pada saringan No.200 dari Clereng. Hasil pengujian agregat halus mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2018 dan dapat dilihat pada Tabel 5.3 Hasil pengujian karakteristik Agregat Halus secara lengkap terdapat pada Lampiran 9 hingga Lampiran 10.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	> 2,5	2,60	Memenuhi
2	Penyerapan Air Terhadap Agregat (%)	< 3	1,68	Memenuhi
3	Sand Equivalent (%)	> 50	83,21	Memenuhi

5.1.4 Hasil Pengujian Karakteristik *Filler* Clereng dan *Filler* Pengganti

Pengujian yang dilakukan pada *Filler* berupa pengujian berat jenis dari masing-masing jenis *Filler*. Pada pengujian ini menggunakan 2 macam *Filler*. *Filler* dari Clereng merupakan *Filler* yang umum digunakan dalam campuran perkerasan dan *Filler* yang berasal dari limbah Gerabah Kasongan, Bantul. Manfaat dalam mencari berat jenis masing-masing *Filler* untuk dijadikan perbandingan volume dalam pencampuran antara Gerabah sebagai pengganti *Filler*. Berikut merupakan hasil pengujian berat jenis *Filler* pada Tabel 5.4 . Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 11 hingga Lampiran 12.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Filler*

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis <i>Filler</i> Clereng	2,601
2	Berat Jenis <i>Filler</i> Gerabah	2,442

5.1.5 Hasil Pengujian *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

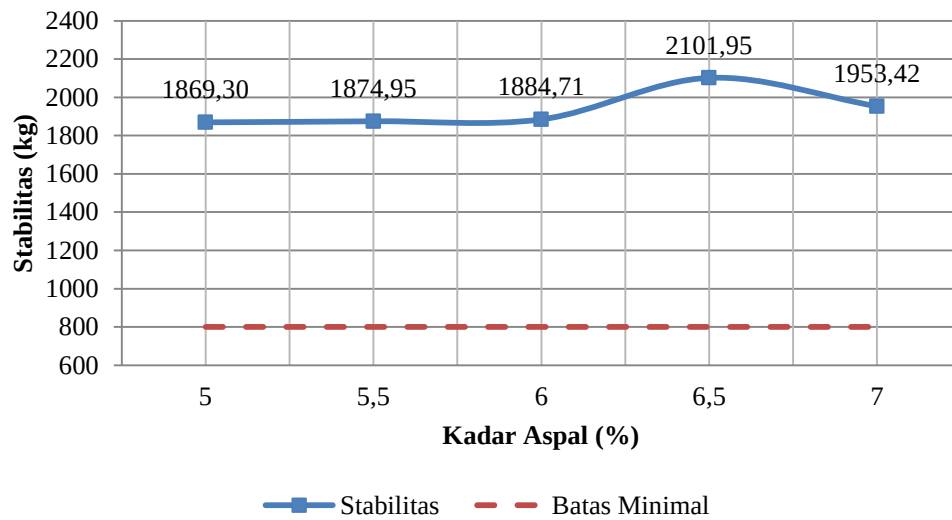
Pengujian karakteristik *Marshall* melingkupi Stabilitas (*Stability*), kelelahan (*Flow*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void In The Mix*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan Kepadatan (*Density*) pada campuran *Superpave* ukuran nominal 12,5 mm menggunakan variasi *Filler* pengganti yaitu limbah Gerabah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap *Filler* Clereng dapat dilihat pada Tabel dan Gambar dibawah ini.

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran *Superpave* ini ditentukan dengan melihat parameter karakteristik *Marshall* yaitu dengan minimal syarat nilai stabilitas minimum 800 kg, nilai *Flow* dengan syarat 2-4, nilai *VITM* dengan syarat 3%-5%, nilai *VMA* minimum 15%, nilai *VFWA* minimum 65%, dan *MQ* dengan syarat minimum 250 kg/mm. Berdasarkan persyaratan tersebut maka dapat dilihat apabila dibandingkan dengan hasil pengujian karakteristik *Marshall*.

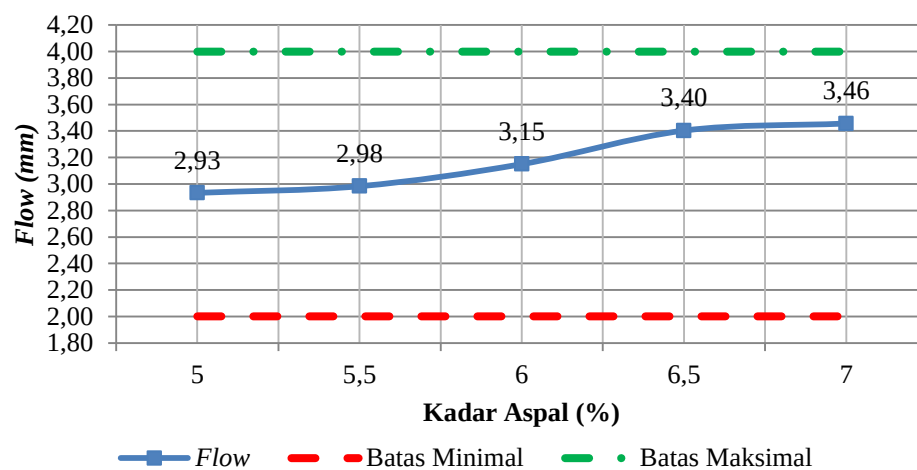
Berikut merupakan tabel karakteristik *Marshall* dengan menggunakan *Filler* Clereng 100% dan Gerabah 0% dapat dilihat pada Tabel 5.5 juga Gambar 5.1 s/d Gambar 5.8. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 13 hingga Lampiran 14.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Gerabah 0%

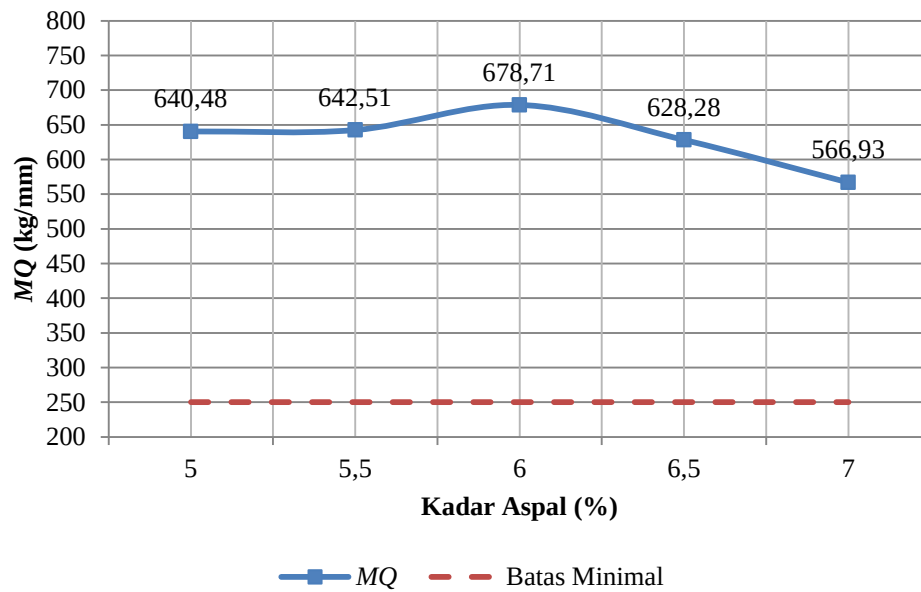
Kadar Aspal	Stabilitas	<i>Flow</i>	<i>MQ</i>	<i>VITM</i>	<i>VFWA</i>	<i>VMA</i>	<i>Density</i>
(%)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	(%)	(%)	(%)	(gr/cc)
5	1869,30	2,93	640,48	7,45	58,96	18,11	2,24
5,5	1874,95	2,98	642,51	6,34	65,09	18,13	2,26
6	1884,71	3,15	678,71	5,31	70,93	18,22	2,27
6,5	2101,95	3,40	628,28	4,51	75,65	18,52	2,27
7	1953,42	3,46	566,93	3,17	82,78	18,37	2,29
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2



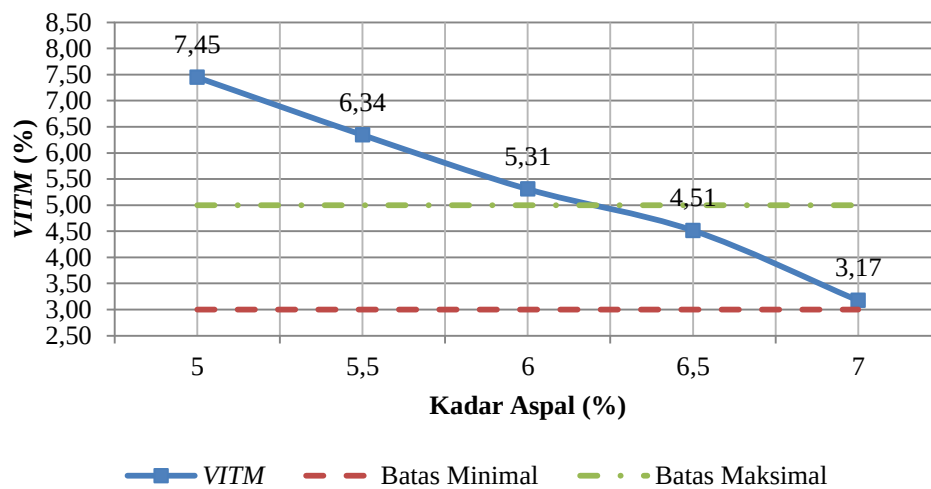
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar Filler Gerabah 0%



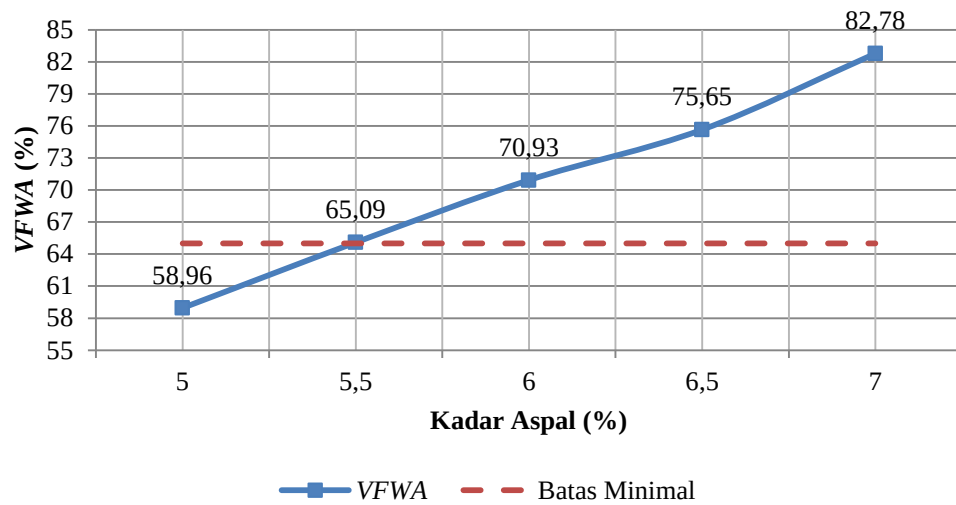
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Flow pada Kadar Filler Gerabah 0%



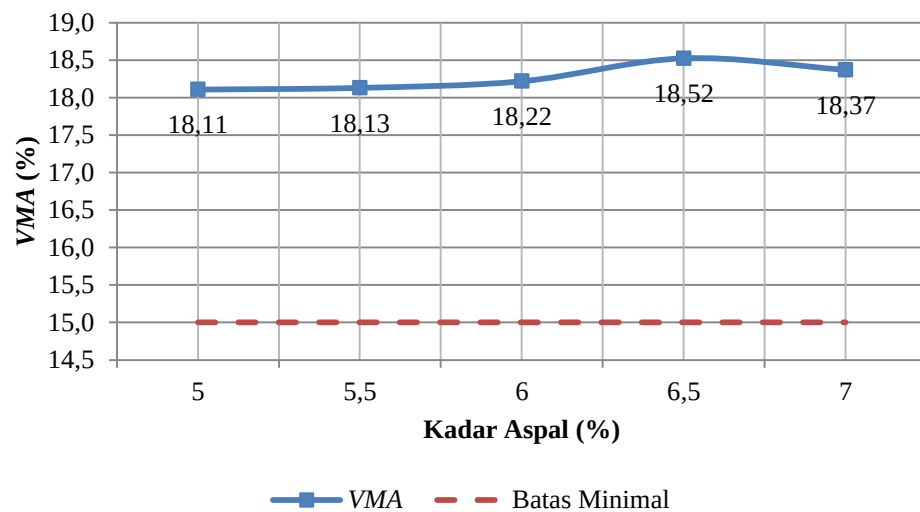
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai MQ pada Kadar Filler Gerabah 0%



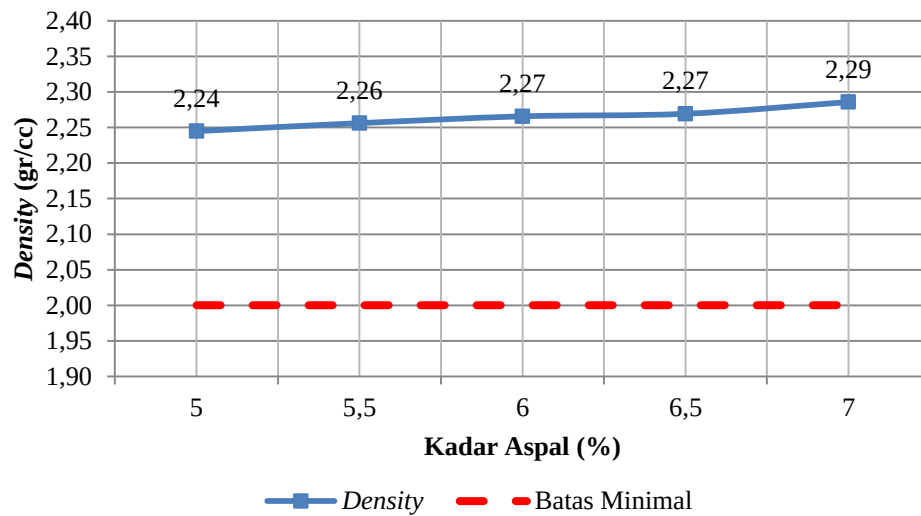
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Kadar Filler Gerabah 0%



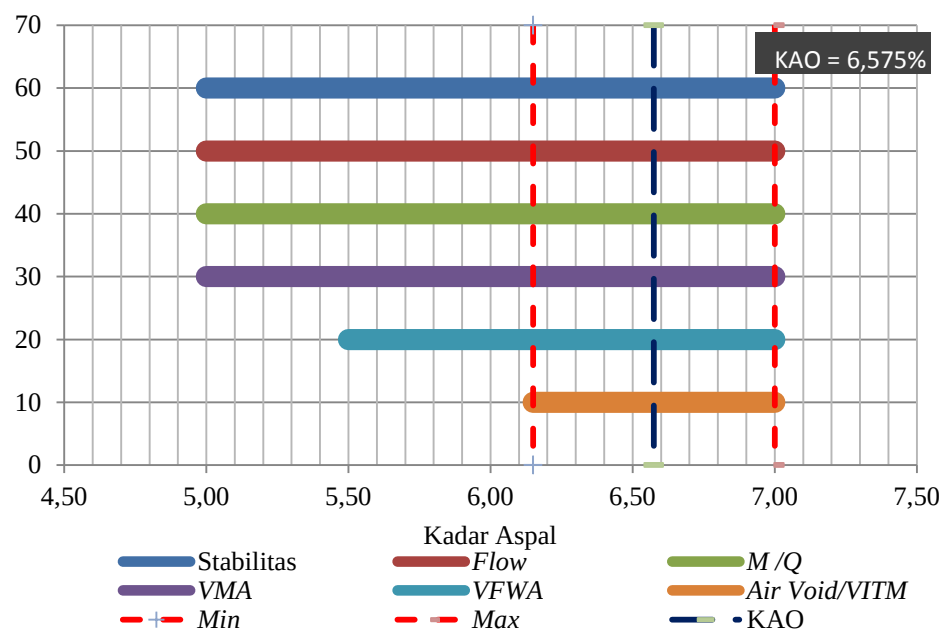
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFA pada Kadar *Filler* Gerabah 0%



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA pada Kadar *Filler* Gerabah 0%



Gambar 5.7 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* pada Kadar *Filler* Gerabah 0%



Gambar 5.8 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar *Filler* Gerabah 0%

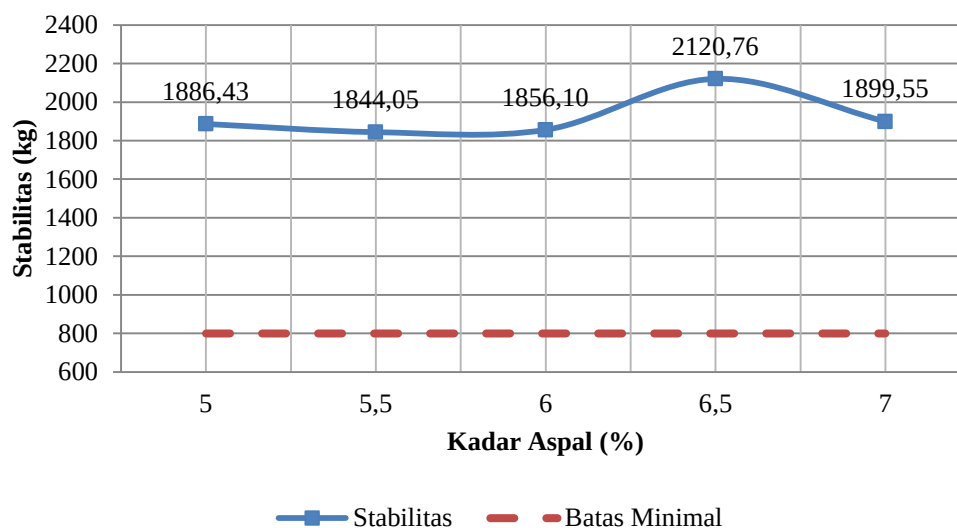
Berdasarkan tabel 5.5 dan gambar 5.1 hingga 5.8 , grafik hubungan kadar aspal menggunakan 100% *Filler* Clereng dan 0% *Filler* Gerabah dengan masing-

masing karakteristik *Marshall*, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 0% *Filler* Gerabah adalah 6,575%.

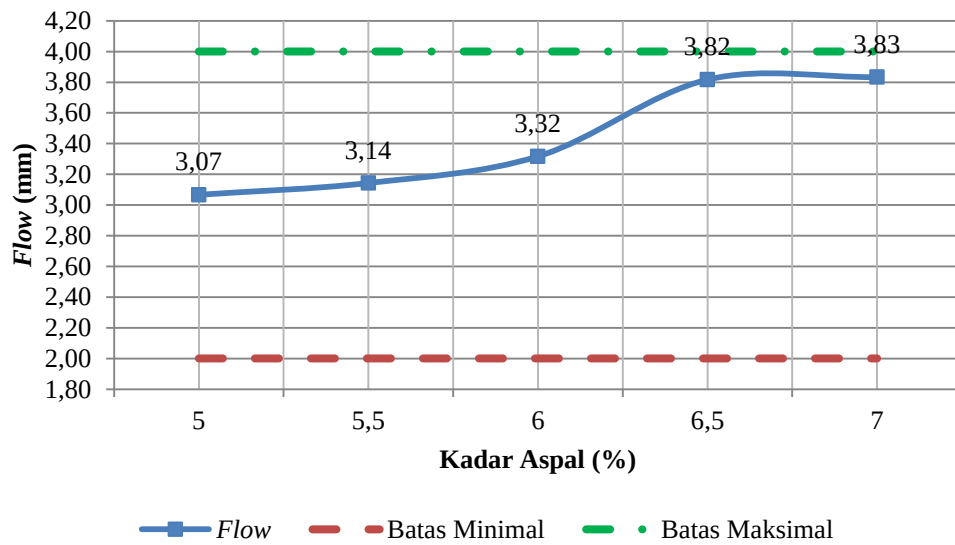
Berikut merupakan tabel karakteristik *Marshall* dengan menggunakan *Filler* Clereng 75% dan Gerabah 25%. dapat dilihat pada Tabel 5.6 juga Gambar 5.9 s/d Gambar 5.16 Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 15 hingga Lampiran 16.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Gerabah 25%

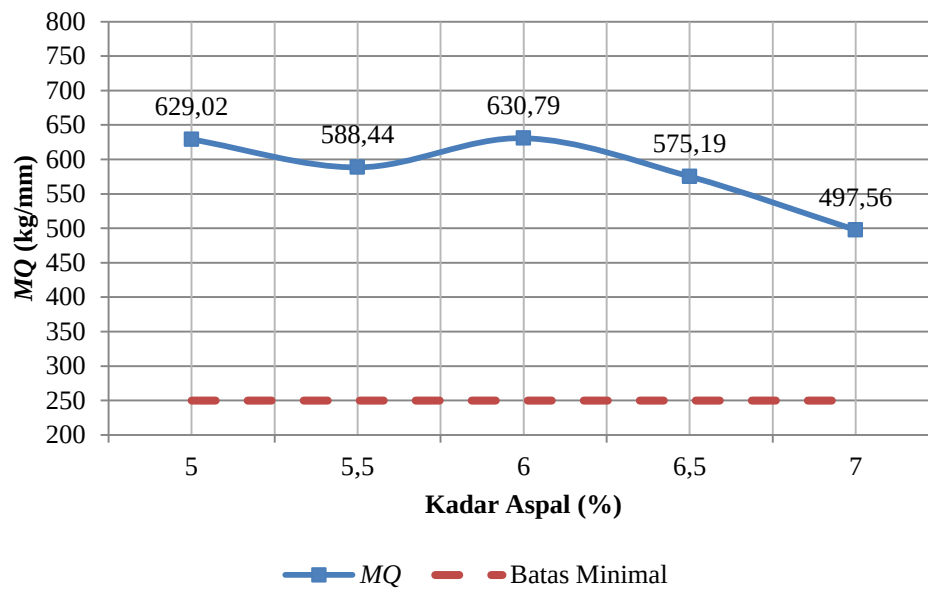
Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VFWA	VMA	Density
(%)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	(%)	(%)	(%)	(gr/cc)
5	1886,43	3,07	629,02	7,58	58,43	18,22	2,24
5,5	1844,05	3,14	588,44	6,52	64,33	18,28	2,25
6	1856,10	3,32	630,79	5,58	69,89	18,45	2,26
6,5	2120,76	3,82	575,19	4,66	75,02	18,64	2,26
7	1899,55	3,83	497,56	3,19	82,66	18,37	2,28
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2



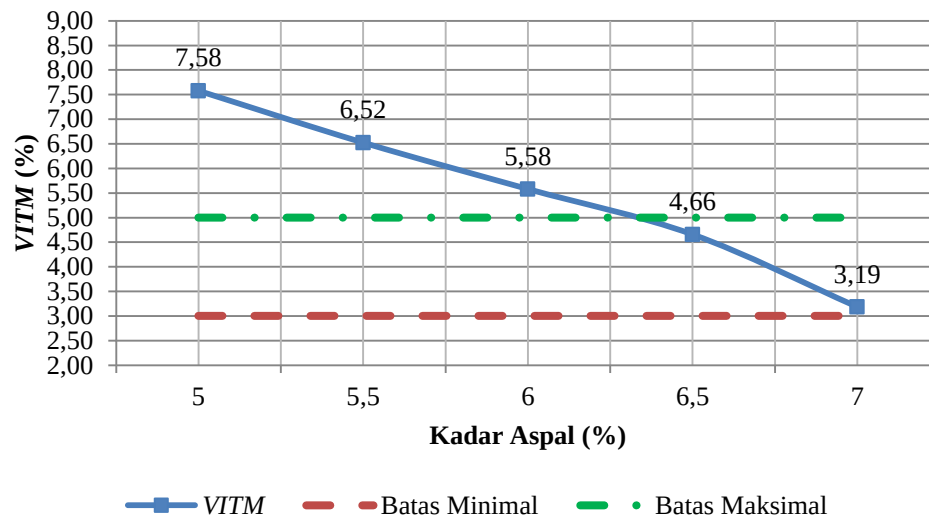
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



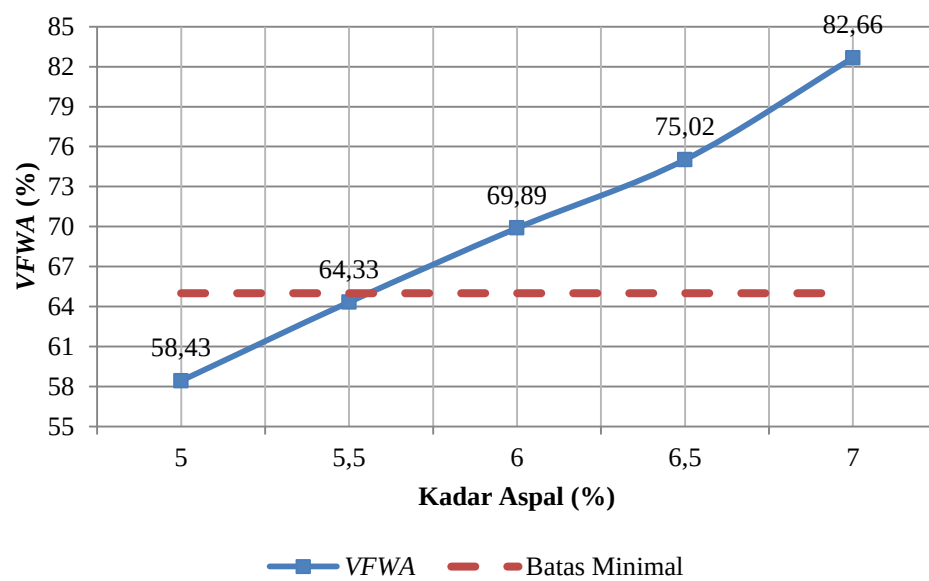
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



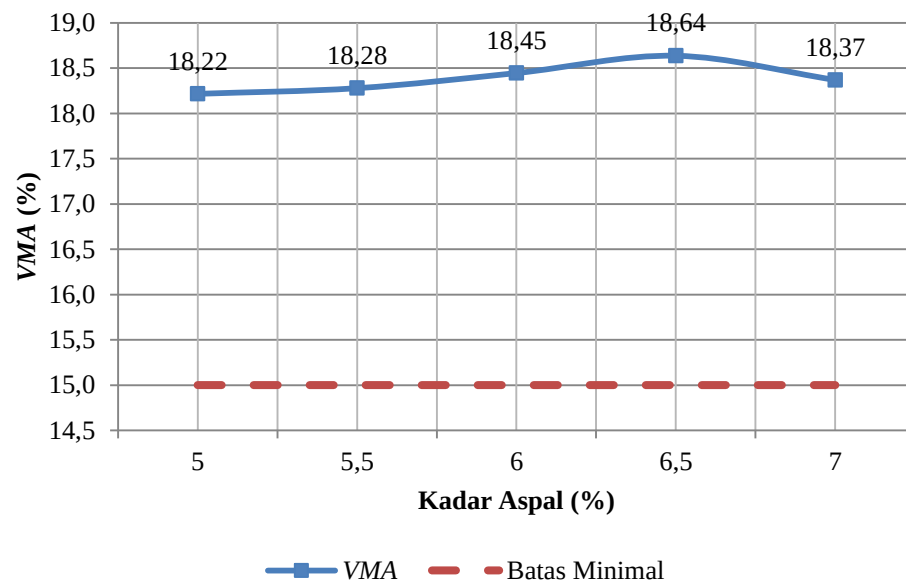
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ* pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



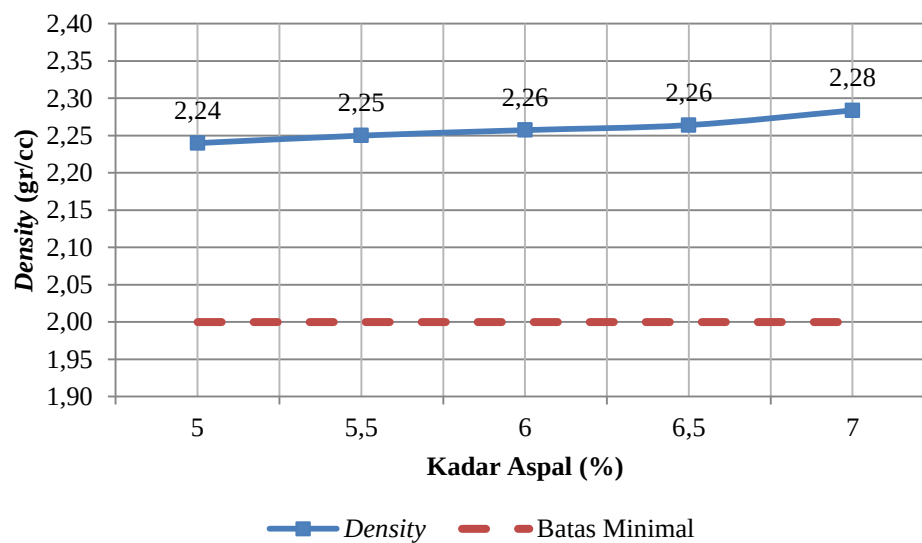
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



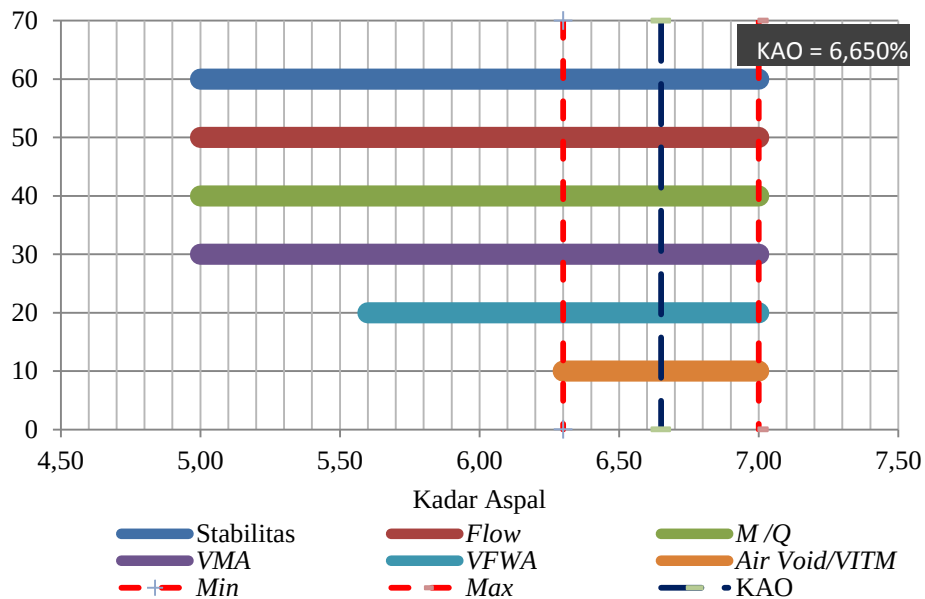
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



Gambar 5.14 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



Gambar 5.15 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* pada Kadar *Filler* Gerabah 25%



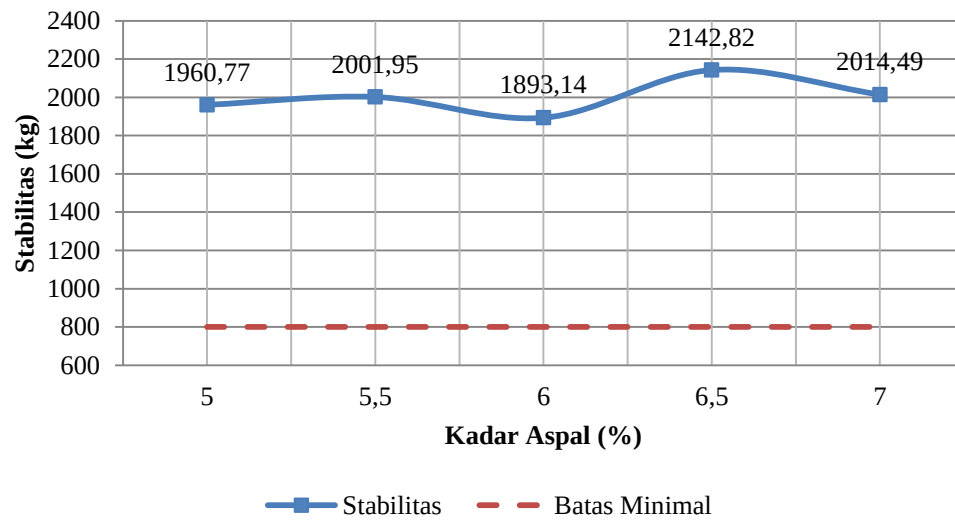
Gambar 5.16 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar *Filler* Gerabah 25%

Berdasarkan tabel 5.6 dan gambar 5.9 hingga 5.16, grafik hubungan kadar aspal menggunakan 75% *Filler* Clereng dan 25% *Filler* Gerabah dengan masing-masing karakteristik *Marshall*, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 25% *Filler* Gerabah adalah 6,650%.

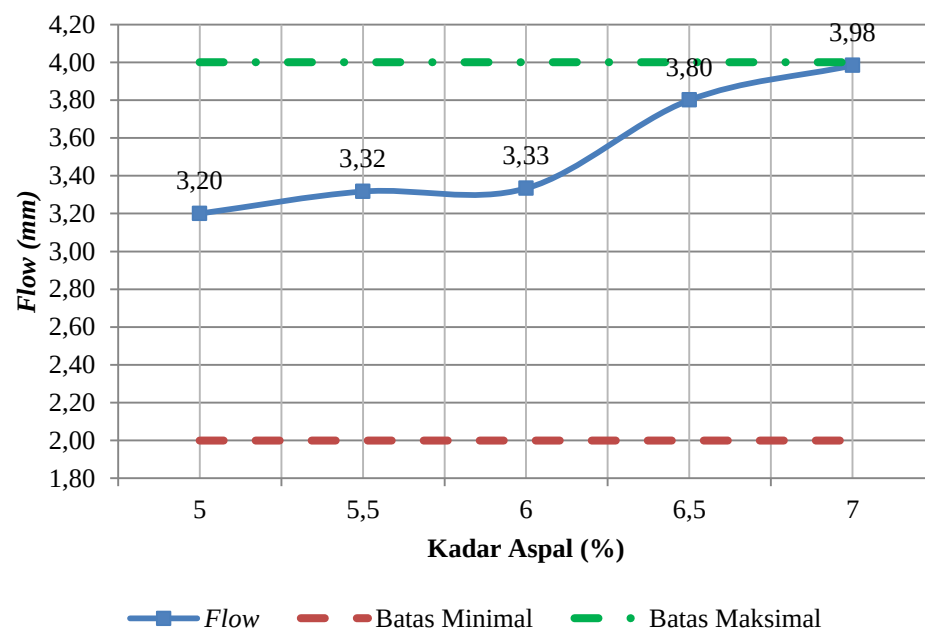
Berikut merupakan tabel karakteristik *Marshall* dengan menggunakan *Filler* Clereng 50% dan Gerabah 50% dapat dilihat pada Tabel 5.7 juga Gambar 5.17 s/d Gambar 5.24. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 17 hingga Lampiran 18.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Gerabah 50%

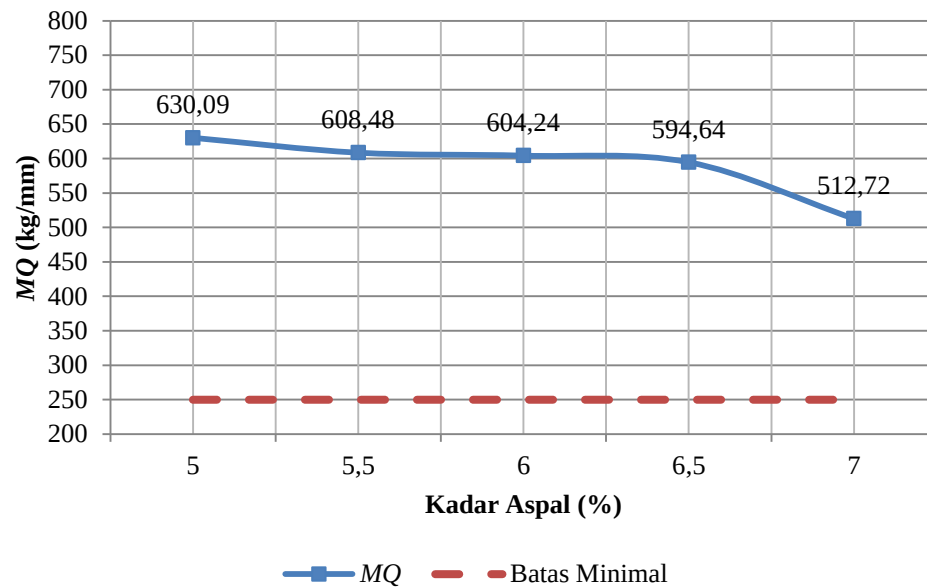
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1960,77	3,20	630,09	8,79	54,44	19,28	2,21
5,5	2001,95	3,32	608,48	7,56	60,71	19,18	2,22
6	1893,14	3,33	604,24	6,30	67,01	19,06	2,24
6,5	2142,82	3,80	594,64	4,78	74,81	18,73	2,26
7	2014,49	3,98	512,72	3,63	80,63	18,73	2,27
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2



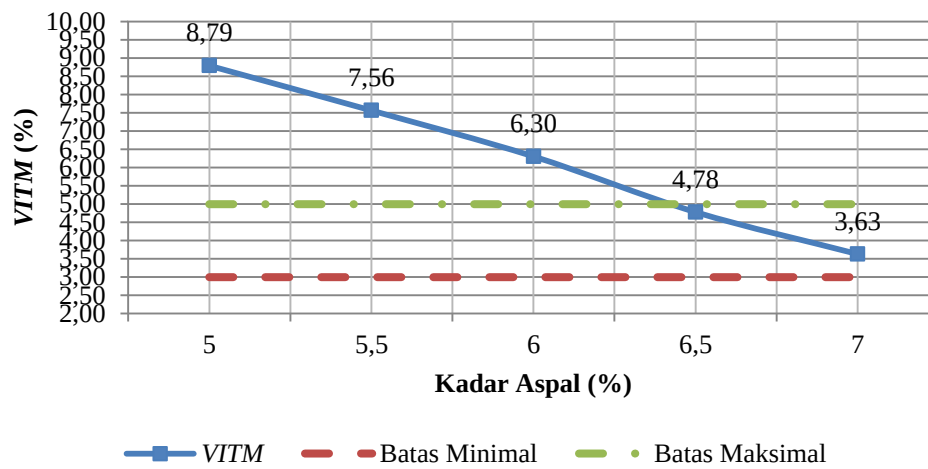
Gambar 5.17 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar *Filler* Gerabah 50%



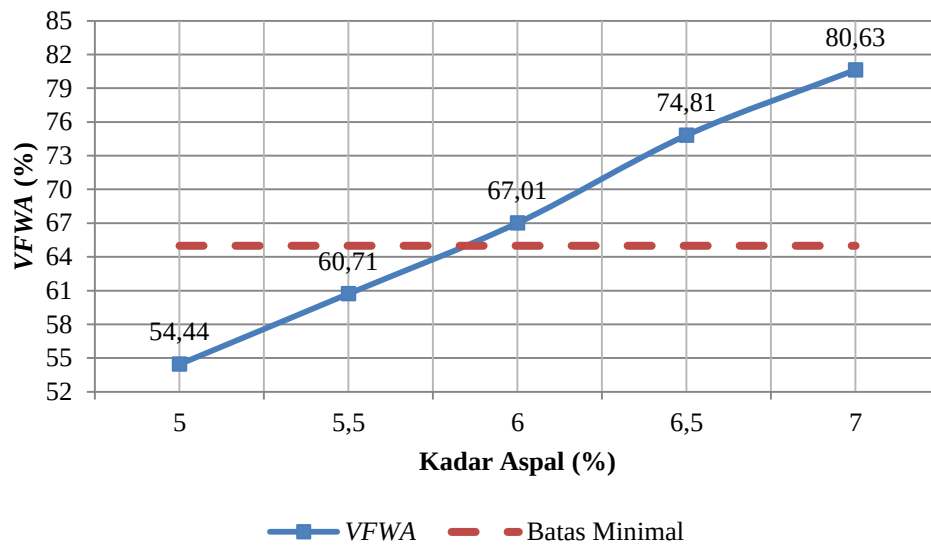
Gambar 5.18 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* pada Kadar *Filler* Gerabah 50%



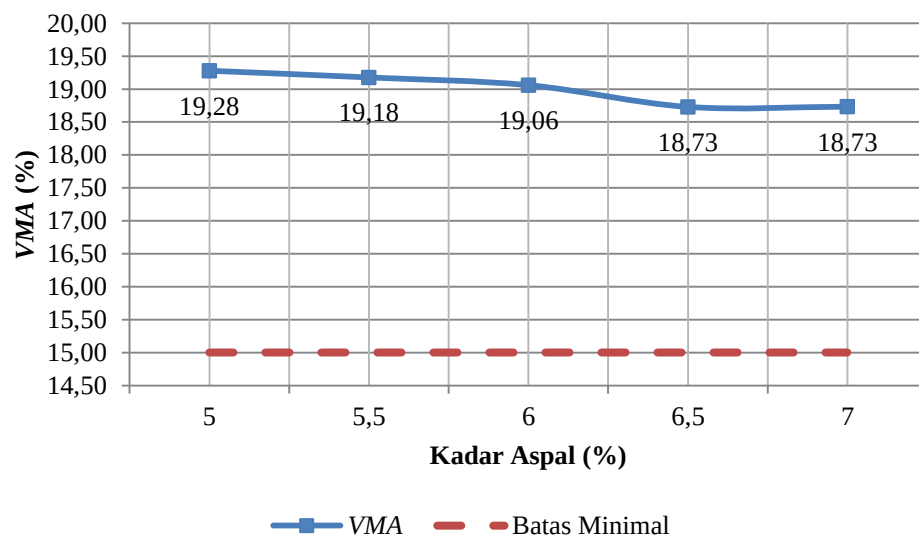
Gambar 5.19 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai MQ pada Kadar *Filler Gerabah* 50%



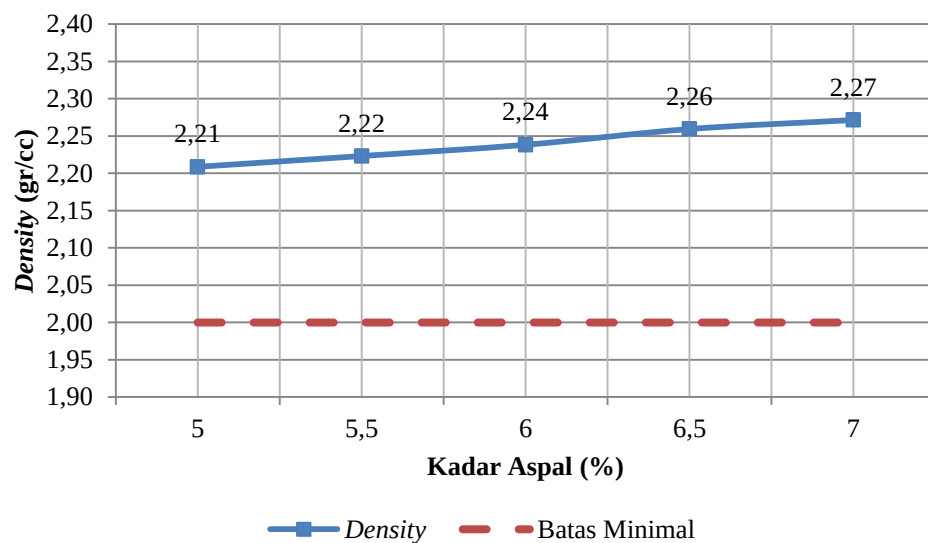
Gambar 5.20 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Kadar *Filler Gerabah* 50%



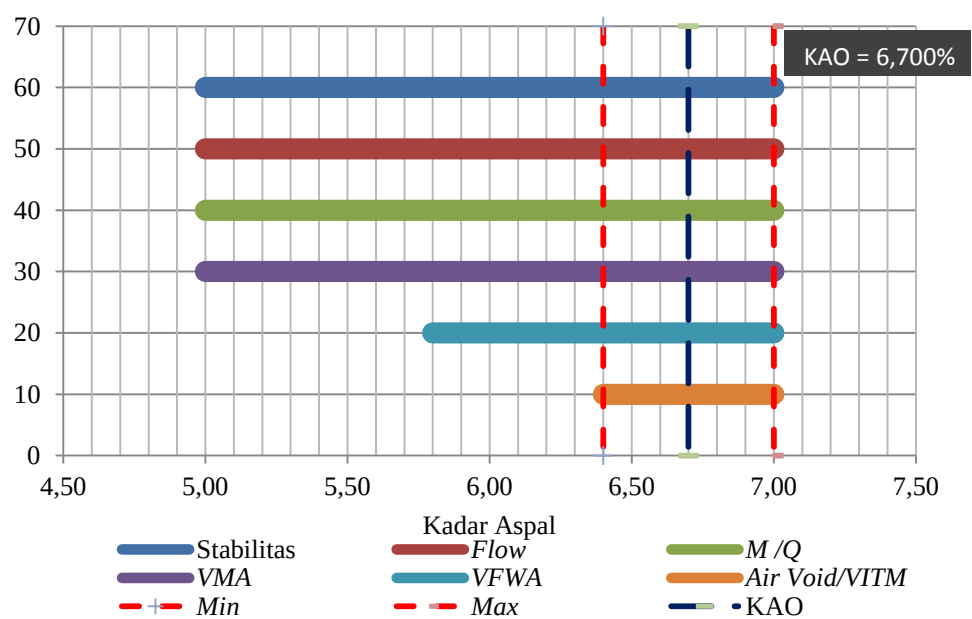
Gambar 5.21 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFA pada Kadar *Filler* Gerabah 50%



Gambar 5.22 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA pada Kadar *Filler* Gerabah 50%



Gambar 5.23 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* pada Kadar *Filler* Gerabah 50%



Gambar 5.24 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar *Filler* Gerabah 50%

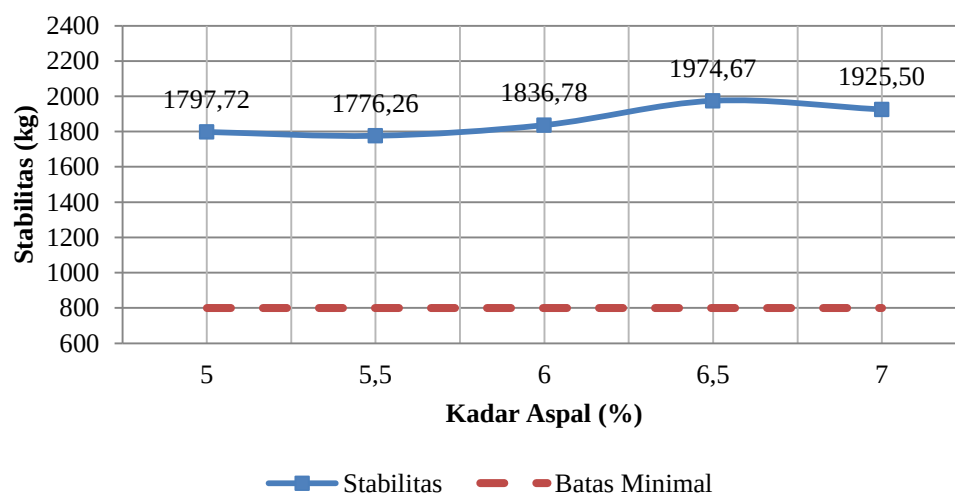
Berdasarkan tabel 5.7 dan gambar 5.17 hingga 5.24, grafik hubungan kadar aspal menggunakan 50% *Filler* Clereng dan 50% *Filler* Gerabah dengan masing-

masing karakteristik *Marshall*, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 50% *Filler* Gerabah adalah 6,700%.

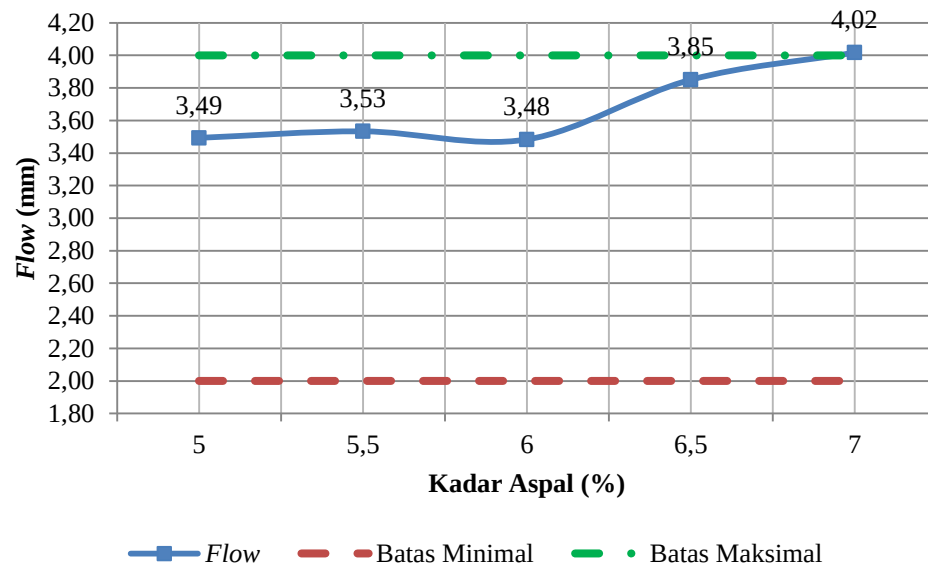
Berikut merupakan tabel karakteristik *Marshall* dengan menggunakan *Filler* Clereng 25% dan Gerabah 75%. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 19 hingga Lampiran 20.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Gerabah 75%

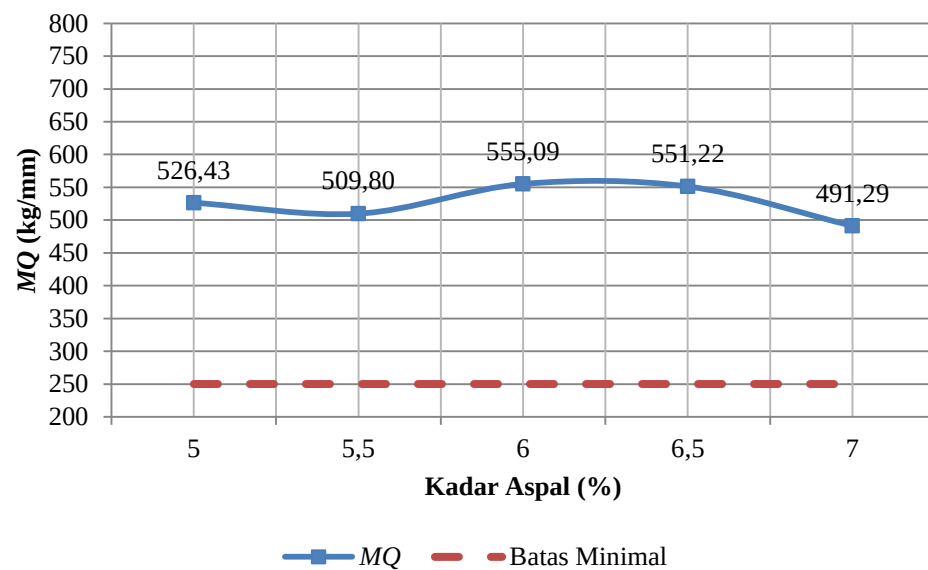
Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VFWA	VMA	Density
(%)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	(%)	(%)	(%)	(gr/cc)
5	1797,72	3,49	526,43	8,87	54,24	19,34	2,20
5,5	1776,26	3,53	509,80	7,75	60,00	19,33	2,22
6	1836,78	3,48	555,09	6,42	66,50	19,15	2,23
6,5	1974,67	3,85	551,22	4,91	73,99	18,83	2,25
7	1925,50	4,02	491,29	3,71	80,36	18,79	2,27
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2



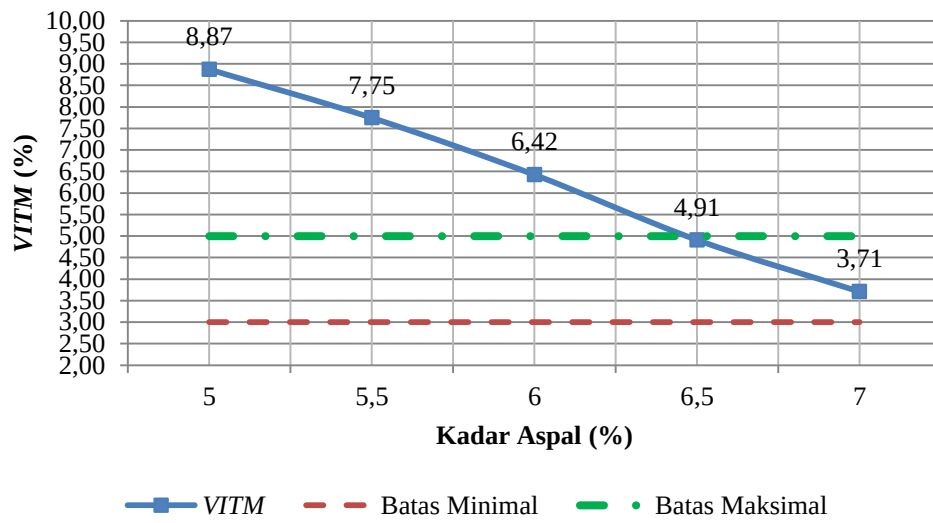
Gambar 5.25 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar *Filler* Gerabah 75%



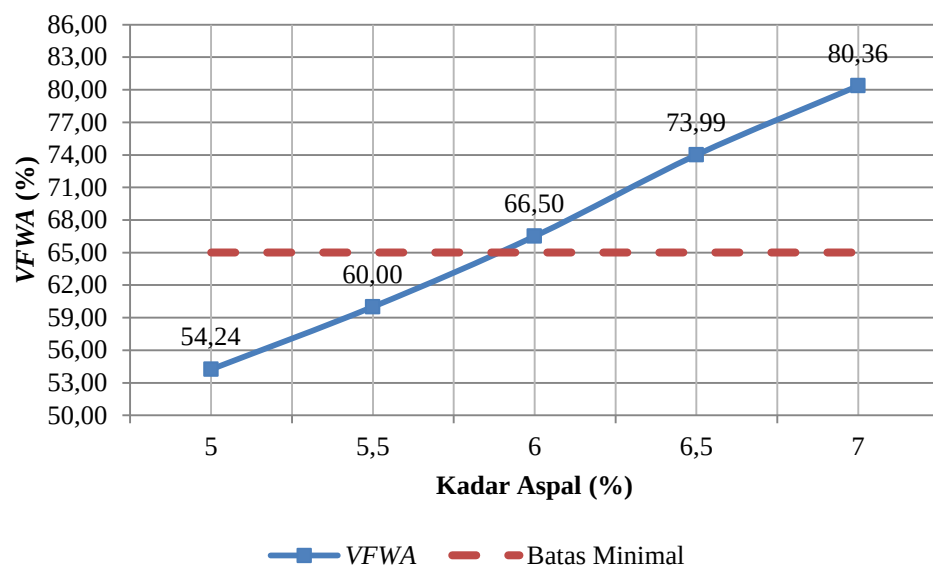
Gambar 5.26 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* pada Kadar *Filler* Gerabah 75%



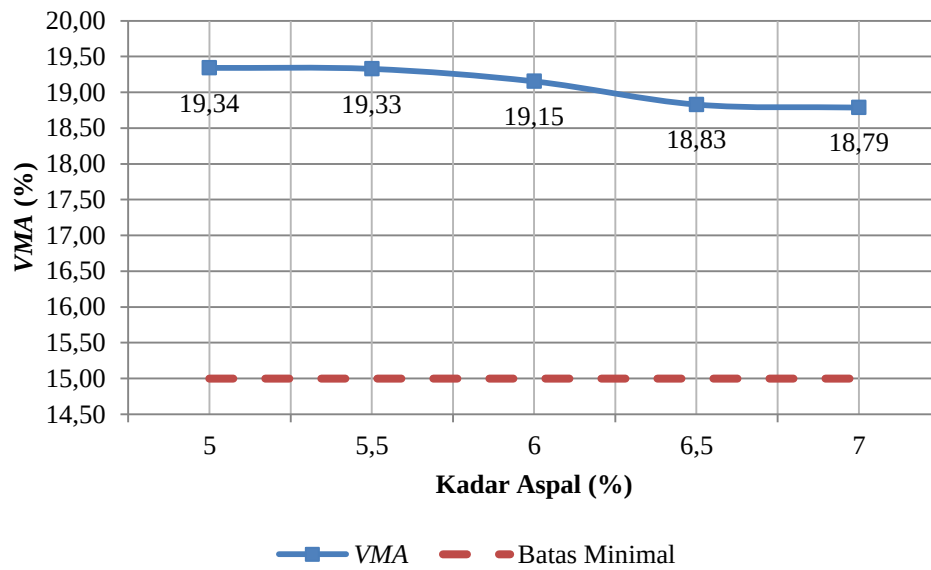
Gambar 5.27 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *MQ* pada Kadar *Filler* Gerabah 75%



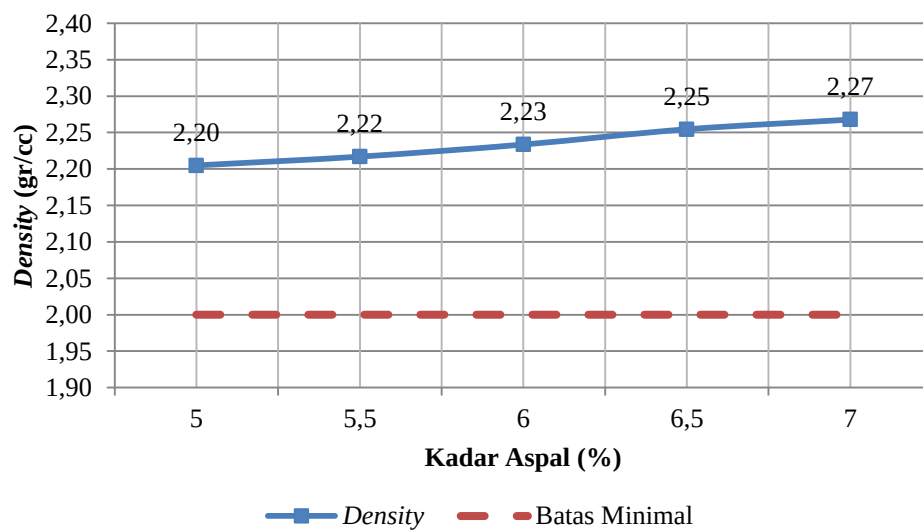
Gambar 5.28 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Kadar Filler Gerabah 75%



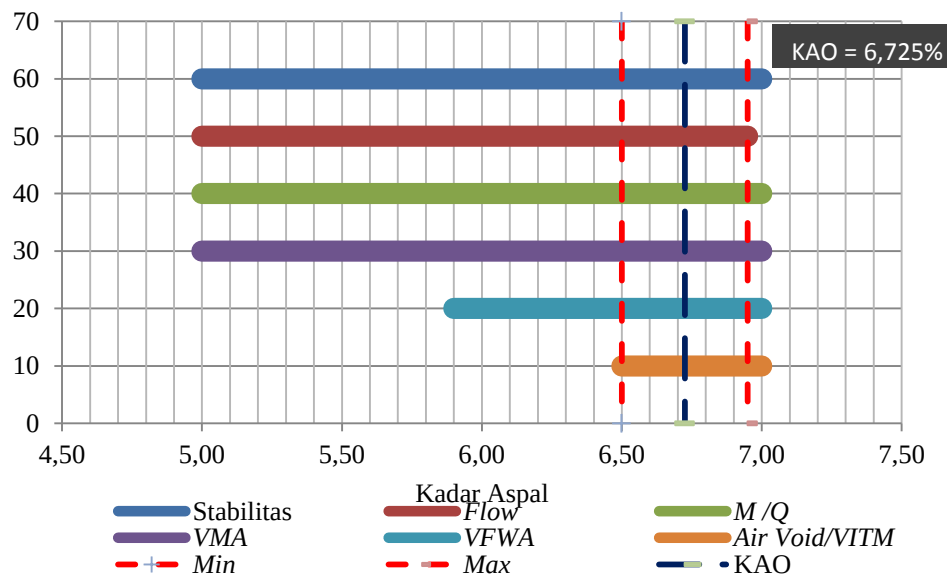
Gambar 5.29 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFWA pada Kadar Filler Gerabah 75%



Gambar 5.30 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA pada Kadar *Filler* Gerabah 75%



Gambar 5.31 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* pada Kadar *Filler* Gerabah 75%



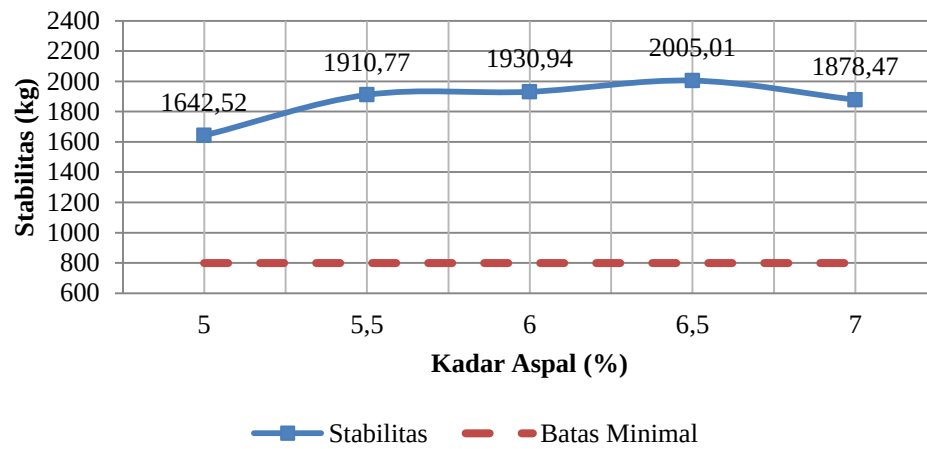
Gambar 5.32 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar *Filler* Gerabah 75%

Berdasarkan Tabel 5.8 dan gambar 5.25 hingga 5.32, grafik hubungan kadar aspal menggunakan 25% *Filler* Clereng dan 75% *Filler* Gerabah dengan masing-masing karakteristik *Marshall*, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 75% *Filler* Gerabah adalah 6,725%.

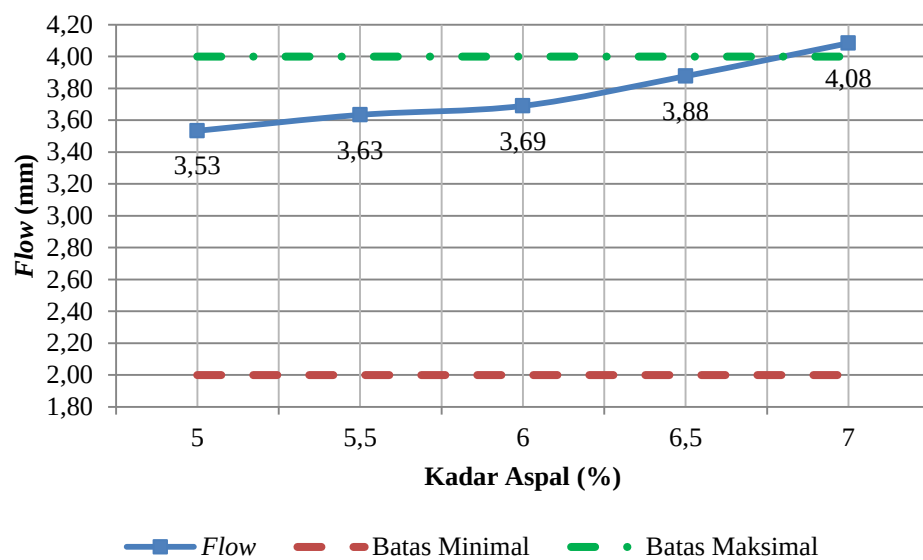
Berikut merupakan tabel karakteristik *Marshall* dengan menggunakan *Filler* Clereng 0% dan Gerabah 100%. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 21 hingga Lampiran 22.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan *Filler* Gerabah 100%

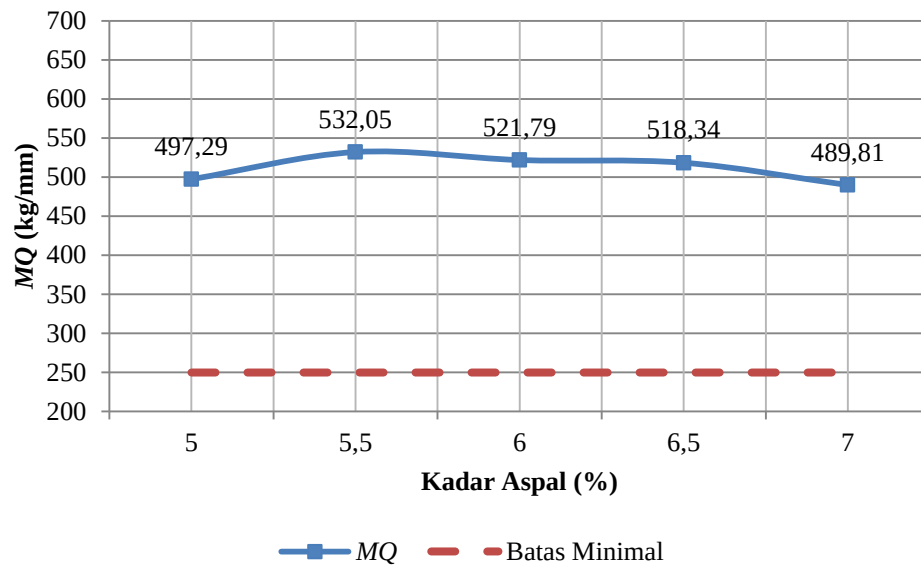
Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
5	1642,52	3,53	497,29	8,97	54,22	19,42	2,20
5,5	1910,77	3,63	532,05	8,14	58,96	19,66	2,21
6	1930,94	3,69	521,79	6,60	65,96	19,29	2,23
6,5	2005,01	3,88	518,34	5,10	73,19	18,98	2,25
7	1878,47	4,08	489,81	3,94	79,21	18,97	2,26
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2



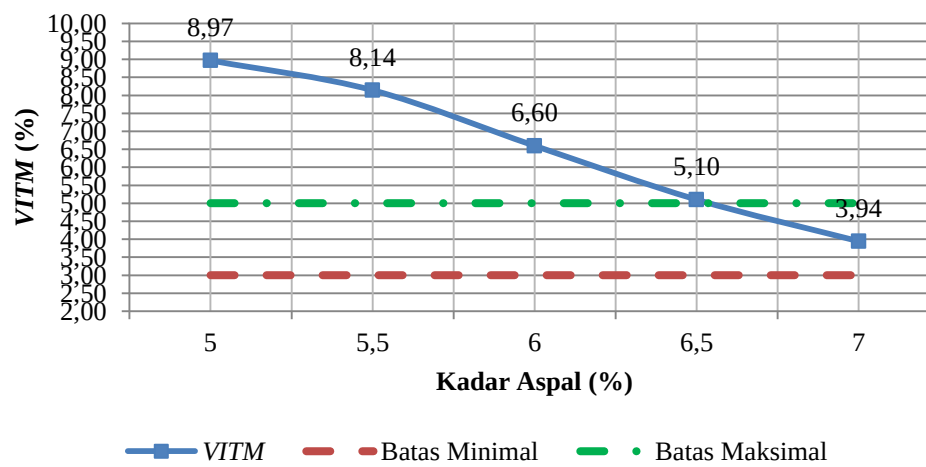
Gambar 5.33 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas pada Kadar *Filler* Gerabah 100%



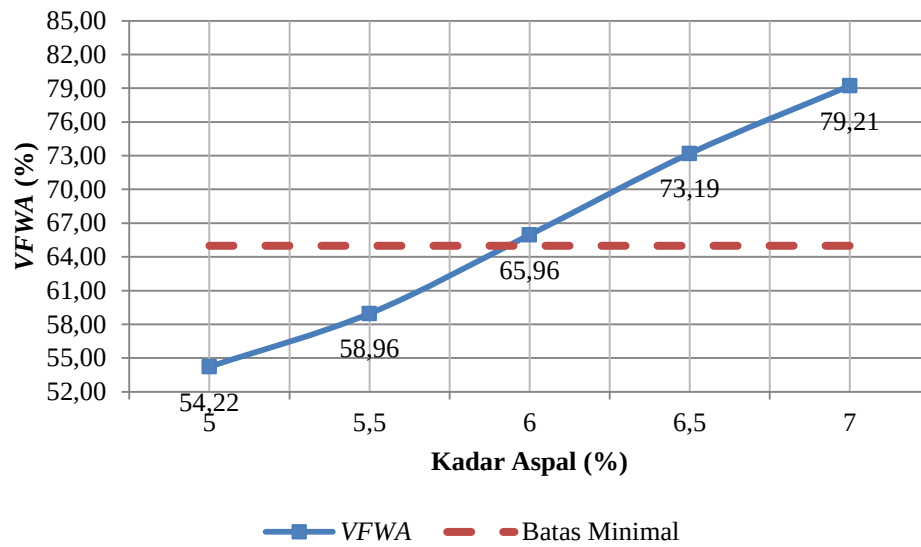
Gambar 5.34 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Flow* pada Kadar *Filler* Gerabah 100%



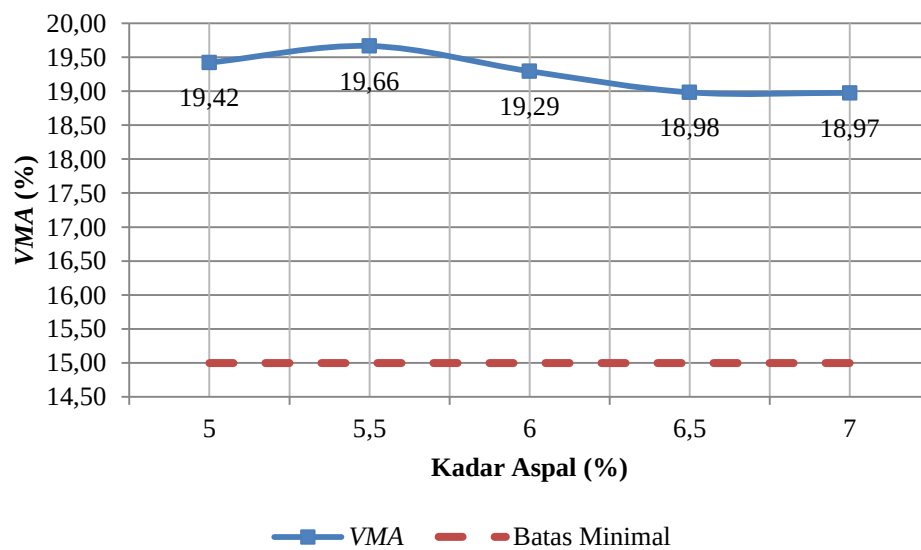
Gambar 5.35 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai MQ pada Kadar Filler Gerabah 100%



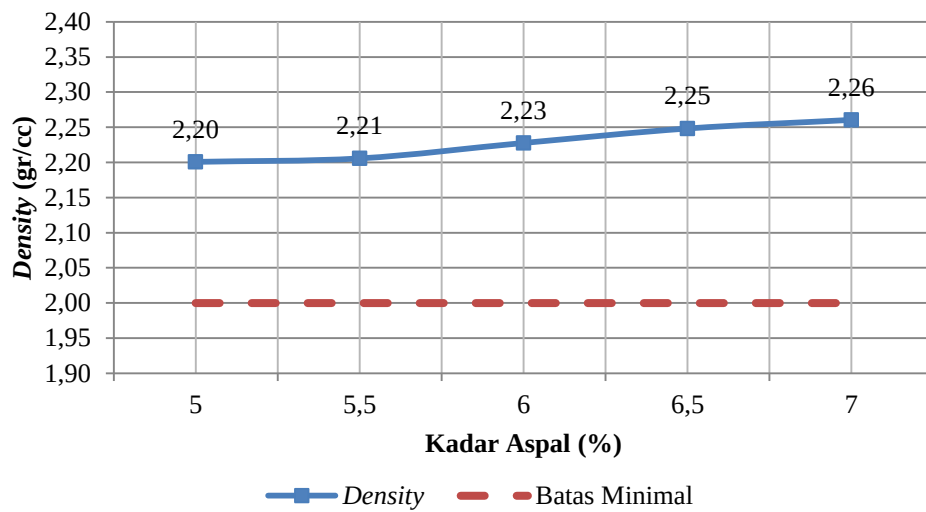
Gambar 5.36 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VITM pada Kadar Filler Gerabah 100%



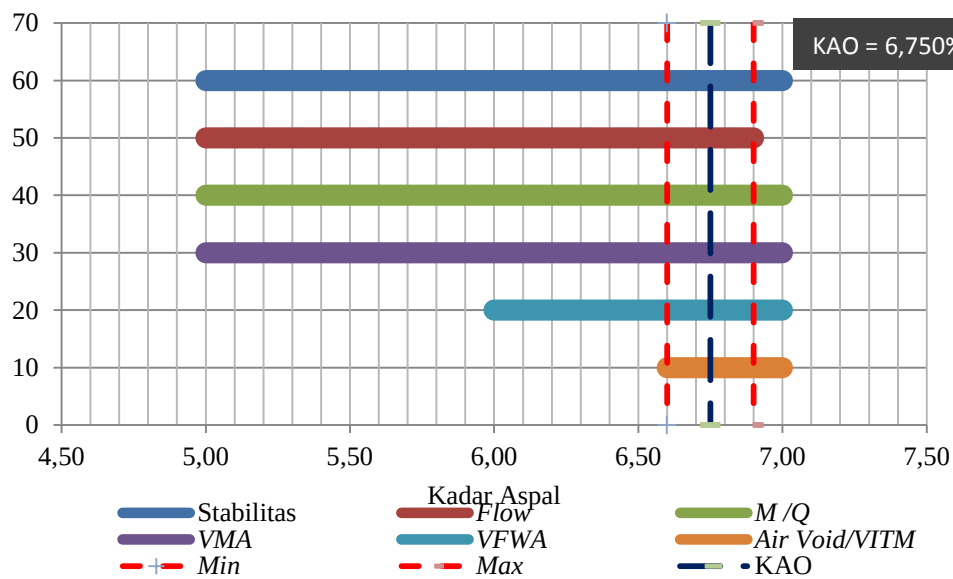
Gambar 5.37 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VFA pada Kadar *Filler* Gerabah 100%



Gambar 5.38 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai VMA pada Kadar *Filler* Gerabah 100%



Gambar 5.39 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai *Density* pada Kadar *Filler* Gerabah 100%



Gambar 5.40 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum pada Kadar *Filler* Gerabah 100%

Berdasarkan Tabel 5.9 dan gambar 5.33 hingga 5.40, grafik hubungan kadar aspal menggunakan 0% *Filler* Clereng dan 100% *Filler* Gerabah dengan masing-masing karakteristik *Marshall*, maka didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 100% *Filler* Gerabah adalah 6,750%.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum pada *Filler* Gerabah

Campuran	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
KAO 0% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	6,15	7,00	6,575
KAO 25% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	6,30	7,00	6,650
KAO 50% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	6,40	7,00	6,700
KAO 75% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	6,50	6,95	6,725
KAO 100% <i>Filler</i> Limbah Gerabah	6,60	6,90	6,750

Berdasarkan Tabel 5.10 diatas, dapat dilihat bahwa pada campuran *Superpave* ukuran nominal 12,5 mm dengan menggunakan variasi *Filler* Gerabah maka semakin banyak pula kadar aspal yang dibutuhkan. Hal ini dikarenakan berat jenis *Filler* Gerabah lebih kecil dari berat jenis *Filler* Clereng. Sehingga pada berat yang sama, *Filler* Gerabah memiliki volume yang lebih besar dibandingkan dengan *Filler* Clereng.

5.2 Pembahasan Pengujian

Pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan diperlukan, guna mengetahui material yang digunakan maupun hasil campuran yang telah dihasilkan dapat memenuhi ketentuan umum Bina Marga (2018).

5.3.1 Pembahasan Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal pertama penetrasi 60/70 memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik agregat aspal tersebut.

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat aquades dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Hasil pengujian berat jenis aspal yang telah dilakukan didapatkan nilai berat jenis aspal sebesar 1,053 gr/cc. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $\geq 1,00$.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal dilakukan untuk mengetahui nilai penetrasi aspal dengan cara memasukkan jarum pada sampel aspal dengan beban dan waktu tertentu. Hasil pengujian penetrasi aspal yang telah dilakukan didapatkan nilai

penetrasi aspal sebesar 64,5 mm. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara 60 - 70 mm .

3. Daktilitas

Pengujian daktilitas aspal dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi aspal yaitu dengan menarik sampel aspal kemudian diukur jarak terpanjang yang dapat ditarik hingga putus ataupun tidak pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Hasil pengujian daktilitas aspal yang telah dilakukan didapatkan nilai daktilitas aspal sebesar 164,5 cm.. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara > 100 cm .

4. Kelarutan dalam *TCE*

Pengujian kelarutan aspal pada *Tetra Choro Ephilen (TCE)* dilakukan untuk dapat mengetahui persentase kandungan mineral lain dalam aspal. Apabila presentase kelarutannya semakin besar maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan butiran agregat. Hasil pengujian kelarutan aspal dalam *TCE* yang telah dilakukan didapatkan nilai kelarutan aspal sebesar 99,2%. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara > 99% .

5. Titik Nyala

Pengujian titik nyala aspal dilakukan untuk mengetahui aspal mulai menyala ketika suhu berapa dan mengetahui batas atas aspal masih cukup aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala aspal yang telah dilakukan didapatkan nilai titik nyala aspal sebesar 290° dan nilai titik bakar 340°. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara > 232° .

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk bahan pengikat (aspal) pertamina pen 60/70, maka bahan ikat yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi sehingga layak untuk digunakan sebagai bahan uji penelitian.

6. Titik Lembek

Titik lembek aspal merupakan suhu dimana bola-bola baja mendesak turun ke lapisan aspal dibawahnya di dalam ring dengan ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar di bawah ring pada ketinggian tertentu

dalam keadaan pemanasan suhu. Hasil pengujian titik lembek aspal yang telah dilakukan didapatkan nilai titik lembek aspal sebesar $48,1^{\circ}\text{C}$. Hasil tersebut telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu antara $> 48^{\circ}\text{C}$.

5.3.2 Pembahasan Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar Clereng memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik agregat tersebut.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis merupakan nilai perbandingan berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Apabila memiliki berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori-pori yang lebih besar maka dibutuhkan kadar aspal yang cukup banyak dan begitu pula sebaliknya. Pada pengujian berat jenis agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,61. Berat jenis tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini untuk mengetahui nilai persentase berat air yang dapat diserap oleh pori agregat kering. Apabila agregat memiliki kadar pori yang besar maka akan lebih banyak membutuhkan aspal dikarenakan penyerapannya akan semakin besar pula. Pada pengujian penyerapan agregat kasar yang telah dilakukan didapatkan nilai kemampuan penyerapan sebesar 1,53. Nilai penyerapan tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $< 3\%$.

3. Keausan dengan Mesin Los Angeles

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan No.12 terhadap berat semula. Pada pengujian keausan yang telah dilakukan didapatkan nilai keausan agregat sebesar 24,19%. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $< 40\%$.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk agregat kasar, maka agregat kasar yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi sehingga layak untuk digunakan sebagai bahan uji penelitian.

5.3.3 Pembahasan Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus Clereng memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik agregat halus tersebut.

1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis merupakan nilai perbandingan berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Apabila memiliki berat jenis yang lebih kecil mempunyai pori-pori yang lebih besar maka dibutuhkan kadar aspal yang cukup banyak dan begitu pula sebaliknya. Pada pengujian berat jenis agregat halus yang telah dilakukan didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,60. Berat jenis tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $>2,5$.

2. Penyerapan Air oleh Agregat

Pengujian ini untuk mengetahui nilai persentase berat air yang dapat diserap oleh pori agregat kering. Apabila agregat memiliki kadar pori yang besar maka akan lebih banyak membutuhkan aspal dikarenakan penyerapannya akan semakin besar pula. Pada pengujian penyerapan agregat halus yang telah dilakukan didapatkan nilai kemampuan penyerapan sebesar 1,68. Nilai penyerapan tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Nilai *Sand Equivalent* adalah nilai yang menunjukkan tingkat kebersihan agregat halus terhadap debu, lumpur atau kotoran lainnya. Pada pengujian *Sand Equivalent* agregat halus yang telah dilakukan didapatkan nilai *Sand Equivalent* sebesar 83,21%. Nilai *Sand Equivalent* tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $> 50\%$.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk agregat halus, maka agregat halus yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi sehingga layak untuk digunakan sebagai bahan uji penelitian.

5.3.4 Pembahasan Pengujian Karakteristik *Filler*

Pengujian karakteristik *Filler* ini untuk mengetahui karakteristik dari masing – masing *Filler* yaitu, Clereng dan Gerabah.

1. Bahan Pengisi (*Filler*) Clereng

Bahan pengisi adalah material berupa agregat halus yang lolos saringan No.200. Hasil pengujian yang telah dilakukan untuk pengujian berat jenis *Filler* Clereng adalah sebesar 2,601. Berdasarkan SNI 15-2531-1992 bahwa nilai dari berat jenis *Filler* Clereng tersebut telah memenuhi syarat yaitu < 8 .

2. Bahan Pengisi (*Filler*) Gerabah

Filler Gerabah merupakan jenis *Filler* yang berasal dari limbah Gerabah digunakan sebagai penelitian substitusi *Filler* dengan *Filler* Clereng. Limbah Gerabah yang digunakan berasal dari produksi Gerabah di Kasongan, Bantul. Limbah Gerabah yang digunakan sebagai *Filler* lolos saringan No.200. Hasil Pengujian berat jenis *Filler* Gerabah adalah sebesar 2,442. Berdasarkan SNI 15-2531-1992 bahwa nilai dari berat jenis *Filler* Clereng tersebut telah memenuhi syarat yaitu < 8 .

Pengujian berat jenis pada masing-masing *Filler* diperlukan untuk perbandingan volume antar masing-masing *Filler* sehingga dapat melingkupi volume yang sama karena berat jenis Gerabah lebih kecil dari berat jenis *Filler* Clereng.

5.3.5 Pembahasan Pengujian Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

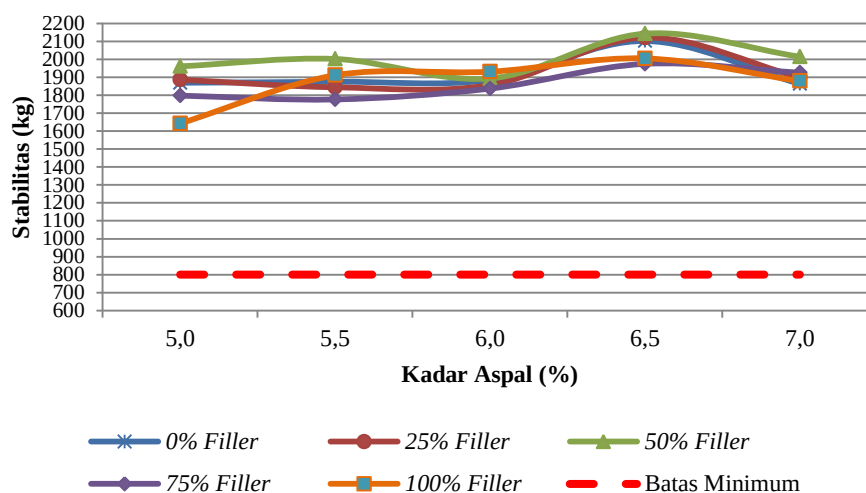
Karakteristik *Marshall* adalah parameter dalam menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Nilai stabilitas, *Flow*, *MQ*, *VFWA* dan *VITM*, *VMA* dan *Density* merupakan nilai yang dilihat dari hasil pengujian campuran *Superpave* menentukan Kadar Aspal Optimum. Adapun syarat parameter pada karakteristik *Marshall*, yaitu stabilitas minimum 800 kg, *Flow* antara 2-4, *VFWA* dengan minimum 65%, *VITM* dengan syarat antara 3-5%, *VMA* dengan minimum 15%. Hasil pengujian dengan persyaratan karakteristik *Marshall* yang ada akan diperoleh batas maksimum dan minimum. Berikut pembahasan nilai karakteristik *Marshall* secara rinci.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan campuran perkerasan agar dapat menahan deformasi yang diakibatkan adanya beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk seperti gelombang ataupun alur yang dinyatakan dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas dapat ditentukan oleh beberapa hal yaitu, bentuk agregat, kekasaran permukaan agregat, dan gradasi agregat. Suhu pencampuran, pemadatan, serta energi pemadatan dapat pula menentukan nilai stabilitas. Stabilitas dengan nilai tinggi memiliki campuran cenderung kaku. Sedangkan, stabilitas dengan nilai rendah dapat diartikan campuran yang fleksibel dan dapat mengalami *rutting*. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai stabilitas pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.41.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Nilai Stabilitas pada Variasi Filler Gerabah

Stabilitas (Kg)					
Kadar Aspal %	0% Filler	25% Filler	50% Filler	75% Filler	100% Filler
5,0	1869,298	1886,433	1960,768	1797,724	1642,519
5,5	1874,947	1844,048	2001,948	1776,258	1910,772
6,0	1884,711	1856,103	1893,140	1836,780	1930,941
6,5	2101,952	2120,759	2142,818	1974,669	2005,007
7,0	1863,645	1899,552	2014,489	1925,502	1878,471



Gambar 5.41 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5.41 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas campuran *Superpave* mengalami penurunan yang tidak signifikan dengan kadar aspal rendah kemudian mengalami kenaikan hingga pada kondisi kadar aspal optimumnya yaitu 6,5%. Kemudian terjadi penurunan stabilitas setelah melewati kadar aspal optimum campuran. Nilai stabilitas yang menurun ini disebabkan aspal sudah mencapai titik puncaknya dalam mengikat material penyusun yaitu agregat, sehingga adanya aspal berlebih atau selimut aspal yang lebih tebal untuk menyelimuti material penyusun campuran, dapat mengurangi stabilitas pada campuran, dan saling-ikat antar agregat menjadi berkurang.

Nilai stabilitas campuran *Superpave* menggunakan substitusi Gerabah mengalami peningkatan hingga pada *Filler* Gerabah 50% lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan *Filler* Gerabah 0% maupun 100%. Hal ini sejalan dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa dengan penggunaan Serbuk Batu Bata (SBB) meningkatkan nilai stabilitas namun apabila semakin banyak penambahan kadar *Filler* maka nilai stabilitas akan semakin menurun. Nilai stabilitas pada semua kadar aspal pada campuran *Superpave* menggunakan nominal 12,5 mm telah memenuhi syarat minimum spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 800 kg.

2. *Flow*

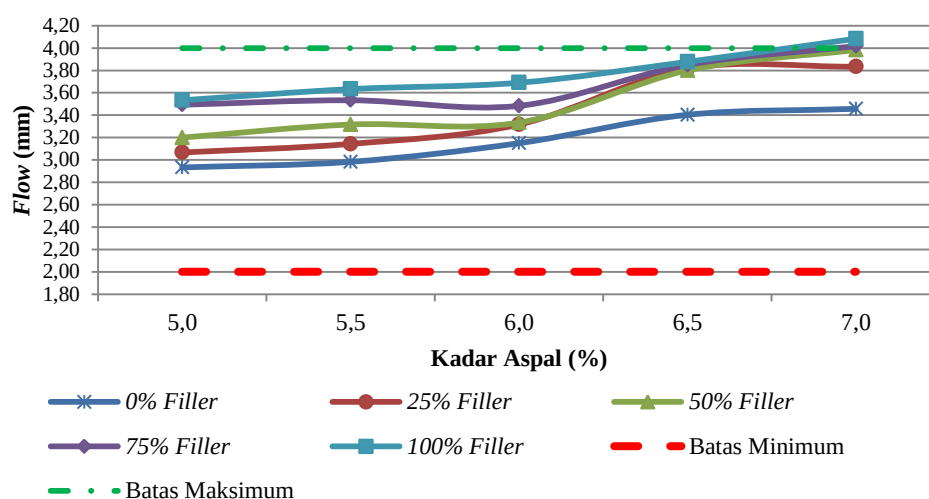
Kelelehan plastis (*Flow*) merupakan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat berat beban sampai runtuh yang dinyatakan dalam satuan panjang (mm). Kadar aspal yang semakin tinggi pada suatu campuran akan menyebabkan nilai *Flow* yang semakin besar dan dapat mengalami deformasi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai *Flow* berupa gradasi campuran, kadar aspal, bentuk agregat dan temperatur saat pemadatan.

Campuran dengan *Flow* rendah dan stabilitas tinggi cenderung kaku sehingga mudah retak apabila menerima beban yang melebihi kemampuannya. Sedangkan, apabila nilai *Flow* tinggi dan stabilitas rendah, campuran ini

bersifat plastis dan dapat mengalami perubahan bentuk jika menerima beban lalu lintas. Menurut Bina Marga 2018, nilai *Flow* untuk campuran beton aspal yaitu 2 – 4 mm. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Flow* pada Tabel 5.12 dan Gambar 5.42.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai Flow pada Variasi Filler Gerabah

Kadar Aspal %	<i>Flow</i> (mm)				
	0% Filler	25% Filler	50% Filler	75% Filler	100% Filler
5,0	2,93	3,07	3,20	3,49	3,53
5,5	2,98	3,14	3,32	3,53	3,63
6,0	3,15	3,82	3,33	3,48	3,69
6,5	3,40	3,80	3,80	3,85	3,88
7,0	3,46	3,83	3,98	4,02	4,08



Gambar 5.42 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Flow

Pada Gambar 5.42 dapat dilihat bahwa nilai *Flow* semakin meningkat selurus dengan semakin bertambah kadar aspal. Kadar *Filler* Gerabah 0% memiliki nilai *Flow* paling rendah dan terus meningkat hingga kadar *Filler* Gerabah 100%. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya kadar aspal maka akan membuat campuran tersebut bersifat plastis dan dapat mengalami deformasi akibat beban yang melaluinya. Hasil ini sejalan dengan Perwitasari (2018)

bahwa kenaikan nilai *Flow* dikarenakan berkurang *Filler* debu batu dan meningkatnya *Filler* batu bata.

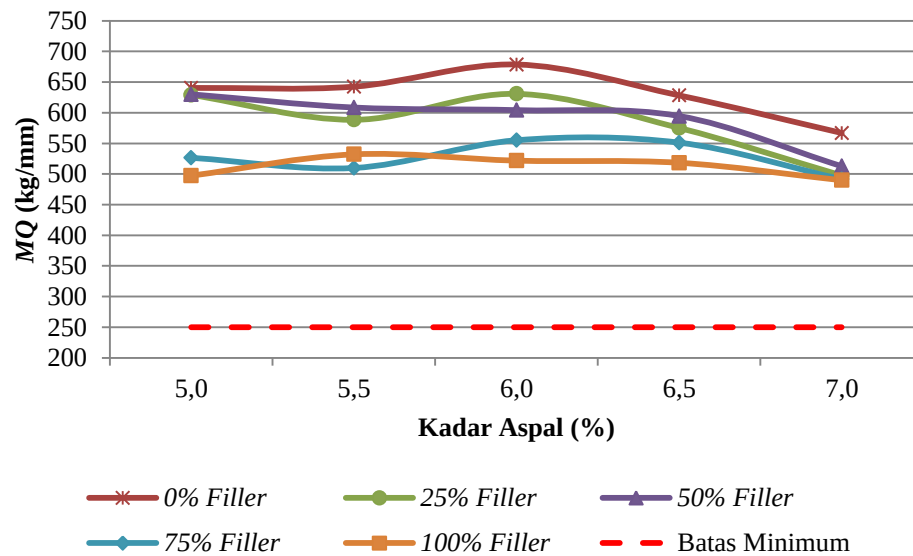
Berdasarkan grafik diatas, pada campuran *Superpave* nominal 12,5 mm didapatkan nilai *Flow* yang tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu pada kadar aspal 7% dengan variasi *Filler* 75% dan 100% dengan nilai 4,02 dan 4,08.

3. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient adalah hasil bagi nilai stabilitas dan nilai *Flow*. Nilai *MQ* dapat menunjukkan fleksibilitas dari suatu campuran, semakin kecil nilai *MQ* tersebut maka campuran akan semakin lentur, namun apabila nilai *MQ* semakin besar maka campuran tersebut akan semakin kaku. Semakin rendah nilai *MQ* maka semakin tinggi nilai fleksibilitasnya. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Marshall Quotient* pada Tabel 5.13 dan Gambar 5.43.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Nilai MQ pada Variasi Filler Gerabah

<i>Marshall Quotient (kg/mm)</i>					
Kadar Aspal %	0% <i>Filler</i>	25% <i>Filler</i>	50% <i>Filler</i>	75% <i>Filler</i>	100% <i>Filler</i>
5,0	640,476	629,019	630,092	526,432	497,288
5,5	642,512	588,437	608,481	509,798	532,050
6,0	678,706	630,793	604,238	555,094	521,792
6,5	628,281	575,188	594,635	551,219	518,336
7,0	566,928	497,558	512,721	491,288	489,814



Gambar 5.43 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai MQ

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.43 dapat dilihat nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan sejalan dengan semakin banyak kadar aspal. Nilai *Marshall Quotient* rendah berada pada kadar aspal 6,5% dan 7%. Hal ini dikarenakan tingginya nilai *Flow* yang ada.

Nilai *Marshall Quotient* cenderung menurun seiring bertambah *Filler* Gerabah maka campuran tersebut bersifat fleksibel. Sedangkan ketika *Filler* Gerabah sedikit, nilai *MQ* tinggi maka campuran ini bersifat kaku. Namun, saat kadar aspal 6% nilai *MQ* mengalami kenaikan dari kadar aspal sebelumnya.

Berdasarkan grafik diatas, pada campuran *Superpave* nominal 12,5 mm didapatkan nilai *MQ* yang telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu > 250

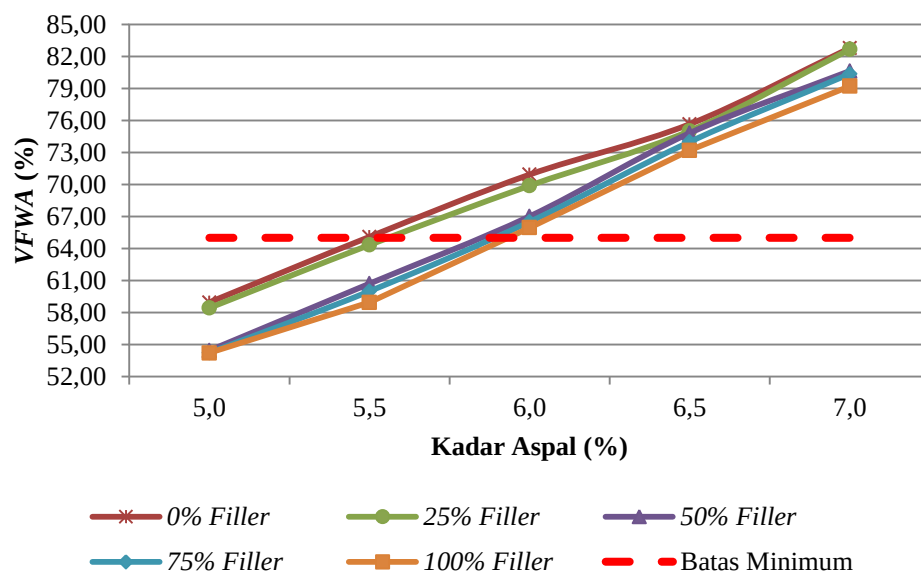
4. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Nilai *VFWA* merupakan banyaknya volume rongga campuran yang terisi aspal. Nilai *VFWA* yang besar menunjukkan banyaknya rongga yang terisi oleh aspal. Hal ini dapat membuat kedapatan campuran terhadap air dan udara menjadi tinggi (baik) juga campuran yang elastis. Semakin besar nilai *VFWA* maka campuran akan semakin baik. Namun sebaliknya, apabila nilai *VFWA* cenderung kecil maka dapat menurunkan stabilitas dan menurunkan

kekedapan campuran tersebut. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Void Filled With Asphalt* pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.44.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai VFWA pada Variasi Filler Gerabah

Kadar Aspal %	VFWA (%)				
	0% Filler	25% Filler	50% Filler	75% Filler	100% Filler
5,0	58,955	58,434	54,441	54,239	54,223
5,5	65,094	64,334	60,711	59,997	58,957
6,0	70,926	69,890	67,010	66,499	65,960
6,5	75,651	75,018	74,814	73,993	73,192
7,0	82,778	82,659	80,630	80,358	79,215



Gambar 5.44 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VFWA

Berdasarkan Tabel 5.22 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar *Filler* Gerabah maka semakin menurunnya volume rongga yang terisi aspal. Kondisi ini dapat diartikan bahwa Gerabah dapat mengakibatkan aspal lebih sedikit mengisi *void* yang ada, Gerabah lebih menyerap aspal yang ada sehingga selimut aspal menjadi lebih tipis dan rongga semakin besar. Hal tersebut sepaham dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa Serbuk Batu Bata memiliki tekstur tajam dan berpori sehingga banyak terisi oleh aspal dan butiran agregat lainnya kurang mendapat lekatan aspal yang ada.

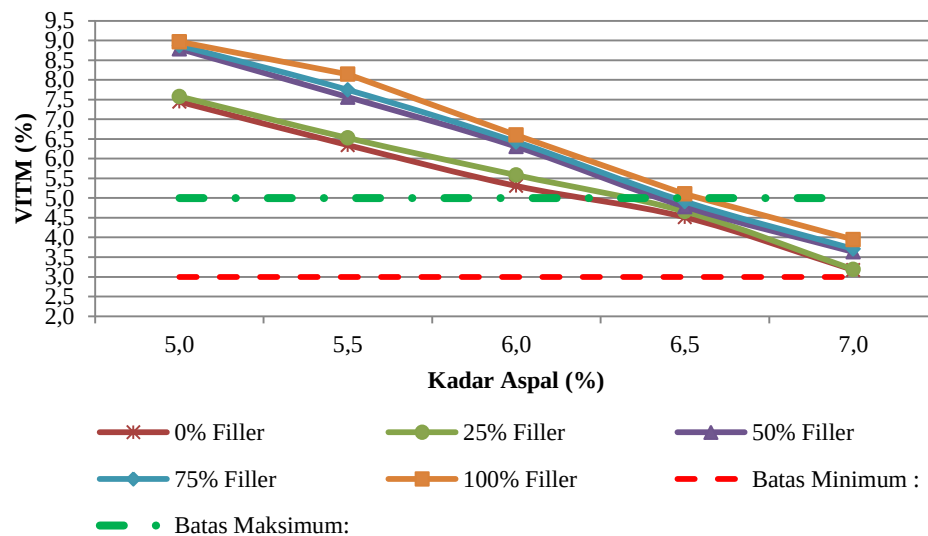
Pada grafik Gambar 5.44 dapat dilihat, saat kadar *Filler* yang sama terus mengalami kenaikan nilai *VFWA* seiring dengan bertambahnya jumlah kadar aspal. Kadar aspal yang tidak memenuhi syarat Bina Marga 2018 pada kadar aspal 5,0% dan 5,5%. Sedangkan syarat dalam Bina Marga 2018 adalah >65%.

5. *Void In The Mix (VITM)*

VITM merupakan persentase rongga atau *void* yang ada setelah campuran dipadatkan. Nilai *VITM* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, gradasi agregat, temperatur pemadatan, agregat, energi pemadatan dan jenis aspal. Void yang dimaksudkan merupakan tempat bergeser butiran agregat akibat beban lalu lintas secara berulang. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Void In The Mix* pada Tabel 5.15 dan Gambar 5.45.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Nilai *VITM* pada Variasi *Filler* Gerabah

Kadar Aspal %	<i>VITM</i> (%)				
	0% <i>Filler</i>	25% <i>Filler</i>	50% <i>Filler</i>	75% <i>Filler</i>	100% <i>Filler</i>
5,0	7,446	7,579	8,789	8,870	8,969
5,5	6,344	6,524	7,563	7,746	8,142
6,0	5,306	5,581	6,304	6,424	6,598
6,5	4,514	4,658	4,780	4,910	5,102
7,0	3,173	3,186	3,631	3,709	3,945



Gambar 5.45 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VITM

Berdasarkan Tabel 5.22 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar *Filler Gerabah* yang digunakan maka semakin tinggi pula rongga yang ada dalam campuran di kadar aspal yang sama. Hal ini dapat diartikan bahwa campuran dengan kadar *Filler Gerabah* tinggi memiliki ketahanan terhadap air udara yang cukup rendah, karena kurangnya pelekatan dari aspal terhadap butiran agregat yang ada. Sedangkan campuran dengan kadar *Filler Gerabah* rendah ataupun menggunakan 100% *Filler* debu batu, memiliki rongga yang lebih kecil dikarenakan butiran agregat cukup terselimuti oleh aspal yang ada.

Pada grafik Gambar 5.45 menunjukkan bahwa semakin tingginya kadar aspal yang digunakan maka semakin rendah pula *void* yang ada pada campuran dengan kadar *Filler* yang sama. Hal ini dikarenakan butiran agregat dapat terselimuti baik oleh aspal yang semakin banyak.

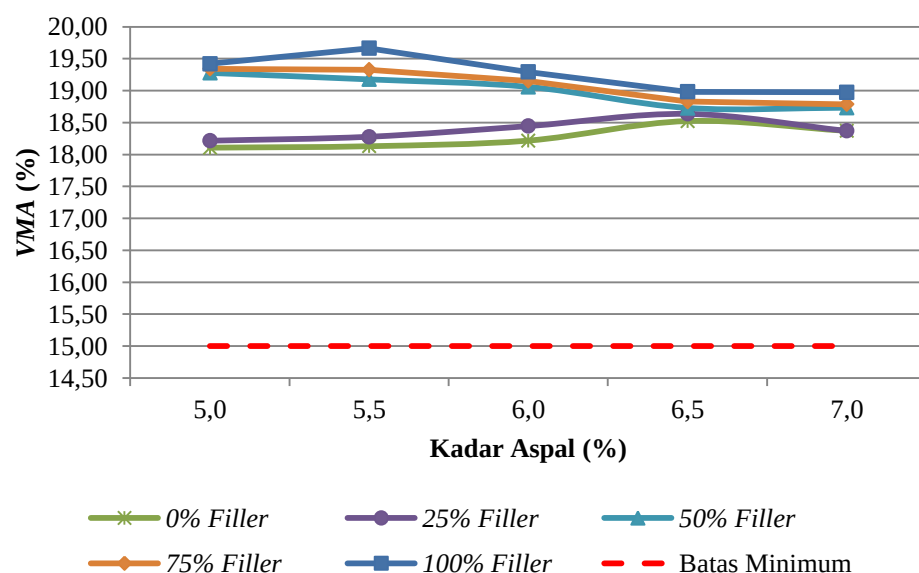
Nilai *VITM* pada semua kadar aspal pada campuran *Superpave* menggunakan nominal 12,5 mm tidak semua memenuhi syarat minimum spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu 3% - 5%. Nilai *VITM* yang memenuhi syarat ada pada kadar aspal 6,5% dan 7% di semua variasi kadar *Filler Gerabah*, kecuali pada kadar aspal 6,5% dengan variasi *Filler Gerabah* 100%.

6. Void in Mineral Agregate (VMA)

Void in Mineral Agregate adalah presentase rongga udara antara butiran agregat dalam campuran yang telah dipadatkan. Kenaikan nilai VMA seiring dengan naiknya kadar aspal dan apabila semakin tingginya nilai VMA maka interlocking antar agregat kurang baik karena banyak memiliki rongga. Sebaliknya, apabila nilai VMA kecil dapat menimbulkan masalah durabilitas yaitu banyak rongga terisi aspal yang dibatasi sehingga menyebabkan campuran menjadi kurang kedap udara. Nilai VMA dapat dipengaruhi gradasi agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Void in Mineral Agregate* pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.46.

Tabel 5.16 Rekapitulasi Nilai VMA pada Variasi Filler Gerabah

Kadar Aspal %	VMA (%)				
	0% Filler	25% Filler	50% Filler	75% Filler	100% Filler
5,0	18,107	18,216	19,278	19,342	19,420
5,5	18,130	18,278	19,177	19,328	19,665
6,0	18,218	18,445	19,059	19,153	19,294
6,5	18,524	18,636	18,730	18,829	18,982
7,0	18,370	18,370	18,733	18,788	18,975



Gambar 5.46 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VMA

Berdasarkan Tabel 5.23 menunjukkan bahwa pada campuran *Superpave* di kadar aspal yang sama, ketika menggunakan *Filler* Gerabah yang tinggi, memiliki nilai *VMA* yang lebih besar dibandingkan menggunakan *Filler* debu batu. Dikarenakan volume *Filler* Gerabah yang lebih banyak.

Pada grafik Gambar 5.46 dapat dilihat seiring meningkatnya kadar aspal pada campuran variasi kadar *Filler* yang sama, bahwa setiap campuran mengalami kenaikan pada penggunaan *Filler* Gerabah 0% dan 25%. Nilai *VMA* mengalami penurunan pada penggunaan *Filler* 50%, 75%, dan 100%, tetapi tidak signifikan.

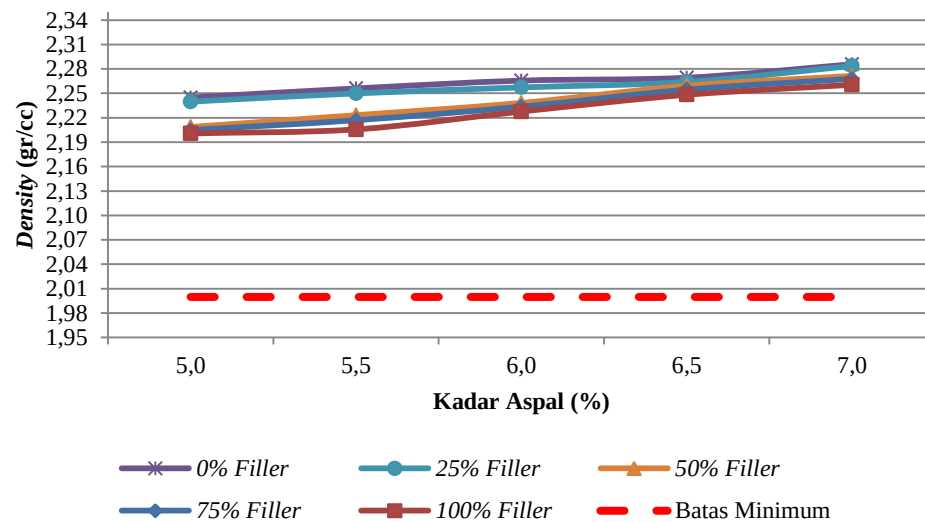
Nilai *VMA* pada semua kadar aspal pada campuran *Superpave* menggunakan nominal 12,5 mm telah memenuhi syarat minimum spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu $> 15\%$.

7. *Density*

Nilai *Density* merupakan kepadatan campuran perkerasan antar agregat dan aspal yang telah dipadatkan dalam satuan g/cc. Keadaan campuran perkerasan dengan nilai *Density* yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut padat/rapat, dapat diartikan bahwa campuran ini dapat menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan *Density* rendah. Berikut merupakan rekapitulasi hasil pengujian karakteristik *Marshall* untuk nilai *Density* pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.47.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Nilai *Density* pada Variasi *Filler* Gerabah

Kadar Aspal %	Density (gr/cc)				
	0% <i>Filler</i>	25% <i>Filler</i>	50% <i>Filler</i>	75% <i>Filler</i>	100% <i>Filler</i>
5,0	2,245	2,240	2,209	2,205	2,201
5,5	2,256	2,250	2,223	2,217	2,206
6,0	2,266	2,257	2,238	2,234	2,228
6,5	2,269	2,264	2,259	2,255	2,248
7,0	2,286	2,284	2,271	2,268	2,260



Gambar 5.47 Grafik Rekapitulasi Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Berdasarkan Tabel 5.24 dapat dilihat nilai *Density* pada campuran dengan variasi kadar *Filler* yang sama semakin meningkat seiring bertambahnya kadar aspal yang digunakan. Hal ini karena makin besarnya rongga yang terselimuti aspal dengan baik sehingga bertambah nilai kepadatan/kerapatan. Pada grafik Gambar 5.47 menunjukkan seiring dengan bertambahnya kadar aspal maka semakin tinggi nilai *Density* campuran. Hal ini disebabkan makin terselimutinya butiran-butiran agregat. Hal tersebut dikarenakan *Filler* Gerabah mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan *Filler* Clereng sehingga apabila pada berat yang sama, rongga pada campuran banyak terisi *Filler* Gerabah.

Nilai *Density* pada semua kadar aspal pada campuran *Superpave* menggunakan nominal 12,5 mm telah memenuhi syarat minimum spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu > 2 .

5.3.6 Pembahasan Pengujian Karakteristik *Marshall* Pada Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah)

Berikut merupakan hasil dari pengujian *Marshall* menggunakan nilai KAO yang telah ditentukan. Dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan pada Gambar 5.48

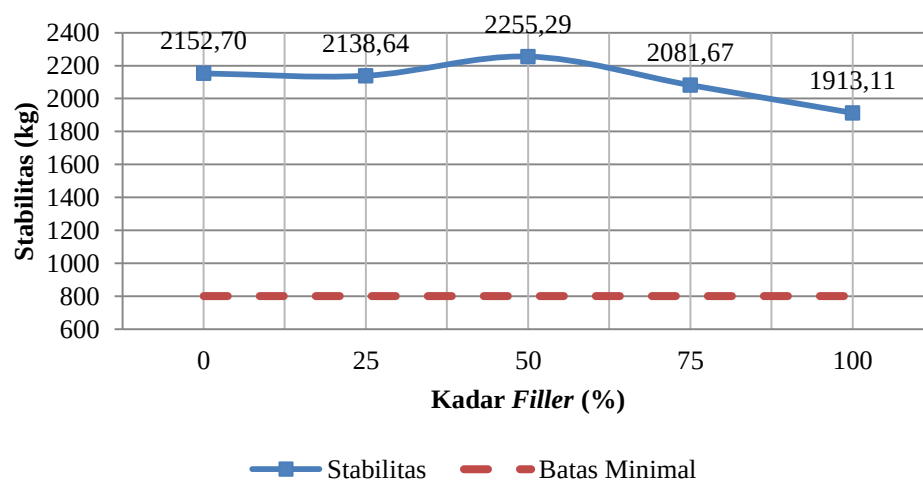
hingga Gambar 5.54. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 23 hingga Lampiran 24.

Tabel 5.1818 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum

Kadar Filler (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	2152,70	3,07	707,81	3,44	80,64	17,75	2,29
25	2138,64	3,33	646,41	3,92	78,62	18,30	2,28
50	2255,29	3,58	630,61	4,31	77,05	18,72	2,26
75	2081,67	3,67	566,36	4,93	74,44	19,29	2,25
100	1913,11	3,83	503,46	5,24	73,25	19,59	2,24
Spesifikasi	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2

1. Stabilitas dengan nilai KAO

Stabilitas dapat terbentuk dari kontak antar butiran agregat yang saling mengunci dengan adanya aspal. Gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya sehingga dapat menjaga daya ikat antar butir agregat. Berikut merupakan Nilai stabilitas campuran menggunakan KAO pada Gambar 5.48.



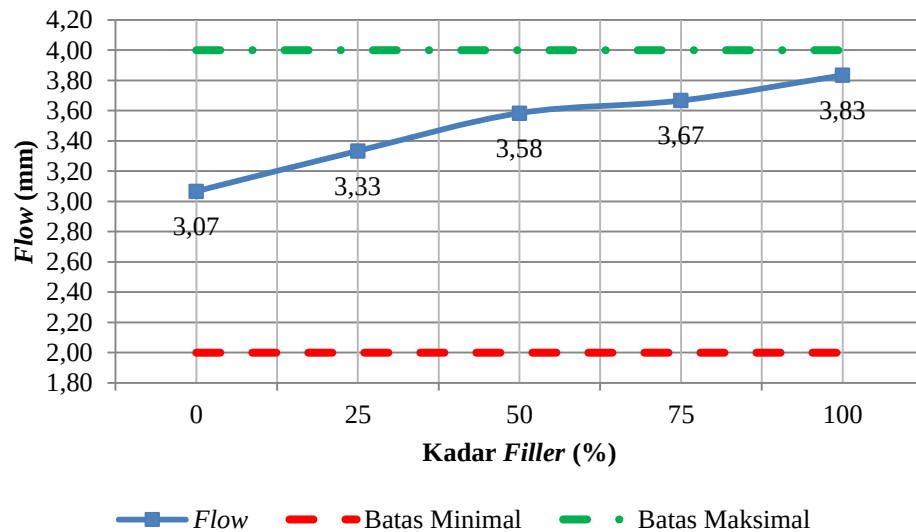
Gambar 5.48 Hasil Nilai Stabilitas Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 5.48, nilai stabilitas pada campuran *Superpave* yang menggunakan beberapa variasi kadar *Filler* pengganti mengalami kenaikan saat variasi kadar *Filler* sebesar 50% lalu mengalami penurunan setelahnya. Hal ini dapat diartikan bahwa campuran dengan 50% *Filler* Gerabah dan 50%

Filler Clereng memiliki daya saling ikat yang kuat. Namun, mengalami penurunan diatas 50% kadar *Filler* karena bertambahnya *Filler* Gerabah menyebabkan pori yang banyak dan membuat stabilitas campurannya menjadi menurun karena selimut aspal semakin sedikit yang dapat mengikat antar agregat.

Hal ini sepaham dengan Rahayu (2018) yang menggunakan serbuk batu bata bahwa awal mulanya penggunaan *Filler* serbuk batu bata untuk meningkatkan kinerja stabilitas. Namun ternyata dengan bertambahnya kadar *Filler* serbuk batu bata yang berpori dengan jumlah yang banyak dapat mengurangi *workability* sehingga rongga dalam campuran semakin besar karena dan menyebabkan stabilitas menurun.

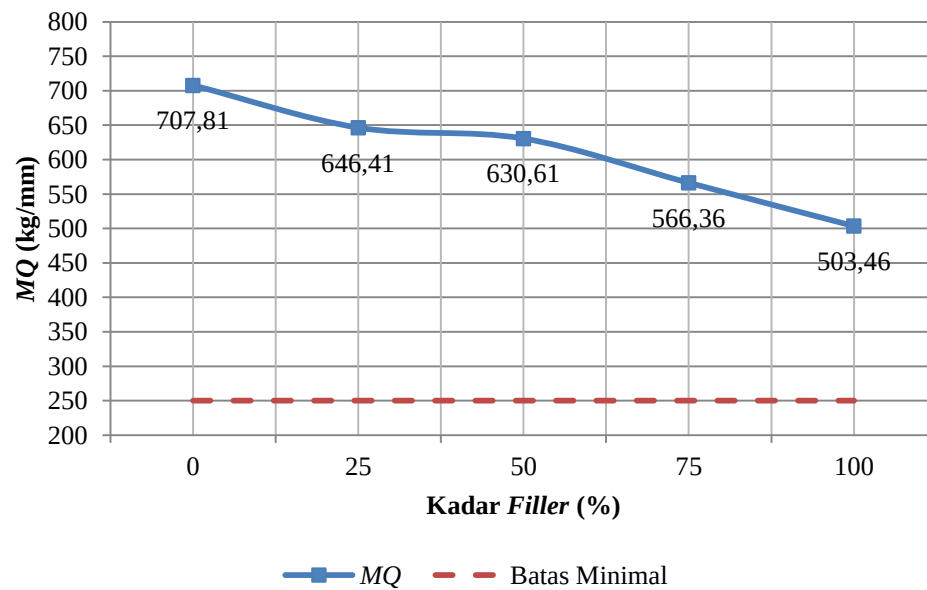
2. *Flow* dengan nilai KAO



Gambar 5.49 Hasil Nilai *Flow* Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 5.49 , dapat dilihat nilai *Flow* meningkat seiring dengan bertambahnya banyak kadar *Filler* pengganti yang digunakan . Hal tersebut diartikan semakin banyak kadar *Filler* Gerabah yang dipakai maka campuran tersebut akan semakin bersifat plastis sehingga tidak mudah crack namun dapat mengalami deformasi. Hal ini karena semakin banyak Gerabah yang digunakan maka *void* yang ada semakin banyak. Hasil ini sepaham dengan penelitian Perwitasari (2018) bahwa nilai *Flow* yang meningkat dikarenakan *Filler* serbuk bata yang bertambah. Dikarenakan serbuk batu bata memiliki tekstur berpori yang dapat menyerap aspal sehingga campuran kurang daya lekat aspal atau selimut aspal.

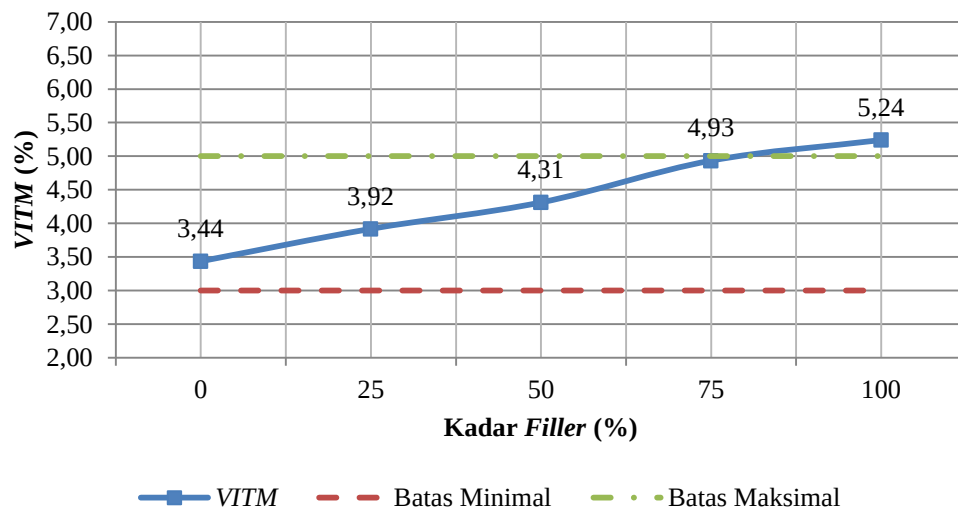
3. Marshall Quotient dengan nilai KAO



Gambar 5.50 Hasil Nilai MQ Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan Gambar 5.50, dapat dilihat bahwa nilai *MQ* semakin menurun seiring bertambahnya jumlah kadar *Filler* pengganti. Pada saat jumlah kadar *Filler* pengganti sedikit, nilai *MQ* yang didapatkan cukup tinggi sehingga campuran ini bersifat kaku. Sebaliknya, ketika jumlah kadar *Filler* pengganti banyak maka nilai *MQ* rendah. Hal ini dapat diartikan bahwa campuran ini semakin fleksibel dalam penerimaan beban.

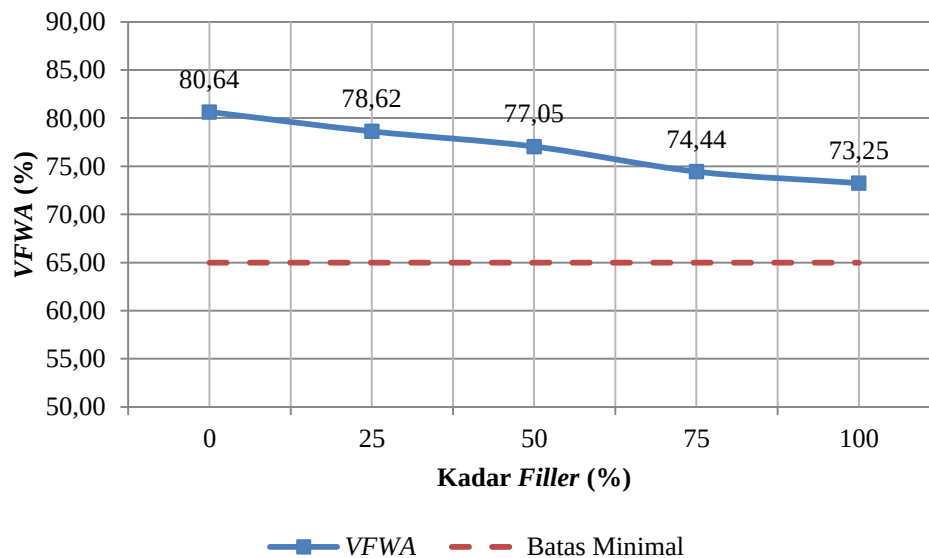
4. *VITM* dengan nilai KAO



Gambar 5.51 Hasil Nilai *VITM* Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.51, dapat dilihat bahwa nilai *VITM* semakin meningkat seiring bertambah jumlah kadar *Filler* Gerabah. Hal ini dikarenakan Gerabah memiliki tingkat penyerapan aspal yang cukup tinggi sehingga membuat rongga udara dalam campuran menjadi tinggi yang disebabkan tipisnya selimut aspal yang menyelimuti campuran tersebut. Hal ini juga disebabkan berat jenis yang dimiliki *Filler* Gerabah lebih kecil bila dibandingkan *Filler* Clereng maka ketika dalam berat yang sama, *Filler* Gerabah memiliki volume yang lebih banyak. Hasil ini sepaham dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa Serbuk Batu Bata mempunyai permukaan yang berpori menyebabkan aspal lebih banyak terserap oleh *Filler* pengganti dan semakin bertambah jumlah *Filler* pengganti maka semakin banyak rongga. Hal ini yang menyebabkan selimut aspal menjadi lebih tipis, sehingga dapat membuat rongga dalam campuran tersebut menjadi semakin besar. Hal ini sama dengan penggunaan *Filler* Gerabah.

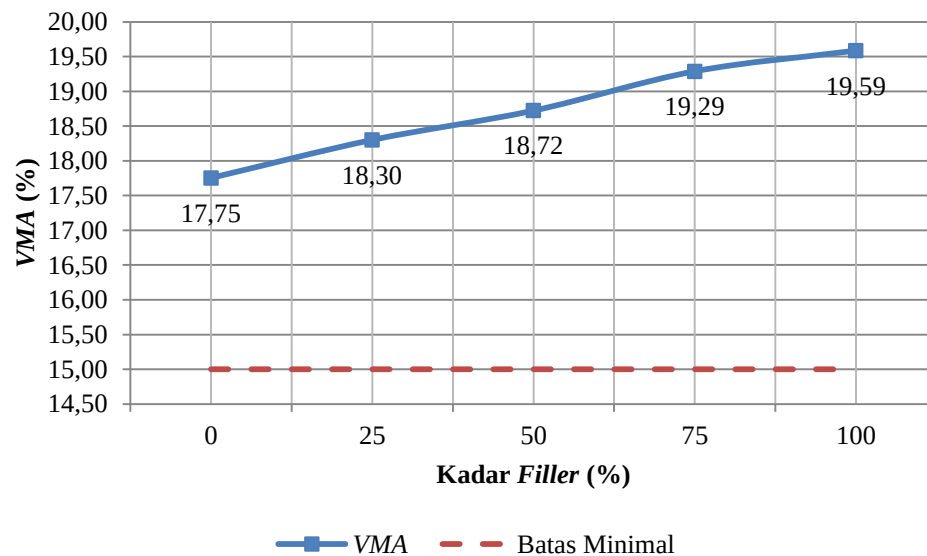
5. VFWA dengan nilai KAO



Gambar 5.52 Hasil Nilai VFWA Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.52 dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya jumlah kadar *Filler* pengganti, nilai VFWA yang didapatkan semakin menurun. Hal ini dikarenakan *Filler* pengganti yang digunakan yaitu Gerabah memiliki tingkat penyerapan yang cukup tinggi sehingga selimut aspal yang dihasilkan lebih tipis dan rongga udara semakin banyak. Hal tersebut menyebabkan aspal lebih sedikit mengisi void yang ada dan juga selimut aspal menjadi lebih tipis. Hasil ini sepaham dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa serbuk batu bata memiliki permukaan yang lebih berpori apabila dibandingkan dengan debu batu yang menyebabkan banyak aspal yang terserap oleh *Filler* serbuk batu bata dan selimut aspal menjadi tipis.

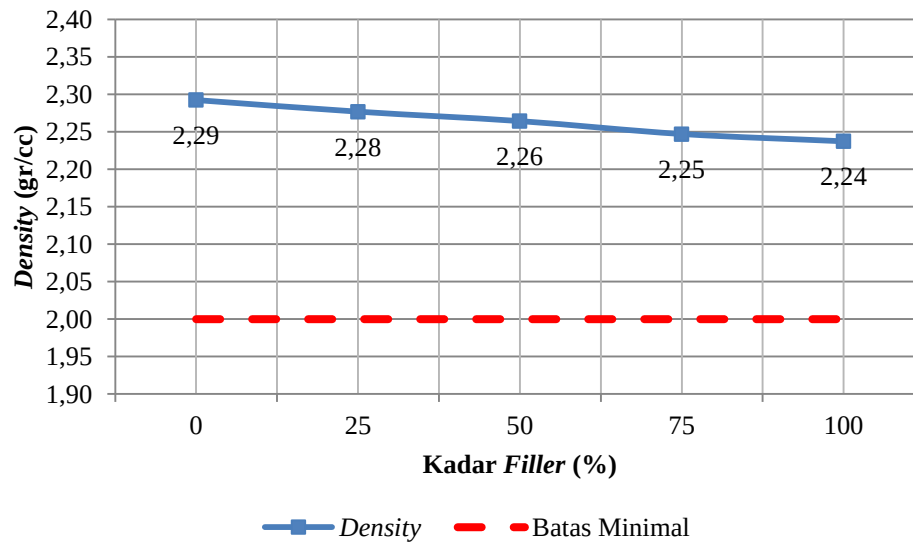
6. VMA dengan nilai KAO



Gambar 5.53 Hasil Nilai VMA Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.53, dapat dilihat bahwa nilai VMA pada campuran *Superpave* tersebut meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah *Filler* pengganti yang digunakan. Hal ini dapat diartikan bahwa dengan bertambahnya *Filler* Gerabah maka kerenggangan antar agregat akan semakin besar, dikarenakan Gerabah memiliki volume yang lebih besar dibandingkan dengan *Filler* Clereng pada berat yang sama sehingga membuat penyerapan aspal yang tinggi dan membuat rongga semakin besar. Hal ini sepaham dengan penelitian Arkan (2018) bahwa pada campuran AC-WC menggunakan *Filler* Gerabah dapat meningkatkan nilai VMA.

7. *Density* dengan nilai KAO



Gambar 5.54 Hasil Nilai *Density* Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.54, dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya jumlah kadar *Filler* pengganti yang digunakan pada campuran *Superpave* maka kepadatan yang didapatkan cenderung menurun meskipun tidak signifikan dapat diartikan bahwa campuran semakin berkurang kepadatannya. Hal ini disebabkan tingginya volume Gerabah sehingga daya lekat aspal terhadap agregat berkurang dan juga dikarenakan semakin banyaknya butiran yang harus diselimuti aspal sehingga rongga kurang terisi oleh aspal. Hasil ini sepaham dengan Perwitasari (2018) bahwa dalam penelitiannya semakin banyak serbuk batu bata yang dijadikan *Filler*, nilai kepadatan semakin menurun yang dipengaruhi semakin banyaknya butiran yang harus terselimuti aspal. Hal ini menyebabkan aspal yang seharusnya mengisi rongga menjadi berkurang, terlalu banyak *Filler* pengganti membuat pemadatan kurang sempurna.

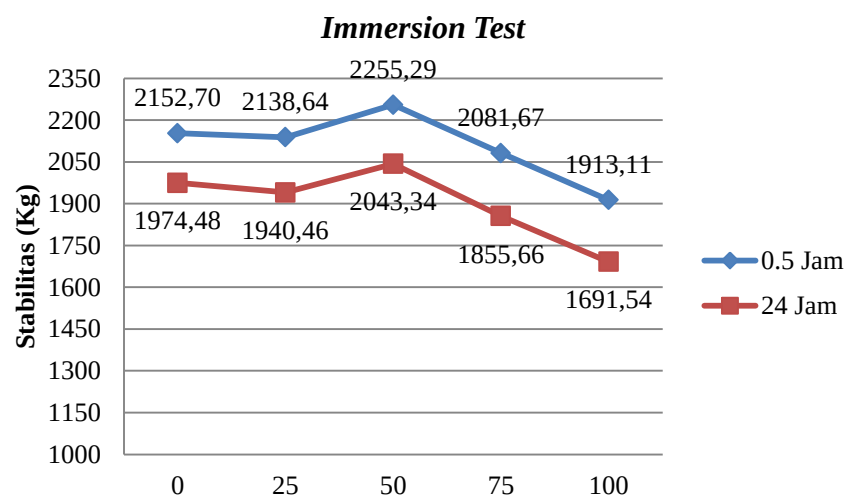
5.3.7 Pembahasan Pengujian *Immersion Test*

1. Pengaruh Kadar *Filler* terhadap Nilai Stabilitas Rendaman

Immersion Test atau uji perendaman sama dengan uji *Marshall Standar*, yang membedakan hanya pada waktu perendaman di waterbath. Pengujian *Immersion Test*, perendaman dilakukan selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C. Hal tersebut untuk dapat mengetahui stabilitas campuran terhadap pengaruh suhu, cuaca dan air. Perbandingan nilai stabilitas rendaman 0,5 jam dan rendaman 24 jam dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.55 berikut ini. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 25 hingga Lampiran 26.

Tabel 5.19 Hasil Pengujian *Immersion Test*

Kadar <i>Filler</i> %	Lama Perendaman		<i>Index of Retained Strength</i> (%)
	0.5 Jam	24 Jam	
0	2152,70	1974,48	91,7
25	2138,64	1940,46	90,8
50	2255,29	2043,34	90,6
75	2081,67	1855,66	90,1
100	1913,11	1691,54	88,5
Spesifikasi	> 800	> 800	

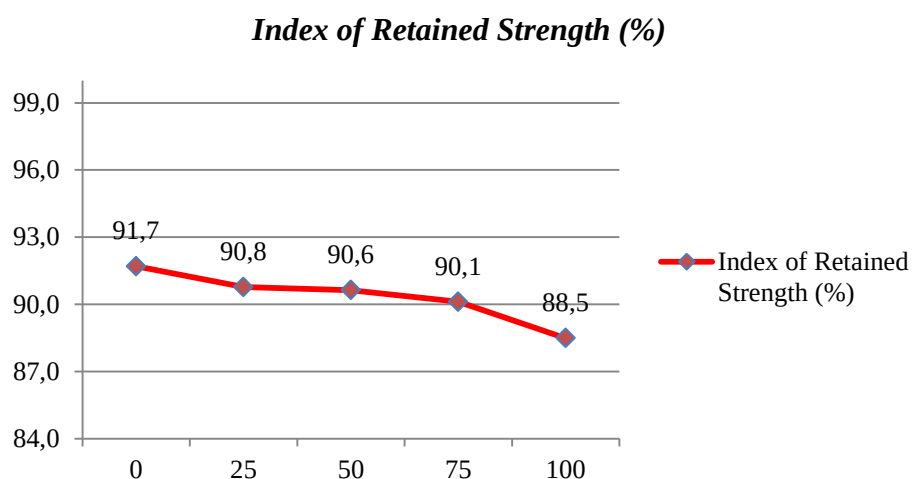


Gambar 5.55 Hasil Pengujian *Immersion Test*

Berdasarkan Gambar 5.55 dan Tabel 5.26 diatas, dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada *Marshall* rendaman 24 jam cenderung lebih rendah apabila dibandingkan dengan stabilitas pada *Marshall* standar. Campuran pada kadar *Filler* Gerabah 0%, 25%, 50%, 75%, 100% terjadi penurunan sebesar 8,27%, 9,26%, 9,39%, 10,86%, 11,58% . Dapat diartikan dengan penggunaan kadar *Filler* Gerabah yang semakin bertambah dapat mempengaruhi sensitivitas campuran, dapat dilihat dari penurunan stabilitas yang semakin besar seiring bertambahnya kadar *Filler* Gerabah, berarti *Filler* Gerabah memiliki durabilitas terhadap suhu yang kurang baik dibanding *Filler* Clereng. Hal tersebut dikarenakan proses rendaman yang mencapai waktu 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori campuran sehingga dapat mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

2. Pengaruh Kadar *Filler* terhadap Nilai *Index of Retained Strength (IRS)*

Perendaman pada *Immersion Test* bertujuan untuk mengetahui durabilitas campuran, untuk mengevaluasi keawetan campuran setelah mengalami proses perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C terhadap perendaman selama 0,5 jam. Berikut merupakan perbandingan hasil nilai stabilitas pada perendaman 0,5 jam dan 24 jam dalam *waterbath*.



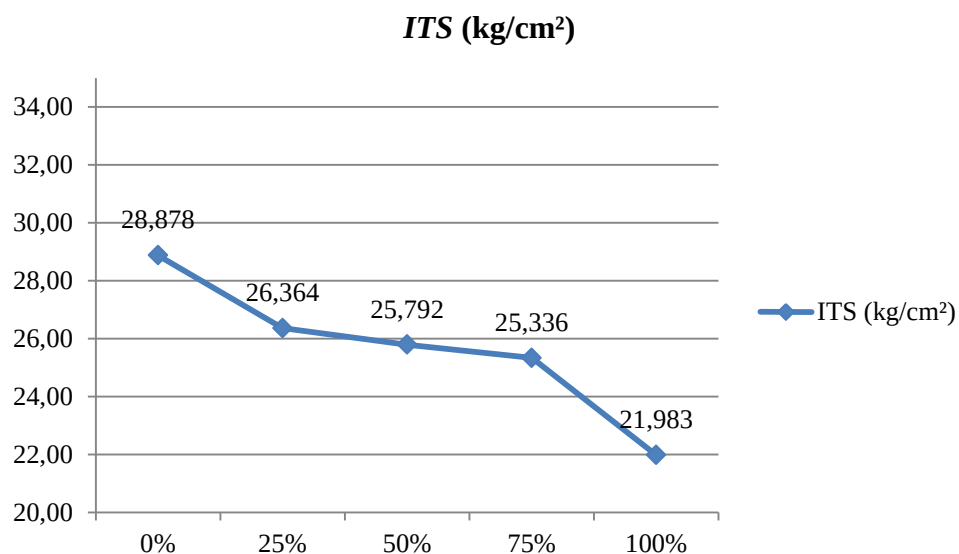
Gambar 5.56 Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Nilai *Index of Retained Strength (IRS)*

Berdasarkan Grafik pada Gambar 5.56, dapat dilihat bahwa nilai *IRS* semakin menurun seiring bertambahnya variasi kadar *Filler*. Pada kadar *Filler* 0%,

25%, 50%, 75%, 100%, didapatkan nilai *IRS* sebesar 91,7%, 90,8%, 90,6%, 90,1%, 88,5%. Nilai *IRS* yang tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga pada variasi *Filler* 100% Gerabah. Hal ini sepaham dengan Arkan (2018) bahwa pada campuran Laston AC-WC, nilai *IRS* menggunakan *Filler* Gerabah, nilainya semakin menurun seiring bertambahnya proporsi *Filler* yang digunakan.

5.3.8 Pembahasan Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Indirect Tensile Strength (ITS) merupakan pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik tidak langsung pada campuran akibat beban lalu lintas yang melaluinya. Berikut hasil nilai *ITS* pada campuran *Superpave* yang menggunakan *Filler* pengganti berupa Gerabah, dapat dilihat pada Gambar 5.57 berikut ini. Hasil pengujian secara lengkap terdapat pada Lampiran 27.



Gambar 5.57 Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.57, dapat dilihat bahwa nilai *Indirect Tensile Strength* dalam campuran *Superpave*, *ITS* mengalami penurunan seiring kadar variasi *Filler* bertambah. Ini dapat diartikan bahwa campuran *Superpave* menggunakan substitusi *Filler* Gerabah memiliki kemampuan lebih buruk dalam menahan gaya tarik apabila dibandingkan dengan *Filler* Clereng. Hasil tersebut sejalan dengan Perwitasari (2018) yang menyatakan bahwa nilai *ITS* pada

campuran SMA 0/11 semakin menurun seiring dengan bertambahnya kadar *Filler* serbuk batu bata dengan durasi rendaman yang sama. Hal ini dikarenakan ketika serbuk batu bata semakin bertambah maka rongga dalam campuran SMA 0/11 menjadi besar sehingga penyerapan aspal tinggi membuat selimut aspal menjadi tipis dan udara yang masuk kedalam campuran akan semakin banyak dapat menyebabkan semakin mudahnya membuat selimut aspal teroksidasi dan kurang dapat menahan beban.

5.3 Hasil Penggunaan *Filler* Gerabah pada Campuran *Superpave*

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik *Marshall* dan *IRS* dengan masing-masing KAO pada setiap campuran yang menggunakan variasi kadar *Filler* pengganti, didapatkan kadar Gerabah yang dapat memenuhi persyaratan pada campuran *Superpave* yaitu pada kadar *Filler* 0% - 75%. Penggunaan kadar *Filler* Gerabah yang semakin besar ternyata kurang baik apabila dibandingkan menggunakan *Filler* abu batu Clereng sepenuhnya.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Penggunaan Kadar *Filler* Gerabah

Kadar Filler	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VFWA	VMA	Density	IRS	Kelayakan
(%)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	(%)	(%)	(%)	(gr/cc)	(%)	
0	2152,70	3,07	707,81	3,44	80,64	17,75	2,29	91,70	Memenuhi
25	2138,64	3,33	646,41	3,92	78,62	18,30	2,28	90,77	Memenuhi
50	2255,29	3,58	630,61	4,31	77,05	18,72	2,26	90,64	Memenuhi
75	2081,67	3,67	566,36	4,93	74,44	19,29	2,25	90,11	Memenuhi
100	1913,11	3,83	503,46	5,24	73,25	19,59	2,24	88,49	Tidak Memenuhi
Spek	> 800	> 2-4	> 250	3,0-5,0	> 65	> 15	> 2	> 90	

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data dari campuran *Superpave* menggunakan *Filler* pengganti berupa Limbah Gerabah , dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pengaruh terhadap *Marshall Test* yaitu nilai stabilitas yang didapat mengalami penurunan setelah penggunaan *Filler* Gerabah sebesar 50%. Nilai *VITM*, *VMA* dan *Flow* mengalami peningkatan saat bertambahnya jumlah kadar Gerabah. Sebaliknya, nilai *VFWA* dan *MQ* menurun seiring bertambah *Filler* Gerabah. Hal tersebut dikarenakan volume *Filler* Gerabah yang lebih besar dibandingkan *Filler* abu Clereng, dikarenakan berat jenis yang dimiliki limbah Gerabah lebih kecil dibandingkan dengan *Filler* abu Clereng. Akibatnya campuran cenderung lebih berongga dan kurang terselimuti oleh aspal. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan pada masing-masing variasi kadar *Filler* Gerabah yaitu, 0% , 25%, 50%, 75%, 100% terhadap *Filler* Clereng adalah 6,575%, 6,650%, 6,700%, 6,725%, 6,750%.
2. Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* pada penggunaan variasi kadar *Filler* limbah Gerabah dalam campuran *Superpave* sebagai *Filler* pengganti, cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya jumlah variasi *Filler* Gerabah. Penurunan hingga sebesar 7% saat penggunaan *Filler* Gerabah 100%.
3. Nilai *Index of Retained Strength (IRS)* pada campuran *Superpave* pada penggunaan limbah Gerabah sebagai *Filler* pengganti semakin menurun seiring bertambahnya jumlah kadar Gerabah yang digunakan. Penurunan sebesar 8% - 11%. Hal ini diartikan bahwa durabilitas dari campuran Gerabah tidak lebih baik dibandingkan penggunaan *Filler* Clereng karena adanya pengaruh suhu yang ada.

4. Pada campuran ini, penggunaan *Filler* Gerabah memiliki kinerja lebih dibawah dari *Filler* Clereng. Namun dapat digunakan untuk campuran pada variasi kadar 0% hingga 75%.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan limbah Gerabah sebagai pengganti *Filler* pada campuran *Superpave* yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis.

1. Penggunaan kadar variasi *Filler* Gerabah disarankan 0% - 75% untuk mendapatkan kinerja campuran yang baik.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai kesetaraan volumetrik *Filler* limbah Gerabah sebagai pengganti *Filler* dalam campuran.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pembuktian pengujian penyerapan yang dapat dilakukan oleh *Filler* dan pengaruh penyerapan terhadap campuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. (2015). Pengaruh Kadar Limbah Batu Andesit Sebagai *Filler* Pengganti terhadap Karakteristik Campuran *Superpave*. *Tugas Akhir*.
- Ardi, B. N. (2020). Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Gamping Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Karakteristik Campuran Bergradasi *Superpave* Dengan Bahan Ikat Starbit E-55. *Tugas Akhir*.
- Arkan, N. (2018). Pemanfaatan Limbah Gerabah Kasongan Sebagai Pengganti Bahan Pengisi Pada Campuran Lapisan AC-WC. *Tugas Akhir*, 68-69.
- Bina Marga, D. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*. Jakarta.
- Fauziah, M., Kushari, B., & Ranski, F. (2014). Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Pengganti Terhadap Karakteristik *Marshall* Campuran *Superpave*. *The 17th FSTPT International Symposium, Jember University, 22-24 August 2014*, 916-925.
- Hardiyatmo, H. C. (2011). *Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Perdana, I., Harijoko, A., & Vance Hansen Yong, S. (2012). Karakteristik Bahan dan Termal Lempung Lokal sebagai Bahan Baku Alternatif Keramik Kasongan.
- Perwitasari, A. (2018). Kinerja Campuran Split Masthic Asphalt (SMA) 011 Dengan *Filler* Serbuk Batu Bata Akibat Lama Rendaman Air Sungai. *Tugas Akhir*.
- Rahayu, H. M. (2018). Kinerja Campuran Split Masthic Asphalt (SMA) 011 Dengan *Filler* Serbuk Batu Bata Akibat Lama Rendaman Air Laut. *Tugas Akhir*.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Taufiq, M. D. (2017). Karakteristik Campuran *Superpave* Dengan Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Pengganti *Filler*. *Tugas Akhir*.

Utama, I. G. (2017). Pengaruh Penggunaan Serbuk Batu Bata sebagai *Filler* pada Campuran Laston (AC-WC). *Tugas Akhir*.

Winarno, T. (2016). Perbandingan Karakteristik Lempung Kasongan dan Godean. *Teknik*, 37 (1), 41-46.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 8 Juli 2021

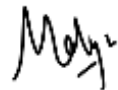
No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer Kosong (gr)	24,43	24,26
2	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	48,11	47,57
3	Berat Aquadest (2-1) (gr)	23,68	23,31
4	Berat Piknometer + Aspal (gr)	29,10	28,72
5	Berat Aspal (4-1) (gr)	4,67	4,46
6	Berat Piknometer + Aspal + Aquadest (gr)	48,25	47,88
7	Berat Aquadest (6-4) (gr)	19,15	19,16
8	Volume Aspal (3-7) (gr)	4,53	4,15
9	Berat Jenis Aspal = Berat/Vol (5/8)	1,031	1,075
10	Rata-rata BJ Aspal	1,053	

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



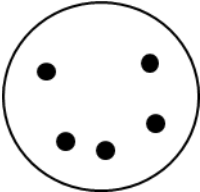
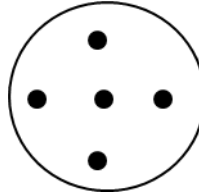
Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 2 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

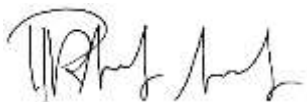
PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 8 Juli 2021

No	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.05 WIB
	Selesai	130 °C	09.20 WIB
2	Didiamkan pada suhu ruang		
	Mulai	25 °C	09.20 WIB
	Selesai	25 °C	10.30 WIB
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	10.30 WIB
	Selesai	25 °C	10.50 WIB

No	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	62	68		
2	61	68		
3	60	66		
4	63	67		
5	62	68		
Rata2	61,6	67,4		
Rerata	64,5			

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas Aspal

PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 8 Juli 2021

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang $\pm 26^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam 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 $\pm 25^{\circ}\text{C}$

No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164,5 cm	Tidak putus

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 4 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam Larutan TCE

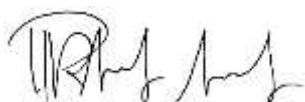
PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 12 Juli 2021

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

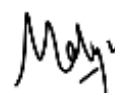
No	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat erlen mayer kosong (gr)	68,87	73,49
2	Berat erlen mayer kosong + aspal (gr)	69,74	74,76
3	Berat aspal (gr)	0,87	1,27
4	berat kertas saring bersih (gr)	0,61	0,62
5	berar kertas saring bersih + mineral (gr)	0,62	0,63
6	Berat Mineral (gr)	0,01	0,01
7	Prosentase Mineral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

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 8 Juli 2021

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27 °C	9.15
	Selesai	120 °C	9.25
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	120 °C	9.25
	Selesai	27 °C	10.57
3	Diperiksa		
	Mulai	37 °C	11.00
	Selesai	340 °C	11.19

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	290 °C	340 °C

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

PEMERIKSAAN TITIK LEMBEEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70
Sumber : Pertamina, Cilacap
Tanggal Uji : 8 Juli 2021

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27 °C	9.15
	Selesai	120 °C	9.25
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	120 °C	9.25
	Selesai	27 °C	10.57
3	Diperiksa		
	Mulai	5 °C	12.50
	Selesai	50 °C	10.34

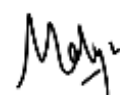
No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	5 °C	333,15	333,15		
2	10 °C	292,51	292,51		
3	15 °C	182,13	182,13		
4	20 °C	170,41	170,41		
5	25 °C	113,9	113,9		
6	30 °C	148,57	148,57		
7	35 °C	146,27	146,27		
8	40 °C	149,45	149,45		
9	45 °C	134,26	134,26		
10	50 °C	125,65	125,65	48,1	48,1

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 7 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Clereng

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR CLERENG

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 6 Juli 2021

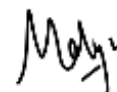
Keterangan	Benda Uji		Rata-Rata
	1	2	
Berat Benda Uji dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1609,44	1602,55	
Berat Benda Uji dalam Air (BA)	1000,07	1000,48	
Berat Benda Uji dalam Kering Oven (BK)	1585,13	1578,48	
Berat Jenis (Bulk)	2,60	2,62	2,61
Berat Jenis (SSD)	2,64	2,66	2,65
Berat Jenis (Semu)	2,71	2,73	2,72
Penyerapan Air	1,534	1,525	1,529

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 8 Pemeriksaan Keausan Dengan Mesin *Los Angeles*

PEMERIKSAAN KEAUSAN DENGAN MESIN *LOS ANGELES*

Material : Agregat Kasar
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 6 Juli 2021

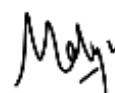
No	Jenis Gradasi		F	
	saringan		Benda Uji (gram)	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")		
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")		
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")		
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")		
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")		
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500	
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	2500	
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	
12	Jumlah Tertahan Di Sieve 12 (B)		3790,5	
13	Keausan = $\frac{((A-B)/A) \times 100}{1}$		24,19	
14	Rata-rata Keausan		24,19	

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Clereng

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS CLERENG

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 7 Juli 2021

Keterangan	Benda Uji		Rata- Rata
	1	2	
Berat Benda Uji dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	501,17	501,82	
Berat Alenmeyer + Air (B)	704,69	665,75	
Berat Alenmeyer + Air + Benda Uji (BT)	1012,18	980,23	
Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	492,96	490,57	
Berat Jenis (Bulk)	2,56	2,64	2,60
Berat Jenis (SSD)	2,60	2,70	2,65
Berat Jenis (Semu)	2,66	2,79	2,72
Penyerapan Air	1,428	1,922	1,68

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 10 Pemeriksaan *Sand Equivalent* Agregat Halus Clereng

PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT* AGREGAT HALUS CLERENG

Material : Agregat Halus
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 7 Juli 2021

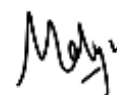
No	Keterangan		Benda Uji	
			1	2
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl ₂ ($\pm$ 10.1 menit)	Mulai	11:02	11:04
		Selesai	11:13	11:15
2	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl ₂)	Mulai	11:18	11:22
		Selesai	11:33	11:37
3	Clay reading (inch)		4,9	4,6
4	Sand reading		4	3,9
5	Sand equivalen ((sand reading/clay reading)*100)		81,6327	84,7826
6	Rata-rata		83,2076	

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

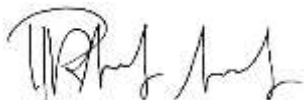
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* CLERENG

Material : Abu *Filler*
Sumber : Clereng, Kulonprogo
Tanggal Uji : 25 Juni 2021

Pemeriksaan	Sampel	
	1	2
Berat Piknometer Kosong (gr)	24,31	23,97
Berat Piknometer + Aquadest (gr)	46,67	47,07
Berat Aquadest (2-1) (gr)	22,36	23,1
Berat Piknometer + <i>Filler</i> (gr)	32,77	33,59
Berat <i>Filler</i> (4-1) (gr)	8,46	9,62
Berat Piknometer + <i>Filler</i> + Aquadest (gr)	51,86	53,01
Berat Aquadest (6-4) (gr)	19,09	19,42
Volume <i>Filler</i> (3-7) (gr)	3,27	3,68
Berat Jenis <i>Filler</i> = Berat/Vol (5/8)	2,587	2,614
Rata-rata BJ <i>Filler</i>	2,601	

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Gerabah

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* Gerabah

Material : Gerabah
Sumber : Produksi Gerabah, Kasongan
Tanggal Uji : 25 Juni 2021

Pemeriksaan	Sampel	
	1	2
Berat Piknometer Kosong (gr)	23,77	20,42
Berat Piknometer + Aquadest (gr)	47,12	43,23
Berat Aquadest (2-1) (gr)	23,35	22,81
Berat Piknometer + <i>Filler</i> (gr)	30,05	27,22
Berat <i>Filler</i> (4-1) (gr)	6,28	6,8
Berat Piknometer + <i>Filler</i> + Aquadest (gr)	50,86	47,21
Berat Aquadest (6-4) (gr)	20,81	19,99
Volume <i>Filler</i> (3-7) (gr)	2,54	2,82
Berat Jenis <i>Filler</i> = Berat/Vol (5/8)	2,472	2,411
Rata-rata BJ <i>Filler</i>	2,442	

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya



Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti



Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 13 Analisis Pengujian Marshall Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan Filler Pengganti (Gerabah) 0%

**ANALISIS PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 0%**

Tanggal Pengujian : 26 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

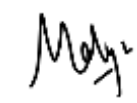
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

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 Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow	MQ (kg/m ³)
5A	6,43	5,26	5,0	1172,35	1178,33	660,86	517,47	2,266	2,43	10,76	82,65	6,59	17,35	62,01	6,59	125	1848,85	0,98	1810,34	3,20	565,73
5B	6,54	5,26	5,0	1177,03	1183,35	654,63	528,72	2,226	2,43	10,57	81,21	8,21	18,79	56,28	8,21	141	2085,51	0,95	1989,05	2,90	685,88
5C	6,65	5,26	5,0	1174,78	1180,79	656,97	523,82	2,243	2,43	10,65	81,82	7,53	18,18	58,58	7,53	131	1937,60	0,93	1808,51	2,70	669,82
								2,245					18,11	58,96	7,45		1967,18		1869,30	2,93	640,48
5,5A	6,33	5,82	5,5	1180,15	1185,26	660,22	525,04	2,248	2,41	11,74	81,57	6,69	18,43	63,71	6,69	127	1878,44	1,00	1887,36	2,65	712,21
5,5B	6,40	5,82	5,5	1175,73	1183,01	667,03	515,98	2,279	2,41	11,90	82,69	5,41	17,31	68,77	5,41	131	1937,60	0,99	1913,06	2,70	708,54
5,5C	6,34	5,82	5,5	1185,19	1190,97	662,30	528,67	2,242	2,41	11,71	81,35	6,93	18,65	62,81	6,93	123	1819,27	1,00	1824,43	3,60	506,79
								2,256					18,13	65,09	6,34		1908,02		1874,95	2,98	642,51
6A	6,39	6,38	6,0	1179,52	1184,83	667,84	516,99	2,282	2,39	13,00	82,36	4,64	17,64	73,69	4,64	129	1908,02	0,99	1890,37	2,05	922,13
6B	6,51	6,38	6,0	1176,13	1182,27	659,92	522,35	2,252	2,39	12,83	81,28	5,89	18,72	68,53	5,89	125	1848,85	0,96	1776,59	4,70	378,00
6C	6,25	6,38	6,0	1176,35	1181,77	662,12	519,65	2,264	2,39	12,90	81,71	5,38	18,29	70,55	5,38	131	1937,60	1,03	1987,17	2,70	735,99
								2,266					18,22	70,93	5,31		1878,44		1884,71	3,15	678,71
6,5A	6,18	6,95	6,5	1175,04	1179,26	663,65	515,61	2,279	2,38	14,07	81,82	4,10	18,18	77,41	4,10	140	2070,72	1,04	2159,15	3,46	624,03
6,5B	6,40	6,95	6,5	1178,15	1183,09	662,03	521,06	2,261	2,38	13,96	81,18	4,86	18,82	74,19	4,86	145	2144,67	0,99	2117,33	3,95	536,03
6,5C	6,28	6,95	6,5	1176,70	1181,67	662,76	518,91	2,268	2,38	14,00	81,42	4,58	18,58	75,35	4,58	135	1996,76	1,02	2029,38	2,80	724,78
								2,269					18,52	75,65	4,51		2107,69		2101,95	3,40	628,28
7A	6,17	7,53	7,0	1165,24	1168,62	659,58	509,04	2,289	2,36	15,22	81,75	3,03	18,25	83,40	3,03	125	1848,85	1,05	1932,44	3,30	585,59
7B	6,28	7,53	7,0	1176,75	1180,87	662,53	518,34	2,270	2,36	15,09	81,08	3,83	18,92	79,77	3,83	127	1878,44	1,02	1912,09	3,27	584,74
7C	6,16	7,53	7,0	1174,46	1177,58	666,46	511,12	2,298	2,36	15,28	82,06	2,66	17,94	85,17	2,66	130	1922,81	1,05	2015,74	3,80	530,46
								2,286					18,37	82,78	3,17		1863,64		1953,42	3,46	566,93

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

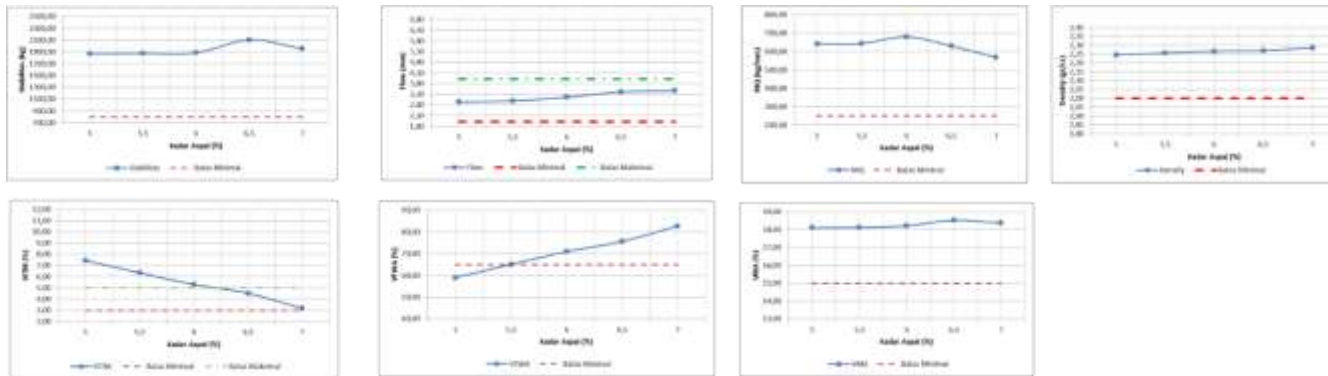

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 14 Grafik Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 0%

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 0%**

Tanggal Pengujian : 26 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

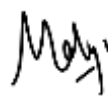
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 15 Analisis Pengujian Marshall Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan Filler Pengganti (Gerabah) 25%

**ANALISIS PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 25%**

Tanggal Pengujian : 26 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

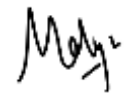
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sampe l	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Koreksi Tebal	q	r	MQ (kg/mm)
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Densit y					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas			Stabilitas (kg)	Flow	
5A	6,48	5,26	5,0	1192,34	1197,23	662,13	535,10	2,228	2,42	10,58	81,36	8,05	18,64	56,78	8,05	135	1996,76	0,97	1929,87	3,53	546,71
5B	6,50	5,26	5,0	1179,81	1182,90	659,80	523,10	2,255	2,42	10,71	82,36	6,93	17,64	60,71	6,93	133	1967,18	0,96	1893,78	2,47	766,71
5C	6,67	5,26	5,0	1179,09	1182,53	655,13	527,40	2,236	2,42	10,62	81,63	7,75	18,37	57,81	7,75	135	1996,76	0,92	1835,65	3,20	573,64
								2,240					18,22	58,43	7,58		1981,97		1886,43	3,07	629,02
5,5A	6,74	5,82	5,5	1182,36	1189,30	666,72	522,58	2,263	2,41	11,82	82,18	6,00	17,82	66,33	6,00	129	1908,02	0,91	1729,98	2,80	617,85
5,5B	6,65	5,82	5,5	1181,22	1185,84	658,42	527,42	2,240	2,41	11,70	81,35	6,95	18,65	62,73	6,95	150	2218,62	0,94	2076,63	3,30	629,28
5,5C	6,57	5,82	5,5	1179,87	1184,90	659,95	524,95	2,248	2,41	11,74	81,64	6,62	18,36	63,94	6,62	122	1804,48	0,96	1725,54	3,33	518,18
								2,250					18,28	64,33	6,52		2063,32		1844,05	3,14	588,44
6A	6,75	6,38	6,0	1162,04	1167,64	659,43	508,21	2,287	2,39	13,03	82,61	4,36	17,39	74,95	4,36	133	1967,18	0,90	1779,68	3,60	494,36
6B	6,50	6,38	6,0	1175,68	1182,21	657,46	524,75	2,240	2,39	12,77	80,95	6,28	19,05	67,02	6,28	124	1834,06	0,96	1763,34	4,30	410,08
6C	6,45	6,38	6,0	1182,67	1188,56	661,71	526,85	2,245	2,39	12,79	81,10	6,10	18,90	67,70	6,10	141	2085,51	0,97	2025,29	2,05	987,95
								2,257					18,45	69,89	5,58		1900,62		1856,10	3,32	630,79
6,5A	6,30	6,95	6,5	1173,86	1179,82	662,18	517,64	2,268	2,37	14,00	81,50	4,50	18,50	75,67	4,50	149	2203,83	1,01	2229,18	3,10	719,09
6,5B	6,55	6,95	6,5	1169,32	1175,88	657,44	518,44	2,255	2,37	13,93	81,06	5,02	18,94	73,51	5,02	150	2218,62	0,96	2130,43	3,70	575,79
6,5C	6,25	6,95	6,5	1167,12	1173,02	658,62	514,40	2,269	2,37	14,01	81,54	4,45	18,46	75,88	4,45	132	1952,39	1,03	2002,66	4,65	430,68
								2,264					18,64	75,02	4,66		2211,23		2120,76	3,82	575,19
7A	6,29	7,53	7,0	1169,69	1175,24	663,70	511,54	2,287	2,36	15,20	81,74	3,06	18,26	83,24	3,06	113	1671,36	1,01	1694,76	3,15	538,02
7B	6,25	7,53	7,0	1163,92	1168,77	658,62	510,15	2,282	2,36	15,17	81,55	3,28	18,45	82,24	3,28	108	1597,41	1,03	1638,14	4,05	404,48
7C	6,22	7,53	7,0	1164,10	1167,88	657,94	509,94	2,283	2,36	15,18	81,60	3,22	18,40	82,49	3,22	155	2292,58	1,03	2365,75	4,30	550,17
								2,284					18,37	82,66	3,19		1634,39		1899,55	3,83	497,56

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno ,S.T. ,M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

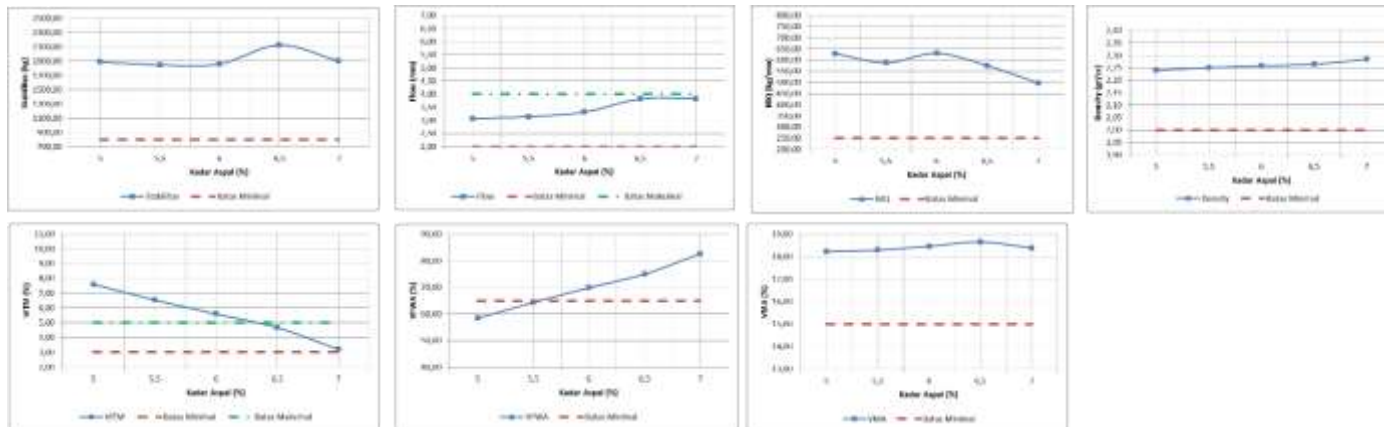

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 16 Grafik Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 25%

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 25%**

Tanggal Pengujian : 26 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

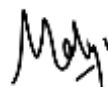
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 17 Analisis Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 50%

ANALISIS PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN *FILLER* GERABAH 50%

Tanggal Pengujian : 28 Juli 2021
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave*

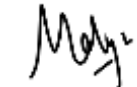
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow	MQ (kg/mm)
5A	6,52	5,26	5,0	1178,50	1184,29	652,98	531,31	2,218	2,42	10,53	81,07	8,40	18,93	55,64	8,40	160	2366,53	0,96	2267,14	2,70	839,68
5B	6,57	5,26	5,0	1184,76	1191,63	656,70	534,93	2,215	2,42	10,52	80,95	8,54	19,05	55,20	8,54	131	1937,60	0,95	1836,72	3,30	556,58
5C	6,50	5,26	5,0	1189,32	1195,05	652,75	542,30	2,193	2,42	10,42	80,15	9,43	19,85	52,48	9,43	125	1848,85	0,96	1778,44	3,60	494,01
								2,209					19,28	54,44	8,79		2152,07		1960,77	3,20	630,09
5,5A	6,44	5,82	5,5	1179,93	1185,62	647,09	538,53	2,191	2,41	11,45	79,66	8,90	20,34	56,26	8,90	142	2100,30	0,98	2050,59	2,95	695,12
5,5B	6,36	5,82	5,5	1174,94	1181,14	658,25	522,89	2,247	2,41	11,74	81,69	6,57	18,31	64,11	6,57	145	2144,67	1,00	2141,99	3,80	563,68
5,5C	6,43	5,82	5,5	1176,75	1181,85	654,49	527,36	2,231	2,41	11,66	81,12	7,22	18,88	61,75	7,22	125	1848,85	0,98	1813,26	3,20	566,64
								2,223					19,18	60,71	7,56		2122,48		2001,95	3,32	608,48
6A	6,42	6,38	6,0	1181,01	1187,32	655,98	531,34	2,223	2,39	12,67	80,38	6,95	19,62	64,56	6,95	131	1937,60	0,98	1904,98	2,30	828,25
6B	6,43	6,38	6,0	1184,72	1190,66	659,56	531,10	2,231	2,39	12,71	80,67	6,62	19,33	65,76	6,62	130	1922,81	0,98	1885,31	3,60	523,70
6C	6,36	6,38	6,0	1182,31	1188,81	665,95	522,86	2,261	2,39	12,89	81,77	5,34	18,23	70,70	5,34	128	1893,23	1,00	1889,12	4,10	460,76
								2,238					19,06	67,01	6,30		1930,20		1893,14	3,33	604,24
6,5A	6,36	6,95	6,5	1180,91	1188,18	656,47	531,71	2,221	2,37	13,71	79,89	6,40	20,11	68,19	6,40	150	2218,62	1,00	2211,23	3,90	566,98
6,5B	6,46	6,95	6,5	1182,33	1188,37	664,98	523,39	2,259	2,37	13,95	81,26	4,80	18,74	74,41	4,80	145	2144,67	0,97	2088,02	2,70	773,34
6,5C	6,46	6,95	6,5	1188,46	1193,13	675,98	517,15	2,298	2,37	14,19	82,66	3,15	17,34	81,84	3,15	148	2189,04	0,97	2129,21	4,80	443,59
								2,259					18,73	74,81	4,78		2181,65		2142,82	3,80	594,64
7A	6,31	7,53	7,0	1177,39	1181,58	664,85	516,73	2,279	2,36	15,15	81,52	3,33	18,48	81,99	3,33	125	1848,85	1,01	1865,80	3,60	518,28
7B	6,42	7,53	7,0	1176,60	1182,17	662,72	519,45	2,265	2,36	15,06	81,04	3,90	18,96	79,44	3,90	126	1863,64	0,98	1832,74	4,55	402,80
7C	6,18	7,53	7,0	1175,59	1179,48	661,73	517,75	2,271	2,36	15,10	81,24	3,67	18,76	80,46	3,67	152	2248,21	1,04	2344,93	3,80	617,09
								2,271					18,73	80,63	3,63		1856,25		2014,49	3,98	512,72

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

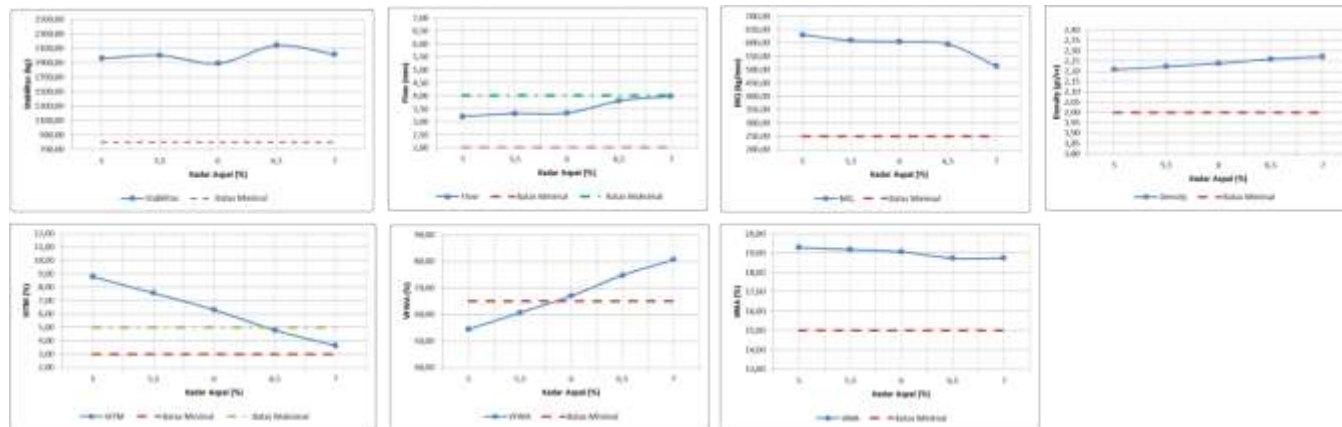

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 18 Grafik Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 50%

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 50%**

Tanggal Pengujian : 28 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 19 Analisis Pengujian Marshall Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan Filler Pengganti (Gerabah) 75%

**ANALISIS PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 75%**

Tanggal Pengujian : 28 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

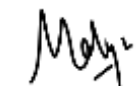
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sam pel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Densit y	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow	MQ (kg/mm)
5A	6,72	5,26	5,0	1172,47	1177,19	640,24	536,95	2,184	2,42	10,37	79,88	9,75	20,12	51,54	9,75	139	2055,93	0,91	1873,85	2,83	662,14
5B	6,63	5,26	5,0	1180,85	1185,79	656,72	529,07	2,232	2,42	10,60	81,65	7,75	18,35	57,76	7,75	141	2085,51	0,94	1958,81	4,02	487,27
5C	6,86	5,26	5,0	1184,33	1189,02	650,49	538,53	2,199	2,42	10,44	80,45	9,11	19,55	53,42	9,11	119	1760,11	0,89	1560,51	3,63	429,89
								2,205					19,34	54,24	8,87		2070,72		1797,72	3,49	526,43
5,5A	6,75	5,82	5,5	1174,00	1180,68	646,50	534,18	2,198	2,40	11,48	79,97	8,54	20,03	57,33	8,54	145	2144,67	0,91	1941,46	4,30	451,50
5,5B	7,00	5,82	5,5	1170,99	1179,42	650,64	528,78	2,215	2,40	11,57	80,58	7,85	19,42	59,58	7,85	124	1834,06	0,86	1574,24	2,85	552,36
5,5C	6,85	5,82	5,5	1172,15	1178,18	654,57	523,61	2,239	2,40	11,69	81,46	6,85	18,54	63,08	6,85	138	2041,13	0,89	1813,07	3,45	525,53
								2,217					19,33	60,00	7,75		1989,37		1776,26	3,53	509,80
6A	6,51	6,38	6,0	1186,90	1192,47	660,01	532,46	2,229	2,39	12,70	80,68	6,61	19,32	65,77	6,61	127	1878,44	0,96	1804,71	4,40	410,16
6B	6,71	6,38	6,0	1175,32	1181,30	658,76	522,54	2,249	2,39	12,82	81,41	5,77	18,59	68,97	5,77	147	2174,25	0,91	1984,96	2,65	749,04
6C	6,50	6,38	6,0	1182,57	1187,90	655,78	532,12	2,222	2,39	12,67	80,44	6,89	19,56	64,76	6,89	121	1789,69	0,96	1720,68	3,40	506,08
								2,234					19,15	66,50	6,42		2026,34		1836,78	3,48	555,09
6,5A	6,44	6,95	6,5	1179,28	1184,66	666,19	518,47	2,275	2,37	14,04	81,89	4,07	18,11	77,55	4,07	132	1952,39	0,97	1898,46	2,60	730,18
6,5B	6,42	6,95	6,5	1175,02	1180,86	657,56	523,30	2,245	2,37	13,86	80,84	5,29	19,16	72,37	5,29	135	1996,76	0,98	1949,59	5,13	380,04
6,5C	6,54	6,95	6,5	1181,59	1187,19	660,54	526,65	2,244	2,37	13,85	80,78	5,37	19,22	72,06	5,37	146	2159,46	0,96	2075,96	3,82	543,45
								2,255					18,83	73,99	4,91		1974,58		1974,67	3,85	551,22
7A	6,21	7,53	7,0	1176,60	1180,51	656,64	523,87	2,246	2,36	14,93	80,43	4,64	19,57	76,31	4,64	135	1996,76	1,03	2066,15	3,60	573,93
7B	6,26	7,53	7,0	1176,70	1182,02	663,82	518,20	2,271	2,36	15,10	81,32	3,58	18,68	80,82	3,58	128	1893,23	1,02	1933,93	3,65	529,84
7C	6,18	7,53	7,0	1176,88	1180,82	666,15	514,67	2,287	2,36	15,20	81,89	2,91	18,11	83,95	2,91	115	1700,95	1,04	1776,43	4,80	370,09
								2,268					18,79	80,36	3,71		1944,99		1925,50	4,02	491,29

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno .S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

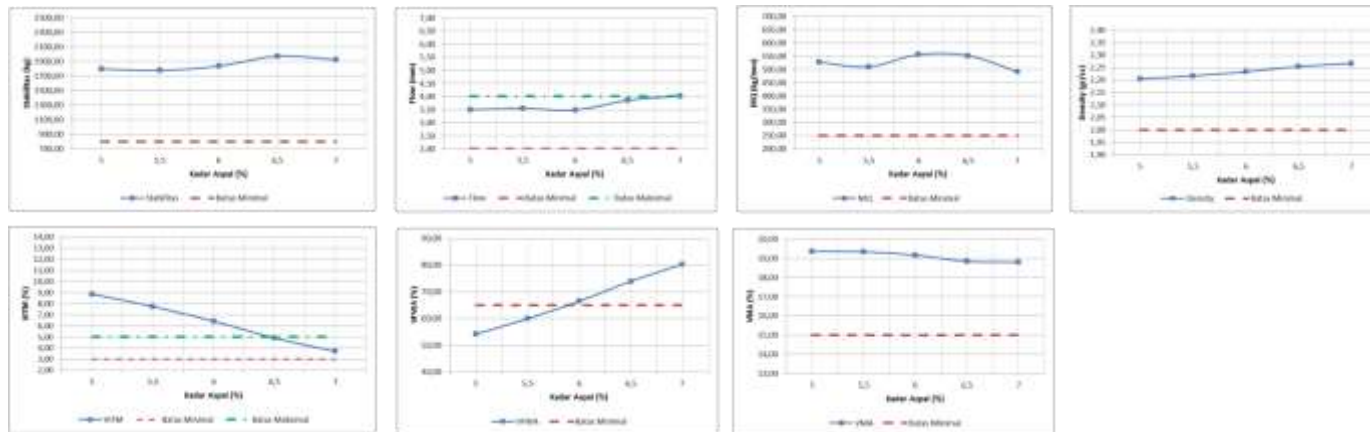

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 20 Grafik Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 75%

**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 75%**

Tanggal Pengujian : 28 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

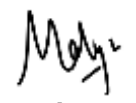
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

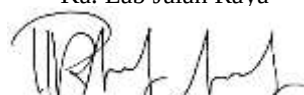
**Lampiran 21 Analisis Pengujian Marshall Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan Filler Pengganti (Gerabah)
100%**

**ANALISIS PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 100%**

Tanggal Pengujian : 30 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow	MQ (kg/mm)
5A	6,80	5,26	5,0	1187,37	1195,16	640,78	554,38	2,142	2,42	10,17	78,42	11,41	21,58	47,14	11,41	98	1449,50	0,90	1300,08	4,25	305,90
5B	6,60	5,26	5,0	1177,81	1185,68	655,70	529,98	2,222	2,42	10,55	81,37	8,07	18,63	56,66	8,07	104	1538,25	0,94	1452,10	3,55	409,04
5C	6,57	5,26	5,0	1179,98	1187,21	659,97	527,24	2,238	2,42	10,63	81,95	7,43	18,05	58,87	7,43	155	2292,58	0,95	2175,37	2,80	776,92
								2,201					19,42	54,22	8,97		1493,87		1642,52	3,53	497,29
5,5A	6,66	5,82	5,5	1181,98	1189,63	665,74	523,89	2,256	2,40	11,79	82,17	6,04	17,83	66,12	6,04	137	2026,34	0,93	1886,78	3,60	524,11
5,5B	6,51	5,82	5,5	1183,08	1189,92	644,10	545,82	2,168	2,40	11,32	78,95	9,73	21,05	53,78	9,73	152	2248,21	0,96	2160,71	4,40	491,07
5,5C	6,65	5,82	5,5	1185,28	1191,28	650,88	540,40	2,193	2,40	11,46	79,89	8,66	20,11	56,97	8,66	122	1804,48	0,93	1684,82	2,90	580,97
								2,206					19,66	58,96	8,14		2137,28		1910,77	3,63	532,05
6A	6,64	6,38	6,0	1184,59	1192,09	659,06	533,03	2,222	2,39	12,67	80,52	6,82	19,48	65,00	6,82	121	1789,69	0,94	1673,81	3,30	507,21
6B	6,37	6,38	6,0	1178,30	1184,81	649,70	535,11	2,202	2,39	12,55	79,78	7,67	20,22	62,05	7,67	154	2277,79	0,99	2246,90	4,02	558,93
6C	6,30	6,38	6,0	1171,29	1177,50	658,90	518,60	2,259	2,39	12,87	81,83	5,30	18,17	70,83	5,30	125	1848,85	1,01	1872,12	3,75	499,23
								2,228					19,29	65,96	6,60		2033,74		1930,94	3,69	521,79
6,5A	6,49	6,95	6,5	1181,27	1188,08	662,94	525,14	2,249	2,37	13,89	81,06	5,05	18,94	73,34	5,05	150	2218,62	0,97	2142,08	3,96	540,93
6,5B	6,33	6,95	6,5	1180,11	1186,37	657,15	529,22	2,230	2,37	13,77	80,36	5,87	19,64	70,09	5,87	131	1937,60	1,01	1948,26	3,60	541,18
6,5C	6,38	6,95	6,5	1178,62	1184,35	664,05	520,30	2,265	2,37	13,99	81,63	4,38	18,37	76,15	4,38	131	1937,60	0,99	1924,68	4,07	472,89
								2,248					18,98	73,19	5,10		2078,11		2005,01	3,88	518,34
7A	6,37	7,53	7,0	1183,80	1189,40	665,38	524,02	2,259	2,35	15,02	80,97	4,01	19,03	78,95	4,01	131	1937,60	0,99	1926,13	4,90	393,09
7B	6,33	7,53	7,0	1179,39	1184,38	661,75	522,63	2,257	2,35	15,00	80,89	4,11	19,11	78,50	4,11	109	1612,20	1,01	1620,53	4,40	368,30
7C	6,37	7,53	7,0	1182,16	1189,22	667,47	521,75	2,266	2,35	15,06	81,21	3,72	18,79	80,19	3,72	142	2100,30	0,99	2088,75	2,95	708,05
								2,260					18,97	79,21	3,94		1774,90		1878,47	4,08	489,81

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya

Prayogo Afang Prayitno ,S.T. ,M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

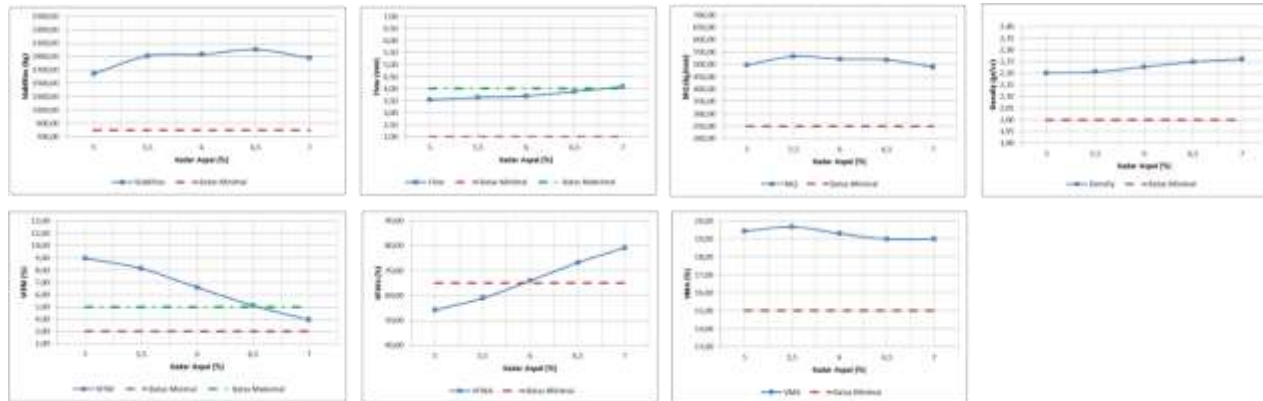
Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 22 Grafik Pengujian *Marshall* Dalam Mencari Nilai KAO Dengan Menggunakan *Filler* Pengganti (Gerabah) 100%

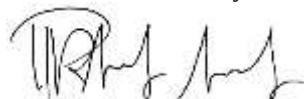
**GRAFIK PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI NILAI KAO DENGAN MENGGUNAKAN
FILLER GERABAH 100%**

Tanggal Pengujian : 30 Juli 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave

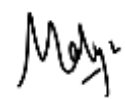
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 23 Hasil Pengujian Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Pengujian *Marshall* 0,5 Jam Menggunakan KAO

HASIL PENGUJIAN MARSHALL 0,5 JAM MENGGUNAKAN KAO

Tanggal Pengujian : 14 Oktober 2021
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave*

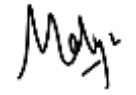
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sampel	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	Koreksi	q	r	MQ
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Meas		Tebal	Stabilitas (kg)	Flow	(kg/mm)
FILLER 0%	6,17	7,04	6,575	1177,55	1184,05	670,71	513,34	2,294	2,374	14,33	82,30	3,38	17,70	80,92	3,38	140	2070,72	1,05	2166,49	3,50	619,00
FILLER 0%	6,26	7,04	6,575	1166,57	1173,75	664,33	509,42	2,290	2,374	14,30	82,16	3,54	17,84	80,15	3,54	152	2248,21	1,02	2296,54	3,00	765,51
FILLER 0%	6,23	7,04	6,575	1174,74	1180,29	668,11	512,18	2,294	2,374	14,32	82,29	3,39	17,71	80,86	3,39	131	1937,60	1,03	1995,08	2,70	738,92
								2,293					17,75	80,64	3,44		2159,46		2152,70	3,07	707,81
FILLER 25%	6,37	7,12	6,650	1172,28	1180,04	667,11	512,93	2,285	2,370	14,44	82,00	3,56	18,00	80,21	3,56	140	2070,72	0,99	2058,46	3,70	556,34
FILLER 25%	6,23	7,12	6,650	1179,43	1184,84	668,12	516,72	2,283	2,370	14,42	81,90	3,68	18,10	79,64	3,68	138	2041,13	1,03	2101,86	3,10	678,02
FILLER 25%	6,28	7,12	6,650	1180,21	1186,83	665,30	521,53	2,263	2,370	14,29	81,20	4,51	18,80	76,02	4,51	150	2218,62	1,02	2255,60	3,20	704,88
								2,277					18,30	78,62	3,92		2055,93		2138,64	3,33	646,41
FILLER 50%	6,26	7,18	6,700	1175,35	1182,90	668,29	514,61	2,284	2,366	14,54	81,98	3,48	18,02	80,66	3,48	158	2336,95	1,02	2386,81	3,50	681,94
FILLER 50%	6,22	7,18	6,700	1175,99	1182,76	663,13	519,63	2,263	2,366	14,40	81,23	4,37	18,77	76,74	4,37	151	2233,42	1,03	2306,93	3,55	649,84
FILLER 50%	6,20	7,18	6,700	1181,23	1186,11	660,20	525,91	2,246	2,366	14,29	80,62	5,09	19,38	73,76	5,09	135	1996,76	1,04	2072,14	3,70	560,04
								2,264					18,72	77,05	4,31		2285,18		2255,29	3,58	630,61
FILLER 75%	6,30	7,21	6,725	1173,11	1184,78	661,20	523,58	2,241	2,364	14,31	80,47	5,21	19,53	73,30	5,21	167	2470,07	1,01	2502,80	4,10	610,44
FILLER 75%	6,21	7,21	6,725	1178,05	1184,91	663,53	521,38	2,259	2,364	14,43	81,15	4,41	18,85	76,58	4,41	125	1848,85	1,03	1913,41	3,70	517,14
FILLER 75%	6,46	7,21	6,725	1188,05	1195,11	665,07	530,04	2,241	2,364	14,32	80,51	5,18	19,49	73,45	5,18	127	1878,44	0,97	1828,81	3,20	571,50
								2,247					19,29	74,44	4,93		2159,46		2081,67	3,67	566,36
FILLER 100%	6,27	7,24	6,750	1179,30	1189,06	661,63	527,43	2,236	2,361	14,34	80,36	5,30	19,64	72,99	5,30	145	2144,67	1,02	2196,07	3,60	608,35
FILLER 100%	6,37	7,24	6,750	1173,61	1188,14	662,47	525,67	2,233	2,361	14,31	80,24	5,45	19,76	72,44	5,45	113	1671,36	0,99	1662,03	4,10	405,37
FILLER 100%	6,42	7,24	6,750	1181,06	1188,20	661,82	526,38	2,244	2,361	14,39	80,64	4,97	19,36	74,31	4,97	130	1922,81	0,98	1887,24	3,80	496,64
								2,237					19,59	73,25	5,24		1908,02		1913,11	3,83	503,46

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

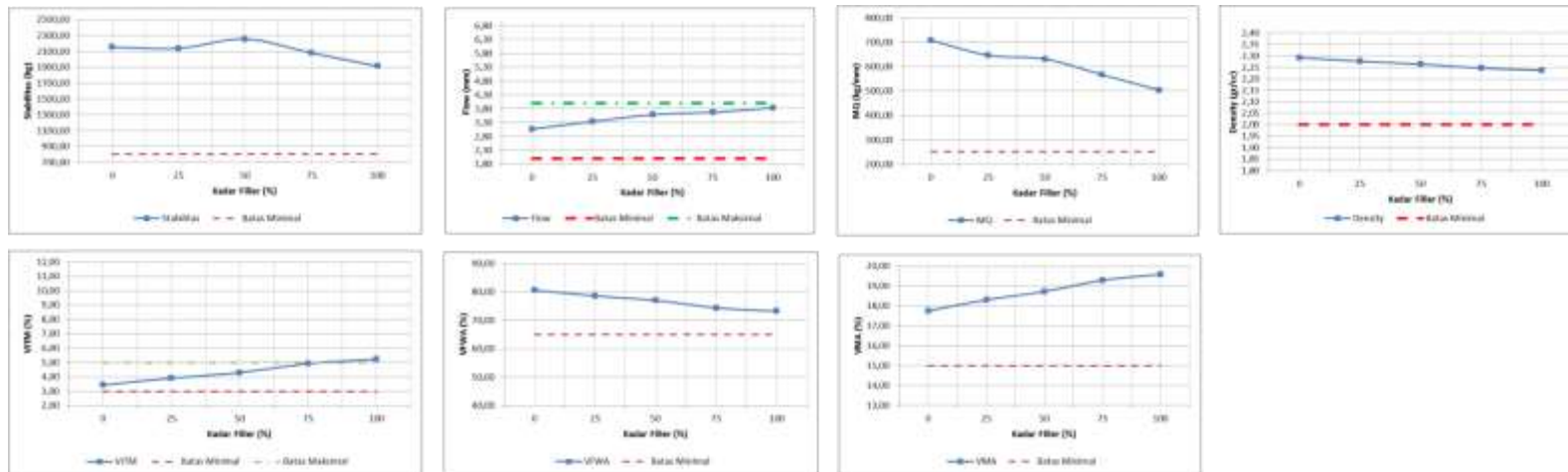

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 24 Grafik Hasil Pengujian Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Pengujian *Marshall* 0,5 Jam Menggunakan KAO

GRAFIK HASIL PENGUJIAN *MARSHALL* 0,5 JAM MENGGUNAKAN KAO

Tanggal Pengujian : 14 Oktober 2021
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave*

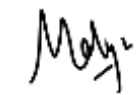
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303 

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 25 Hasil Pengujian Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Pengujian *IRS* Menggunakan KAO

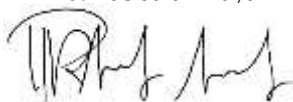
HASIL PENGUJIAN *IRS* MENGGUNAKAN KAO

Tanggal Pengujian : 15 Oktober 2021
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Superpave*

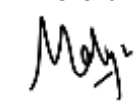
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Sampel	t (cm)	a (%)	b (%)	c (gram)	d (gram)	e (gram)	f (gram)	g Density	h	i	j	k	l VMA (%)	m VFWA (%)	n VITM (%)	o Meas	p	Koreksi Tebal	q Stabilitas (kg)	r Flow	MQ (kg/mm)
FILLER 0%	6,21	7,04	6,575	1172,21	1178,71	671,63	507,08	2,312	2,374	14,44	82,93	2,63	17,07	84,60	2,63	127	1878,44	1,04	1945,43	2,70	720,53
FILLER 0%	6,22	7,04	6,575	1179,01	1184,78	672,37	512,41	2,301	2,374	14,37	82,55	3,08	17,45	82,34	3,08	140	2070,72	1,03	2140,26	3,40	629,49
FILLER 0%	6,21	7,04	6,575	1176,17	1182,34	668,58	513,76	2,289	2,374	14,30	82,13	3,57	17,87	80,02	3,57	120	1774,90	1,04	1837,76	2,10	875,12
								2,301					17,46	82,32	3,09		1974,58		1974,48	2,73	741,71
FILLER 25%	6,26	7,12	6,650	1178,07	1185,15	665,38	519,77	2,267	2,370	14,32	81,32	4,36	18,68	76,65	4,36	125	1848,85	1,02	1892,15	2,90	652,46
FILLER 25%	6,25	7,12	6,650	1168,02	1175,42	668,08	507,34	2,302	2,370	14,54	82,60	2,85	17,40	83,60	2,85	126	1863,64	1,02	1909,93	2,00	954,96
FILLER 25%	6,24	7,12	6,650	1176,63	1184,26	665,09	519,17	2,266	2,370	14,32	81,32	4,37	18,68	76,63	4,37	133	1967,18	1,03	2019,31	3,50	576,95
								2,278					18,25	78,96	3,86		1856,25		1940,46	2,80	728,12
FILLER 50%	6,24	7,18	6,700	1174,88	1181,32	664,05	517,27	2,271	2,366	14,45	81,53	4,02	18,47	78,24	4,02	136	2011,55	1,03	2066,37	2,50	826,55
FILLER 50%	6,13	7,18	6,700	1171,81	1173,44	660,35	513,09	2,284	2,366	14,53	81,98	3,49	18,02	80,63	3,49	140	2070,72	1,06	2193,23	3,80	577,17
FILLER 50%	6,30	7,18	6,700	1172,52	1182,05	663,28	518,77	2,260	2,366	14,38	81,13	4,49	18,87	76,21	4,49	125	1848,85	1,01	1870,42	3,70	505,52
								2,272					18,46	78,36	4,00		2041,13		2043,34	3,33	636,41
FILLER 75%	6,26	7,21	6,725	1174,79	1181,96	663,22	518,74	2,265	2,364	14,47	81,34	4,19	18,66	77,53	4,19	134	1981,97	1,02	2024,58	3,10	653,09
FILLER 75%	6,48	7,21	6,725	1177,44	1184,53	661,46	523,07	2,251	2,364	14,38	80,85	4,77	19,15	75,09	4,77	123	1819,27	0,97	1759,24	3,60	488,68
FILLER 75%	6,46	7,21	6,725	1170,07	1180,22	661,34	518,88	2,255	2,364	14,40	80,99	4,60	19,01	75,78	4,60	124	1834,06	0,97	1783,17	3,80	469,25
								2,257					18,94	76,13	4,52		1900,62		1855,66	3,50	537,01
FILLER 100%	6,45	7,24	6,750	1182,83	1188,50	663,50	525,00	2,253	2,361	14,45	80,97	4,58	19,03	75,92	4,58	132	1952,39	0,97	1901,46	4,10	463,77
FILLER 100%	6,39	7,24	6,750	1174,71	1184,27	662,26	522,01	2,250	2,361	14,43	80,88	4,69	19,12	75,46	4,69	100	1479,08	0,99	1463,43	3,70	395,52
FILLER 100%	6,22	7,24	6,750	1179,10	1188,20	664,51	523,69	2,252	2,361	14,44	80,92	4,64	19,08	75,66	4,64	112	1656,57	1,03	1709,72	3,80	449,93
								2,252					19,08	75,68	4,64		1715,74		1691,54	3,87	436,41

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti

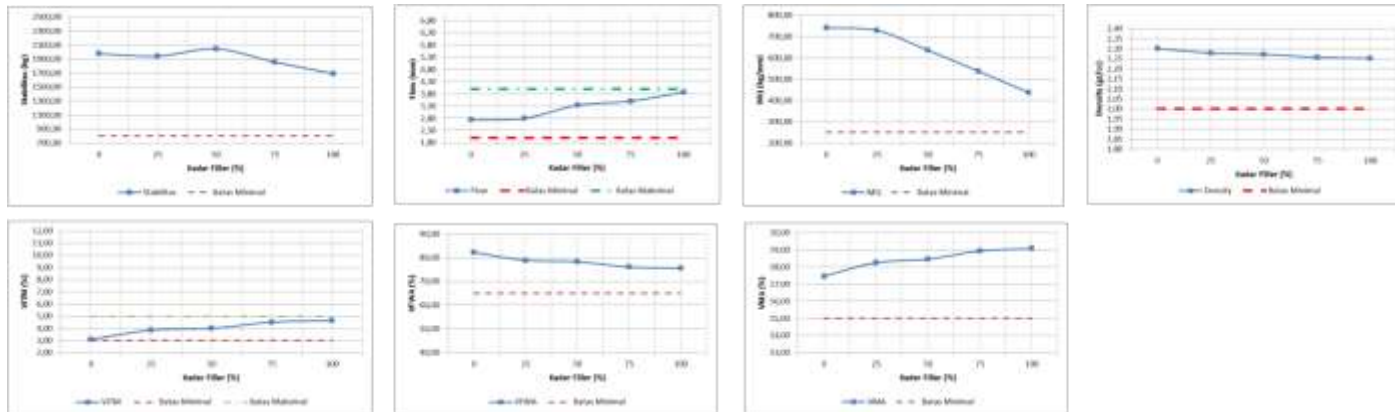

Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 26 Grafik Hasil Pengujian Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Pengujian *IRS* Menggunakan KAO

GRAFIK HASIL PENGUJIAN *IRS* MENGGUNAKAN KAO

Tanggal Pengujian : 15 Oktober 2021
Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* Gradasi *Superpave*

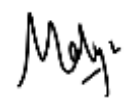
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.



Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Atang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030

Lampiran 27 Hasil Pengujian Pengaruh *Filler* Gerabah Terhadap Pengujian *Indirect Tensile Strength* Menggunakan Nilai KAO

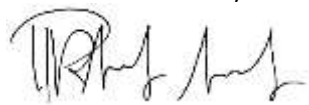
HASIL PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* MENGGUNAKAN KAO

Tanggal Pengujian : 15 Oktober 2021
Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi *Superpave*

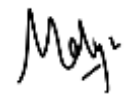
Dikerjakan Oleh : Melyza Adityaningrum
Diperiksa Oleh : Ir.Subarkah, M.T.

Kadar Aspal	Kadar Filler	Sampel	Diameter (cm)	Tinggi (cm)					Koreksi Tebal	Stabilitas	Stabilitas kalibrasi	Stabilitas (kg)	A0	ITS (kg/cm ²)
				1	2	3	4	Rerata						
6,575	0%	1	10	6,338	6,416	6,394	6,316	6,366	1,00	87	1286,80	1281,66	0,159	32,011
		2	10	6,181	6,172	6,232	6,209	6,199	1,04	65	961,40	997,82	0,159	25,595
		3	10	6,393	6,422	6,341	6,322	6,370	1,00	79	1168,48	1162,78	0,159	29,026
												1147,42		28,878
6,650	25%	1	10	6,177	6,371	6,320	6,163	6,258	1,02	68	1005,78	1028,97	0,159	26,145
		2	10	6,174	6,265	6,276	6,170	6,221	1,03	70	1035,36	1068,68	0,159	27,313
		3	10	6,173	6,215	6,218	6,173	6,195	1,04	65	961,40	998,72	0,159	25,634
												1032,12		26,364
6,700	50%	1	10	6,284	6,259	6,346	6,344	6,308	1,01	71	1050,15	1061,11	0,159	26,745
		2	10	6,200	6,274	6,314	6,238	6,257	1,02	73	1079,73	1104,97	0,159	28,081
		3	10	6,155	6,088	6,201	6,305	6,187	1,04	57	843,08	877,53	0,159	22,551
												1014,53		25,792
6,725	75%	1	10	6,450	6,374	6,444	6,356	6,406	0,99	75	1109,31	1093,78	0,159	27,148
		2	10	6,330	6,362	6,475	6,462	6,407	0,99	71	1050,15	1035,12	0,159	25,687
		3	10	6,493	6,373	6,352	6,404	6,406	0,99	64	946,61	933,48	0,159	23,171
												1020,79		25,336
6,750	100%	1	10	6,384	6,416	6,510	6,440	6,438	0,98	78	1153,68	1128,45	0,159	27,872
		2	10	6,355	6,306	6,243	6,326	6,308	1,01	51	754,33	762,35	0,159	19,217
		3	10	6,463	6,434	5,349	6,360	6,152	1,05	47	695,17	729,67	0,159	18,860
												873,49		21,983

Mengetahui,
Ka. Lab Jalan Raya


Prayogo Afang Prayitno, S.T., M.Sc.
NIK. 205111303

Peneliti


Melyza Adityaningrum
16511030