

TUGAS AKHIR

Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Menggunakan Aspal Emulsi Tipe CRS Dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal Concrete Wearing – Course (AC-WC) Dengan Perendaman Berulang



Oleh

**HERMAN
45 16 041 019**

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR
2022**



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 1176/FT/Unibos/VIII/2022, Tanggal 15 Agustus 2022, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Senin / 15 Agustus 2022
Nama : **HERMAN**
Nomor Stambuk : **4516 041 019**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : “Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Menggunakan Aspal Emulsi Tipe CRS dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal Concrete-Wearing Course (AC-WC) Pada Perendaman Berulang”

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : **Ir. Tamrin Mallawangeng, ST. MT** (.....)
Sekretaris (Ex. Officio) : **Ir. Nurhadijah Yuniarti, ST. MT** (.....)
Anggota : **Ir. Fauzy Lebang, ST. MT** (.....)
Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST. MT (.....)

Makassar, 15 Agustus 2022

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


(Dr. Nasrullah, ST. MT)
NIDN. 09 080773 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Univ. Bosowa Makassar


(Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT)
NIDN. 00 010565 02



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : “Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Menggunakan Aspal Emulsi Tipe CRS Dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal Concrete Wearing – Course (AC-WC) Dengan Perendaman Berulang “

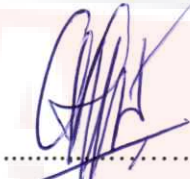
Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **HERMAN**
No.Stambuk : **45 16 041 019**

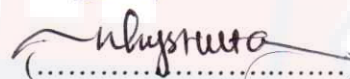
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. Tamrin Mallawangeng, MT**

()

Pembimbing II : **Ir. Nurhadijah Yunianti, ST. MT**

()

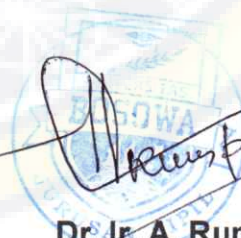
Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil



Dr. Ridwan, S.T., M.Si.
NIDN.09-101271-01



Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT
NIDN. 09-041265-02

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **HERMAN**
NIM : **45 16 041 019**
Fakultas / Jurusan : **TEKNIL / TEKNIK SIPIL**
a. Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan
Menggunakan Aspal Emulsi Tipe CRS Dan Aspal
Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal
Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan
Perendaman Berulang**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediakan / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dignakan sebagaimana mestinya.

Makassar,

Yang Menyatakan



HERMAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunia yang berlimpah sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ***“Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Menggunakan Aspal Emulsi tipe CRS 1 Dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal Concrete Wearing – Course (AC-WC) Dengan Perendaman Berulang”***. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberi bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Yang Maha Kuasa ALLAH SWT karena atas rahmat dan karunia -Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya.
2. Teristimewa kepada kedua orang tua, Ibu yang sudah memberikan kasih dan sayang kepada penulis mulai dari kecil sampai sekarang, dan Almarhum Ayah yang sudah terlebih dahulu dipanggil oleh yang Maha Kuasa di saat saya sedang berjuang menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas semua dukungan yang telah diberikan kepada saya baik moral dan materil. Terima kasih atas semuanya, dan semoga dengan selesainya Tugas Akhir ini bisa membuat ibu dan almarhum ayah bahagia. Amin.

3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian transportasi.
4. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. Selaku Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Nurhadijah Yunianti, ST.MT. Selaku Dosen Pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
7. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa.
9. Kakak tecinta Heni Asriani beserta suami Rustam. Terima kasih atas semua dorongan dan semangatnya sehingga akhirnya Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.

10. Teman – Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama 5 Tahun.

11. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan-rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan datang dan semoga segala bantuan dari semua pihak dapat bernilai ibadah disisi Tuhan Yang Maha Esa, Amin.

Makassar,..... 2022

Herman

”PENGARUH VARIASI JUMLAH TUMBUKAN MENGGUNAKAN ASPAL EMULSI TIPE CRS DAN ASPAL MINYAK PENETRASI 60/70 PADA CAMPURAN ASPAL CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN PERENDAMAN BERULANG”

Oleh :

Herman,¹ Tamrin Mallawangeng,² Nurhadijah Yunianti.³

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa

Jl. Urip Sumoharjo Km.06 Makassar-sulawesi selatan 90231

Email : herman040496@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian untuk mengetahui sifat dan karakteristik pengaruh variasi jumlah tumbukan pada campuran aspal beton dengan perendaman berulang dan menentukan jumlah dengan menggunakan aspal emulsi tipe CRS dan aspal minyak penetrasi 60/70. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi jumlah tumbukan pada pemadatan pembuatan beton aspal sebanyak 2x65, 2x75, dan 2x85, dengan Kadar Aspal Optimum 7%. Metode pengujiannya mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Jenis campuran yang digunakan adalah Laston lapis aus (Asphalt Concrete - Wearing Coarse atau AC-WC). Kinerja tersebut diukur melalui pengujian Kepadatan, Stabilitas, Flow, marsgall Quontient, rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFB), dan rongga dalam agregat (VMA). Adapun kadar aspal yang digunakan yaitu 7%, kemudian dilakukan perendaman berulang dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Kemudian dilakukan pengujian Marshall Test.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan dapat mempengaruhi Nilai stabilitas dimana semakin tinggi variasi tumbukan, nilai kepadatan, stabilitas, marshall quotient, dan nilai VFB meningkat seiring dengan penambahan jumlah tumbukan. Sedangkan variasi perendaman berulang, dapat dilihat pada nilai kepadatan, stabilitas, Marshall quotient, dan nilai VFB mengalami penurunan pada setiap variasi perendaman. Nilai flow, VIM, dan VMA mengalami peningkatan pada setiap variasi perendaman berulang. hal ini berlaku pada setiap variasi jumlah tumbukan.

Kata Kunci: Variasi Tumbukan, Lapis Aspal Beton AC-WC, *Marshall Tes*

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the nature and characteristics of the effect of variations in the number of collisions on the asphalt concrete mixture with repeated immersion and determine the amount by using emulsified asphalt of CRS type and 60/70 penetration oil asphalt. The independent variable in this study is the variation of the number of collisions in the compaction of asphalt concrete as much as 2x65, 2x75, and 2x85, with Optimum Asphalt Content of 7%. The test method refers to the General Specifications of Highways 2018.

The type of mixture used is Asphalt Concrete - Wearing Coarse or AC-WC. The performance was measured by testing Density, Stability, Flow, marshall Quotient, voids in mixture (VIM), voids filled with asphalt (VFB), and voids in aggregate (VMA). The asphalt content used was 7%, then repeated immersion was carried out with variations of 3 days, 7 days, and 14 days of immersion. Then the Marshall Test was carried out.

The results of the study show that variations in the number of collisions can affect the stability value where the higher the collision variation, the value of density, stability, marshall quotient, and the value of VFB increases with the addition of the number of collisions. While repeated immersion variations, it can be seen that the value of density, stability, Marshall quotient, and VFB value decreased with each immersion variation. The values of flow, VIM, and VMA increased with each repeated immersion variation. this applies to any variation in the number of collisions.

Keywords: Collision Variation, AC-WC Asphalt Concrete Layer, Marshall Test

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xxiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-3
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-3
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I-4
1.5. Sistematika Penulisan	I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal	II-1
2.1.1 Sifat Fisik Aspal	II-2
2.1.2 Sifat Kimiawi Aspal	II-3
2.1.3 Tes Standar Bahan Aspal	II-5
2.1.4 Fungsi Aspal	II-9
2.1.5 Jenis-jenis Aspal	II-10
2.2. Aspal Minyak	II-12
2.2.1 Sumber Aspal	II-12
2.3. Aspal Emulsi	II-16
2.3.1 Defenisi Emulsi	II-17

2.3.2	Klasifikasi dan Pemberian Nama Emulsi	II-19
2.4.	Aspal Beton (Laston)	II-20
2.4.1	Karakteristik Campuran Aspal Beton.....	II-22
2.4.2	Jenis-jenis Aspal Beton.....	II-25
2.4.3	Unsur Pembentuk Laston	II-27
2.4.4	Jenis Agregat	II-31
2.4.5	Sifat Sifat fisik Agregat.....	II-32
2.4.6	Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya	II-37
2.4.7	Gradasi	II-38
2.4.8	Bahan Pengisi (Filler).....	II-41
2.4.9	Campuran aspal panas.....	II-42
2.4.10	Mix Design	II-44
2.4.11	Job Mix Formula	II-48
2.5.	Marshall test	II-50
2.5.1	Stabilitas (stability)	II-51
2.5.2	Kelelahan (flow)	II-52
2.5.3	Kepadatan (density)	II-53
2.5.4	VIM (Void In The Mix)	II-54
2.5.5	VFA (Void Filled With Asphalt)	II-56
2.5.6	VMA (Void In Mineral Agregate)	II-57
2.5.7	Marshall Quotient (MQ).....	II-58
2.6	Penelitian Terdahulu.....	II-59

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Metode Penelitian	III-1
3.2.	Diagram Penelitian	III-2
3.4.	Pengujian Bahan	III-4
3.4.1	Pengujian Agregat Kasar	III-4
3.4.2	Pengujian Agregat Halus	III-4
3.4.3	Pengujian Bahan Pengisi (Filler)	III-5
3.4.4	Pengujian Aspal	III-5

3.5. Penentuan Jumlah Dan Pembuatan Benda Uji.....	III-7
3.5.1 Penentuan Jumlah Benda Uji	III-7
3.6. Pengetesan Benda uji Dengan Alat Marshall untuk KAO	III-8
3.7. Pembuatan Benda Uji Dengan Variasi Jumlah Tumbukan .	III-8

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data.....	VI-1
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	VI-1
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal.....	VI-2
4.1.3 Analisa Rancangan Campuran.....	VI-4
4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal	VI-7
4.2.1 Perkiraan KAO Rencana.....	VI-7
4.2.2 Penentuan Berat Agregat dan Aspal Dalam Campuran	VI-8
4.2.3 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	VI-9
4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	III-9
4.3.1 Data Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak.....	VI-10
4.3.2 Data Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi	VI-15
4.4. Pembuatan Benda Uji dengan jumlah Tumbukan.....	III-21
4.4.1 Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan jumlah Tumbukan	V-21
4.4.2 Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	VI-21
4.4.3 Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak pada Variasi Jumlah Tumbukan 65 dengan Perendaman Berulang.....	VI-25
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 75 dengan Perendaman Berulang.....	VI-35
4.4.5 Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 85 dengan Perendaman	

Berulang.....	VI-44
4.4.6 Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 65 dengan Perendaman Berulang.....	VI-53
4.4.7 Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 75 dengan Perendaman Berulang.....	VI-62
4.4.8 Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 85 dengan Perendaman Berulang.....	VI-71
4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS.....	VI-81

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOKUMENTASI



DAFTAR TABEL

➤ Tabel 2.1 ketentuan Aspal Keras	II-8
➤ Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)	II-22
➤ Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar	II-29
➤ Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar	II-30
➤ Tabel 2.5. Spesifikasi Gradasi Agregat Halus.....	II-30
➤ Tabel 2.6 Ketentuan agregat halus	II-31
➤ Tabel 2.7. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal.....	II-40
➤ Tabel 2.10 pengaruh variasi jumlah tumbukan AC-WC.....	II-59
➤ Tabel 2.11 pengaruh variasi jumlah tumbukan AC-BC	II-60
➤ Tabel 3.1. Ketentuan Agregat kasar	III-4
➤ Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Halus	III-5
➤ Tabel 3.3. Ketentuan Agregat <i>Filler</i>	III-5
➤ Tabel 3.4. Ketentuan Aspal Minyak	III-6
➤ Tabel 3.5. Ketentuan Aspal Emulsi CRS 1	III-6
➤ Tabel 3.6. Perhitungan Benda Uji	III-7
➤ Tabel 4.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat	VI-1
➤ Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	VI-2
➤ Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	VI-3
➤ Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70.....	VI-4
➤ Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi CRS 1.....	VI-4

➤ Tabel 4.6. Rancangan Campuran AC-WC.....	VI-6
➤ Tabel 4.7. Komposisi campuran AC-WC	VI-8
➤ Tabel 4.8. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal AC-WC Standar	VI-8
➤ Tabel 4.9. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat	VI-9
➤ Tabel 4.10. Hasil Marshall tes KAO Aspal Minyak.....	VI-10
➤ Tabel 4.11. Hasil Marshall tes KAO Aspal Emulsi	VI-15
➤ Tabel 4.12. Komposisi campuran menggunakan variasi jumlah Tumbukan dengan perendaman berulang.....	VI-21
➤ Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall Sisa KAO Aspal Minyak dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C	VI-22
➤ Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall Sisa KAO Aspal Emulsi dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C	VI-22
➤ Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan jumlah tumbukan 65 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	VI-23
➤ Tabel 4.16. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan variasi jumlah tumbukan 75 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit	

	pada suhu 60°C	VI-23
	Tabel 4.17. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan variasi jumlah tumbukan 85 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	VI-24
➤	Tabel 4.18. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan jumlah tumbukan 65 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	VI-24
➤	Tabel 4.19. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan jumlah tumbukan 75 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	VI-25
➤	Tabel 4.20. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan variasi jumlah tumbukan 85 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	VI-25
➤	Tabel 4.21. Hubungan KAO Aspal Minyak Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC	VI-80
➤	Tabel 4.22. Hubungan KAO Aspal Emulsi Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC	VI-81

DAFTAR GAMBAR

❖ Gambar 3.1. Bagan alir penelitian	III-3
❖ Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC	VI-7
❖ Gambar 4.2.a Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-10
❖ Gambar 4.2.b Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-11
❖ Gambar 4.2.c Grafik Plelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-11
❖ Gambar 4.2.d Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-12
❖ Gambar 4.2.e Grafik Marshall Quetient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-12
❖ Gambar 4.2.f Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-13
❖ Gambar 4.2.g Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak	VI-13
❖ Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	VI-14
❖ Gambar 4.4.a Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-16
❖ Gambar 4.4.b Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk	

Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-16
❖ Gambar 4.4.c Grafik Pelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-17
❖ Gambar 4.4.d Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-17
❖ Gambar 4.4.e Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-18
❖ Gambar 4.4.f Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-18
❖ Gambar 4.4.g Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi.....	VI-19
❖ Gambar 4.5 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	VI-19
❖ Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C....	VI-26
❖ Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C....	VI-27
❖ Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C....	VI-29
❖ Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65	

- (Aspal Minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.... VI-30
- ❖ Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.... VI-31
 - ❖ Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.... VI-33
 - ❖ Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.... VI-34
 - ❖ Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C VI-36
 - ❖ Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-37
 - ❖ Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-38
 - ❖ Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum

dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-39
❖ Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-40
❖ Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	VI-42
❖ Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-43
❖ Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C	VI-45
❖ Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-46
❖ Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-47
❖ Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	VI-48

- ❖ Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-49
- ❖ Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C VI-51
- ❖ Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-52
- ❖ Gambar 4.27 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C VI-53
- ❖ Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-54
- ❖ Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-56
- ❖ Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-57

- ❖ Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-58
- ❖ Gambar 4.32 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C VI-60
- ❖ Gambar 4.33 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-61
- ❖ Gambar 4.34 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C VI-63
- ❖ Gambar 4.35 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-64
- ❖ Gambar 4.36 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-65
- ❖ Gambar 4.37 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-66

- ❖ Gambar 4.38 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-67
- ❖ Gambar 4.39 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-69
- ❖ Gambar 4.40 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-70
- ❖ Gambar 4.41 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C VI-71
- ❖ Gambar 4.42 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-72
- ❖ Gambar 4.43 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-74
- ❖ Gambar 4.44 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-75

- ❖ Gambar 4.45 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-76
- ❖ Gambar 4.46 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C VI-78
- ❖ Gambar 4.47 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C..... VI-79

BOSOWA

DAFTAR NOTASI

a	= Persentase aspal terhadap batuan
ASTM	= America Standard Testing and Material
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
AC	= Aspal Concrete
AC-WC	= Asphalt Concrete Wearing Course
AC – BC	= Asphalt Concrete Base Course
Al ₂ O ₃	= Aluminum Oxide (aluminium oksida)
b	= Persentase aspal terhadap campuran
B-0	= blinding concrete/beton lantai kerja
c	= Berat kering / sebelum direndam (gram)
CA	= Agregat kasar
cm	= Centimeter
CaO	= Calcium Oxide (kalsium oksida/ batu kapur)
d	= Berat benda uji jenuh air (gr)
e	= Berat benda uji dalam air (gr)
F	= flow
f	= Volume benda uji (cc)
Fe ₂ O ₃	= Iron Oxide (besi oksida)
FA	= Agregat halus
g	= Nilai kepadatan (gr/cc)
g	= Persen rongga terisi aspal

gr	= Gram
HRS	= Hot Rolled Sheet
i dan j	= Rumus Substitusi
K ₂ O	= Potassium Oxide (potasium oksida)
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
MQ	= Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium Oxide (magnesium oksida)
MC	= Medium Curingcut back
Na ₂ O	= Sodium Oxide (soda abu)
ODOL	= Over Dimension Over load
P	= Pembacaan Arloji Stabilitas x Kalibrasi Alat
PB	= Perkiraan Karas Aspla Optimum
q	= Angka Koreksi Benda Uji
RC	= Rapid Curing cat back
S	= Nilai Stabilitas
SS	= Sand Sheet
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
SC	= Slow Curing Cat Back
SiO ₂	= Silica (silika)
SO ₃	= Sulfur Trioxide (belerang trioksida)
SSD	= Saturated Surface Dry

TD	= <i>Lapisan Tanah Dasar</i>
USA	= <i>United States of America</i>
VIM	= <i>Void In The Mix</i>
VFA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VMA	= <i>Void In Mineral Agregate</i>
°C	= <i>Derajat Celcius</i>



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Masalah transportasi saat ini merupakan masalah yang sering dihadapi oleh berbagai negara, baik negara yang sudah maju maupun negara yang berkembang seperti Indonesia, maka setiap negara ingin menciptakan transportasi yang dapat menjamin pergerakan manusia atau barang secara lancar, aman, teratur, mudah, cepat dan nyaman. Seiring dengan perkembangan jaman, tuntutan akan kebutuhan sarana dan prasarana jalan telah menjadi masalah yang cukup pelik. Oleh karena itu pemerintah telah mencanangkan program pembangunan maupun peningkatan jalan. Setiap tahun pemerintah mengeluarkan dana yang besar untuk pembangunan, peningkatan dan pemeliharaan jaringan jalan yang sebagian besar dana tersebut digunakan untuk perkerasan jalan, diantaranya adalah pelaksanaan lapisan perkerasan aspal.

Pembangunan perkerasan jalan saat ini sangat tinggi yaitu ± 71.000 km tiap Pelita. Untuk itu diperlukan pelaksanaan jalan yang harus didukung dengan pekerjaan yang selesai dengan cepat. Salah satu pendukung adalah penggunaan aspal emulsi dengan pertimbangan karena aspal emulsi tidak memerlukan bahan pelarut (solvent) maka aspal emulsi dapat mengurangi penggunaan bahan pelarut (petroleum solvent). Karena lebih cair dari aspal cair (cut back) maka aspal emulsi mengurangi polusi, peralatan yang diperlukan sederhana sehingga cocok untuk daerah-daerah

yang tidak mempunyai AMP, dengan kata lain investasi alat dapat ditekan. Aspal emulsi telah banyak diproduksi dalam negeri baik oleh perusahaan swasta maupun perusahaan negara dimana saat ini permintaan pengujian aspal emulsi yang masuk laboratorium penetapan persyaratan mutu aspal emulsi tidak seragam disamping mutu aspal emulsi sangat bervariasi. Oleh karena itu diperlukan pengkajian mutu aspal emulsi produk negeri yang beredar di Indonesia.

Hal yang perlu diperhatikan juga dari jalan adalah Kondisi lapis perkerasan yang pada umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja perkerasan jalan, antara lain proses pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Dalam proses pengerjaan hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah faktor suhu dan pemadatan. Evaluasi terhadap pemadatan sangat diperlukan untuk mengetahui keawetan dan kekuatan lapis perkerasan, untuk mendapat hasil lapis perkerasan yang kuat dan awet diperlukan analisa perencanaan jumlah tumbukan efektif yang digunakan pada pelaksanaan perkerasan jalan raya.

Dengan adanya permasalahan tersebut, maka dirumuskan judul *“Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Menggunakan Aspal Emulsi Tipe CRS 1 Dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 Pada Campuran Aspal Concrete Wearing – Course (Ac-Wc) Dengan Perendaman Berulang”*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, berikut poin-poin yang menjadi rumusan masalah di dalam penelitian ini :

1. Bagaimana pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap aspal emulsi dan aspal minyak penetrasi 60/70 sebagai campuran aspal beton melalui pengujian Marshall ?
2. Bagaimana pengaruh yang dihasilkan oleh perendaman berulang terhadap karakteristik dan sifat campuran aspal beton dengan menggunakan aspal emulsi dan aspal minyak ?

1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap campuran aspal beton dengan menggunakan aspal emulsi tipe crs 1 dan aspal minyak penetrasi 60/70 pada pengujian Marshall.
2. Untuk menganalisis sifat dan karakteristik campuran aspal dengan menggunakan aspal emulsi dan aspal minyak dengan perendaman berulang.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. untuk menambah wawasan mengenai pengaruh variasi jumlah tumbukan melalui pengujian marshall pada aspal emulsi dan aspal minyak dengan campuran aspal beton.
2. Untuk mengetahui sifat dan karakteristik pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap aspal emulsi dan aspal minyak pada campuran aspal beton dengan perendaman berulang.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah Penelitian

1.4.1. Pokok Bahasan

Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah:

1. Membahas pengujian agregat
2. Membahas pengujian aspal beton
3. Membahas pengujian aspal emulsi dan aspal minyak
4. Membahas pengujian campuran aspal dengan metode uji *Marshall Test*

1.4.2. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada sifat dan karakteristik campuran laston dengan melakukan pengujian di laboratorium teknik sipil, fakultas teknik universitas bosowa makassar. Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah asphalt concrete – wearing coarse (AC-WC) dengan bergradasi halus dengan menggunakan spesifikasi umum bina marga 2018.

2. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal emulsi tipe crs 1 dan aspal minyak penetrasi 60/70
3. Dilakukan dengan variasi tumbukan 2X65, 2X75, 2X85,
4. Perendaman dilakukan dengan variasi 3, 7 , dan 14 hari.
5. Permasalahan yang diamati sifat dan Karakteristik Marshall.
6. Pengujian dilakukan dengan metode Marshall

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk tetap terarah pada tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka perlu disusun sebuah sistematika penulisan, dengan urutan sebagai berikut:

1.5.1. Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menjangka penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data yang diperoleh dari teori yang ada.

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

UNIVERSITAS

BOSOWA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras.

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muata kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tesebut.

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam yang terbentuk dari unsure-unsur *asphaltenese resins* dan *oils*. Aspal pada lapisan keras jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat untuk membentuk suatu cairan yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan masing-masing agregat. (Silvia Sukirman, 2007)

Untuk menentukan penggunaan kadar aspal sesuai persyaratan yang ditetapkan Bina Marga digunakan rumus:

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

+ konstanta

PB = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

2.1.1 Sifat fisik aspal

Sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap suhu, pengerasan dan penuaan.

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan (*durability*) adalah kemampuan aspal menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.

2. Adesi dan kohesi

Adesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan (pada proses pelaburan). Pada proses pemanasan inilah akan terjadi pengerasan. Peristiwa pengerasan akan mengakibatkan terjadinya proses perapuhan yang terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. (Akem, 2012)

2.1.2 Sifat kimiawi aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melaluidaya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu,

1. Aspalten

Aspalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Aspalten berwarna coklat sampai hitam yang terdiri dari senyawa karbon dan hydrogen dengan perbandingan 1 : 1, dan kadang-kadang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Molekul aspalten ini memiliki ukuran antara 5 – 30 nano meter.

2. Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain aspalten. Unsur malten ini terbagi lagi menjadi tiga unsur yaitu:

a. Resin

Terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sedikit mengandung oksigen, sulfur dan nitrogen. Resin memiliki ukuran antara 1 – 5 nano meter, berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adesif pada aspal.

b. Aromatik

Aromatik adalah unsur pelarut aspalten yang paling dominan didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c. Saturated

Saturated adalah bagian dari molekul malten yang berupa minyak kental yang berwarna putih atau kekuning-kuningan dan bersifat non-polar. Saturated terdiri dari paraffin dan non-paraffin, kandungannya dalam aspal berkisar antara 5% - 20% terhadap berat aspal.

2.1.3 Tes standar bahan aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.

1. Penetrasi

Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Berdasarkan nilai penetrasinya, semen aspal dibagi menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 80-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/100.

2. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang

berkisar antara 30oC sampai 200oC dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

3. Titik Nyala

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Tujuan dari pengujian titik nyala aspal adalah untuk menentukan batas temperatur tertinggi dimana aspal mulai menyala sehingga menjaga keselamatan agar pada waktu pemanasan aspal tidak mudah terjadi kebakaran.

4. Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm.

Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm. Pendapat lain mengatakan bahwa tes daktilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan

kohesi aspal, bila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

5. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C. Pengujian ini ditujukan untuk memperoleh nilai berat jenis aspal keras dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi ini mensyaratkan berat jenis diatas 1,0 gram/cc, kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan asphaltene dan terlalu banyak minyak ringan yang mudah menguap dan kehilangan daya lengketnya.

6. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Maksud dari pemeriksaan ini untuk mencegah pasokan bahan aspal yang terlalu banyak mengandung minyak-minyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163°C selama 5 jam sebagai simulasi) terlalu banyak yang menguap sehingga aspal akan kering dan sulit dikerjakan (kental dan getas).

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.1 ketentuan Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10rad/detik > 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas 135° C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D 2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
7	Larutan dlm <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≥ 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)			
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.82
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik > 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 MPa			
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik < 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2018

Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal.

2.1.4 Fungsi aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan.

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca.

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat ini dapat diperiksa dengan melakukan pengujian tentang kelekatan aspal (stripping test). Agregat bersilika tinggi bersifat hydrophilic, sehingga mempunyai ikatan dengan aspal yang kurang baik. Agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan adalah agregat dengan kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95%

2.1.5 Jenis-jenis aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal buatan dan aspal alam :

1. Aspal buatan

Aspal buatan adalah buatan dalam negeri hanya dihasilkan dikilang Refinery Unit IV Cilacap (Jawa Tengah), aspal pertamina digunakan diberbagai proyek di indonesia untuk pembuatan jalan dan landasan pesawat yang berfungsi sebagai perekat bahan pengisi dan bahan kedap air cocok untuk iklim tropis

Aspal yang masuk dalam kategori aspal buatan adalah aspal minyak dan tar, akan tetapi tar tidak umum digunakan pada perkerasan jalan kerana lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

2. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam ini dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu (sumber : <https://asiacon.co.id/blog/pengertian-dan-jenis-aspal-jalan>):

a. Aspal Danau (Lake Asphalt)

Aspal ini secara alamiah terdapat di danau Trinidad Venezuela dan Lawele. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral dan bahan organik lainnya. Angka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lelehnya sangat tinggi. Karena aspal ini sangat keras, dalam pemakaiannya aspal ini dicampur dengan aspal keras yang mempunyai angka penetrasi yang tinggi.

b. Aspal Batu (Rock Asphalt)

Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara terdeposit di pulau Buton, Indonesia dan di daerah Kentucky, USA. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 – 40. Untuk pemakaiannya, deposit ini harus ditimbang terlebih dahulu, lalu aspalnya diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan angka penetrasi yang lebih tinggi agar didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal

batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastik.

Akibatnya tingkat keamanan dan kenyamanan berkendara berkurang karena kondisi bentuk dan hasil pemeliharaan rutin maupun peningkatan jalan tidak memenuhi spesifikasi yang isyaratkan. Oleh sebab itu dilakukan evaluasi dengan cara mengontrol ualitas perkerasan konstruksi pada spesifikasi yang ditetapkan pada pekerjaan jalan. Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada.

2.2 Aspal minyak

Aspal minyak dengan berbahan dasar aspal dapat dibedakan atas Aspal Keras/Panas (Asphalt Cement,AC) dan Aspal Emulsi (Emulsion Asphalt)

Aspal keras/panas (*Asphalt Cement,AC*) yaitu, aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen pada temperatur ruang (25° - 30° C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasinya ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

2.2.1 Sumber Aspal

1. Aspal hasil destilasi

Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yakni suatu proses dimana bitumen dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi

ini disertai oleh kenaikan temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Aspal (bitumen) hasil destilasi (penyulingan) ini yang kemudian dalam penggunaannya yang berbeda-beda sehingga aspal (bitumen) ini diklasifikasikan lagi menjadi :

a. Aspal Keras

Aspal keras / aspal panas (asphalt cement, AC), merupakan aspal yang sering digunakan dalam proyek perkerasan jalan. Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruang, sekitar 25°C – 30°C. Aspal keras terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pengolahannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal keras dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada suhu ruang, atau bisa juga berdasarkan nilai viskositasnya.

Di Indonesia, pemilihan jenis aspal keras dibedakan dari nilai penetrasi:

- 1) AC 40, asphalt cement dengan penetrasi 40.
- 2) AC 60, asphalt cement dengan penetrasi 60.
- 3) AC 80, asphalt cement dengan penetrasi 80.
- 4) AC 120, asphalt cement dengan penetrasi 120.
- 5) AC 200, asphalt cement dengan penetrasi 200.

Aspal dengan penetrasi rendah berarti semakin padat, tidak mudah mengalami perubahan bentuk / deformasi. Aspal ini cocok diterapkan pada daerah panas atau jalan dengan trafik tinggi. Sedangkan aspal penetrasi tinggi digunakan di daerah dingin untuk mengurangi crack / retakan pada

jalan. Di Indonesia, umumnya menggunakan aspal semen dengan penetrasi 60 atau 80 (AC 60 dan AC 80).

b. Aspal *Cutback* / Aspal Cair

Aspal *Cutback* / aspal dingin / aspal cair adalah campuran antara aspal semen yang keras dengan bahan pelarut / pencair yang juga merupakan dari hasil penyulingan minyak bumi. Karena itu, *cut back asphalt* berbentuk cair pada temperatur ruang.

Aspal cair dibedakan atas:

- 1) RC (Rapid Curing Cutback) merupakan aspal keras yang dilarutkan dengan bensin atau premium. Bensin dan premium merupakan bahan bakar hasil minyak bumi yang sangat cepat menguap. Itulah sebabnya dinamakan "rapid curing cut back". Jenisnya ada RC-1, RC-2, RC-3, RC-4, RC-5.
- 2) MC (Medium Curing Cutback) merupakan aspal keras yang dicampur dengan hasil minyak bumi yang lebih kental seperti minyak tanah. Jenisnya ada MC-1, MC-2, MC-3, MC-4, MC-5.
- 3) SC (Slow Curing Cutback) merupakan aspal keras yang dicampur dengan hasil minyak bumi yang lebih kental lagi seperti solar. Jenisnya ada SC-1, SC-2, SC-3, SC-4, SC-5.

c. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dalam bahan pengemulsi. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- 1) Kationik, disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positif.
- 2) Anionik, disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatif. Nanionik, merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak mengantarkan listrik.
- 3) Nonionik, merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak mengantarkan listrik.

Di lapangan, aspal semen merupakan aspal yang berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan. Sedangkan aspal emulsi dan aspal cutback umum digunakan pada campuran dingin atau pada penyemprotan dingin, dapat juga berfungsi sebagai perekat. Baik perekat antara lapis pondasi dengan lapisan perkerasan aspal, maupun sebagai perekat antara agregatnya. (Rekayasa Jalan Raya, Hendra S. dan Benidiktus S)

2. Aspal alam

aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal (bitumen) alam dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok, yakni aspal (bitumen) danau dan aspal (bitumen) batu. Aspal (bitumen) danau secara alamiah terdapat di danau Trinidad, Venezuela dan aspal (bitumen) batu secara alamiah terdapat di Kentucky dan di Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara Indonesia. Aspal (bitumen) dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir.

3. Aspal modifikasi

Aspal modifikasi ini dibuat dengan mencampur dan memodifikasi aspal keras (penetrasi 60/80) dengan suatu bahan tambah atau additive. Bahan tambah yang biasanya dipakai adalah polymer yang saat ini banyak digunakan dalam dunia perkerasan jalan. Oleh karena itu, aspal (bitumen) modifikasi sering juga disebut sebagai aspal (bitumen) polymer modified.

2.3 Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah aspal cair yang dihasilkan dengan cara mendispersikan aspal keras bitumen ke dalam air atau sebaliknya dengan bantuan bahan pengemulsi. Aspal emulsi merupakan hasil dispersi bahan aspal semen dalam air secara merata dengan menggunakan emulsifier yang berfungsi mengikat molekul aspal dengan molekul air. Dalam suatu campuran emulsi, kandungan aspal umumnya berkisar $\pm 55-75\%$ dan kandungan bahan pengemulsi (emulsifier) $\pm 3\%$.

Penggunaan aspal emulsi di mulai pada awal abad ke-20. Saat ini 5% sampai 10% dari kelas aspal yang digunakan adalah dalam bentuk emulsi, tetapi penggunaan aspal emulsi sangat bervariasi antar Negara. Amerika Serikat adalah produsen terbesar di dunia dari aspal emulsi. Keuntungan dari aspal emulsi dibandingkan dengan aspal panas adalah dapat mengurangi pengikat yang dapat terkait dengan aplikasi suhu rendah, kompatibilitas dengan binder berbasis air yang lain seperti lateks karet, semen dan pelarut-pelarut redah. Peran komponen aspal emulsi seperti

pengemulsi atau emulsifier, asam atau alkali, dan aditif-dalam menentukan sifat fisik dan reaktivitas emulsi dapat dijelaskan. Klasifikasi aspal emulsi dapat dibedakan menjadi beberapa berdasarkan nilai reaktivitas, muatan partikel, dan sifat fisik yang dapat dijelaskan. Dua puluh tahun terakhir telah terlihat kemajuan dalam pemahaman tentang bagaimana pengaruh kimia dari kinerja emulsi yang terjadi. Akibatnya formulasi dapat dikembangkan untuk 7 mengoptimalkan kinerja dari bahan konstruksi atau proses konstruksi yang bukan hanya untuk memenuhi spesifikasi standar tetapi lebih dari itu yakni mudah dalam perawatan, cepat kering dan bahan dingin yang dicampur memiliki sifat yang lebih baik.

2.3.1 Definisi Emulsi

Menurut Alan James, Overview of Asphalt Emulsion, Transportation Research Circular E-C102, 2006 menyatakan bahwa emulsi adalah fase terdispersi dari suatu cairan kedalam cairan lain. Contoh umum dalam kehidupan sehari-hari seperti susu, mentega, mayones, dan krim kosmetik. Emulsi dapat dibentuk oleh dua cairan yang tidak bercampur, tetapi dalam banyak kasus, emulsi adalah suatu peristiwa yang merupakan salah satu fase air. Secara umum, emulsi dapat dikategorikan menjadi :

- 1) Minyak dalam air (O /W), emulsi adalah suatu yang berasal dari fase lanjutan yang di dispersi di dalam cairan berminyak. 8
- 2) Air dalam minyak (W /O) 'terbalik', emulsi adalah suatu yang mempunyai fase kontinyu yaitu minyak dan fase dispersi air.

3) W/O/W, emulsi adalah beberapa tetesan aspal mungkin berisi tetesan air kecil dalam aspal emulsi yang dapat memiliki struktur yang lebih kompleks. Viskositas emulsi dan terutama perubahan viskositas emulsi selama penyimpanan sangat dipengaruhi oleh fase internal air (6,7).

Aspal standar (aspal) emulsi biasanya bagian dari O/W (oil in water) jenis dan mengandung dari 40% sampai 75% aspal, 0,1% sampai 2,5% bahan pengemulsi atau biasa dikenal dengan emulsifier, 25% sampai 60% air ditambah beberapa minor komponen bahan penyusun. Tetesan aspal berukuran antara 0,1-20 9 mikron diameter. Emulsi dengan ukuran partikel dalam kisaran ini kadang-kadang disebut sebagai macroemulsions. Macroemulsions adalah cairan coklat dengan konsistensi dari susu krim ganda, yang sebagian besar tergantung pada kadar aspal atau kadar bitumen dan ukuran partikel.

Ada beberapa distribusi ukuran partikel dalam emulsi dan distribusi ini dipengaruhi oleh komposisi emulsi dan alat yang digunakan dalam memproduksi emulsi. Ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel dari tetesan emulsi ini sangat mempengaruhi sifat fisik emulsi, seperti viskositas dan stabilitas penyimpanan. Rata-rata ukuran partikel yang lebih besar dapat menurunkan viskositas atau kekentalan dari emulsi, seperti halnya distribusi ukuran partikel yang luas atau bimodal. Ukuran partikel juga dapat mempengaruhi kinerja emulsi.

Secara umum, ukuran partikel yang lebih kecil dapat meningkatkan kinerja dari campuran dan aplikasi serta penerapan di lapangan. Beberapa

perkembangan terbaru dalam teknologi aspal emulsi telah dapat dikembangkan untuk kemampuan 10 mengontrol ukuran partikel dan distribusi ukuran emulsi selama proses emulsifikasi terjadi dan akibatnya dapat mempengaruhi sifat-sifat dari emulsi, diantaranya viskositas dan stabilitas penyimpanan 24 jam. Macroemulsions secara inheren tidak stabil bekerja. Selama periode waktu, mungkin beberapa jam atau beberapa tahun, fase aspal akhirnya akan terpisah dari air.

2.3.2 Klasifikasi dan Pemberian Nama Emulsi

Aspal emulsi dapat dikelompokkan menurut jenis muatan listriknya dan menurut kecepatan pengerasannya. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan menjadi (Martens and Borgfeldt, 1985) :

1. Aspal emulsi kationik atau disebut aspal emulsi asam adalah aspal emulsi yang bermuatan positif. Pada saat ini aspal emulsi yang umum digunakan di Indonesia adalah aspal emulsi kationik, karena aspal emulsi tipe ini cocok dengan hampir semua batuan (agregat) yang ada di Indonesia. Aspal emulsi yang termasuk jenis aspal emulsi kationik yang cocok digunakan untuk membuat campuran dingin adalah CSS-1, CSS-1h, CMS-2 dan CMS-2h. (Ridwan Hadi Rianto, 2007)
2. Aspal emulsi anionik atau disebut aspal emulsi alkali adalah aspal emulsi yang bermuatan negatif dan banyak digunakan untuk melapisi batuan basah. (Departemen Pekerjaan Umum, 2006).

3. Aspal emulsi monionik merupakan aspal yang tidak bermuatan listrik.

Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibedakan menjadi (Hendarsin, 2000 dalam Mutohar, Y., 2002; Atkins, 1997) :

- a) Aspal emulsi RS (Rapid Setting), direncanakan mempunyai tingkat reaksi yang cepat dengan agregat penyertanya dan berubahnya emulsi ke aspal. Jenis RS akan menghasilkan lapisan film yang relatif tebal.
- b) Aspal emulsi MS (Medium Setting), direncanakan memiliki tingkat pencampuran medium dengan sasaran agregat kasar. Karena jenis ini tidak akan memecah jika berhubungan dengan agregat, maka campuran yang menggunakan jenis ini akan tetap dapat dihamparkan dalam beberapa menit.
- c) Aspal emulsi SS (Slow Setting), jenis ini direncanakan untuk hasil pencampuran yang memiliki stabilitas tinggi. Jenis ini digunakan 15 dengan agregat bergradasi padat dan mengandung kadar agregat halus yang tinggi.

2.4 Aspal Beton (*Laston*)

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapis pada kontruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999). Menurut Bina Marga Depertement Pekerjaan Umum, *laston* terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi

menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar samapai ukuran yang terkecil.

Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran campuran beraspal Departement Pekerjaan Umum 2010, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapisan Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departement Perumahan dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, hal itu dikarenakan menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu seperti tertera dalam Tabel Dibawah ini :

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah Tumbukan Perbidang		75		112
Rasio Partikel Lolos Ayakan 0,75 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga 2018 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (lc)

2.4.1 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Pada dasarnya lapisan perkerasan aspal beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Hal ini akan menentukan karakteristik dari lapisan perkerasan tersebut. Adapun karakteristik dari lapisan aspal beton adalah (Sukirman, 1999) :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas

tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi.

2. Keawetan atau Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti beban lalu lintas sebagai berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal beton dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kepadatannya campuran.

3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat terjadi jika mempergunakan aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

2.4.2 Jenis-jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan aspal beton, dan fungsi aspal beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton campuran panas (*Hot Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140° c.
2. Aspal beton campuran sedang (*Warm Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60° c.
3. Aspal beton campuran dingin (*Cold mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu sekitar 25° c.

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas :

- a. Aspal beton untuk lapisan aus (*Wearing Course*), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
- b. Aspal beton untuk lapisan pondasi (*Binder Course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

- c. Aspal beton untuk pembentukan dan perata lapisan lapisan aspal beton yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk crown.

Jenis aspal beton campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah (Sukirman 2003) ;

1. Laston (*Lapisan aspal beton*), adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*). Karakteristik aspal beton yang terpenting adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston 4-6 cm (spesifikasi 2002). Sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Tebal nominal - minimum AC – WC adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete Base Course*). Tebal nominal - minimum AC–BC adalah 5 cm.
 - c. Lapisan sebagai lapisan pondasi, dikenal sebagai nama AC-Base (*Asphalt Concrete Base*). Tebal nominal AC-Base adalah 6 cm
2. Lataston (*Lapisan tipis aspal beton*) adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini

adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya laston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS - WC (*Hot Rolled Sheet Wearing Course*). Tebal minimum HRS - WC adalah 3 cm.
- b. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet Base*). Tebal minimum HRS - Base adalah 3,5 cm.
3. Latasir (*Lapisan Tipis Aspal Pasir*), adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh.
4. Lapisan perata adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan Huruf L (*Leveling*).

2.4.3 Unsur Pembentuk Laston

1. Agregat

Secara umum laston dibentuk oleh agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal, yang akan diuraikan dibawah ini:

a. Pengertian agregat

Berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Bina Marga. 1998) agregat adalah sekumpulan butir-butir batu

pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu :

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai permukaan tekstur

yang kasardan tidak bulat agar dapat dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratanya yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, sepeeti tertera pada Tabel Dibawah

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nlai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %	
	magnesium sulfat		Maks.18 %	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks.6 %	
		500 putaran	Maks.30 %	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.8 %
		500 putaran		Maks.40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks.95%	
Butir Pecah pada Agregat K asar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks.5 %	
	Lainnya		Maks.10 %	
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks.1 %	

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2 (1a)

Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Lolos
Inchi	mm	
$\frac{3}{4}$	19	100
$\frac{1}{2}$	12,5	30 – 100
8-Mar	8,5	0 – 55
No. 4	4,7	0 – 100
No.8	2,36	0 – 1

Sumber : Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/2018

b. Agregat Halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.4 (4,75 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butir Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel di bawah :

Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
8-Mar	9,5	100
No.4	4,75	90 – 100
No.8	2,36	8 – 100
No.30	0,06	25 – 100
No.200	0,075	3 – 11

Sumber : Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/1999

Tabel 2.6 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03 – 4428 - 1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03 - 6877 - 2002	Maks. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03 - 4141 - 1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Min. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.(2a)

Agregat merupakan komponen utama dari struktur utama perkerasan jalan yaitu 90–95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75–85 % agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.4.4 Jenis Agregat

Adapun jenis – jenis dari agregat itu adalah sebagai berikut :

- a. Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini berbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat siap pakai sering disebut sebagai agregat alam. Agregatnya cenderung bulat – bulat, dengan tekstur permukaan licin. Proses degradasi agregat di bukit – bukit akan membentuk agregat bersudut dan kasar. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

b. Agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai adalah agregat yang diperoleh di bukit – bukit, di gunung – gunung, ataupun di sungai – sungai. Agregat di gunung dan di bukit umumnya ditemui dalam masif, sehingga perlu dilakukan pemecahan dahulu supaya dapat diangkat ke tempat mesin pemecah batu (Stone Crusher). Sungai – sungai yang membawa agregat di musim hujan, umumnya membawa agregat berukuran besar sehingga tidak memenuhi persyaratan ukuran yang ditentukan. Guna dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan, agregat ini harus diolah dulu secara manual, dengan mempergunakan tenaga manusia atau melalui proses mekanis di mesin pemecah batu. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang pecahan bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan.

Di samping itu terdapat pula agregat hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur atau limbah industri seperti abu terbang. Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler). Batasan masing – masing agregat ini seringkali berbeda sesuai institusi yang menentukannya.

2.4.5 Sifat Sifat fisik Agregat

Dalam hubungannya dengan kinerja campuran beraspal diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat. Untuk tujuan ini sifat pada

agregat yang harus di periksa antara lain : ukuran butir,kebersihan, kekerasan bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan dan kelekatan terhadap aspal.

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari berukuran besar sampai yang terkecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara almhiah atau dapat juga di hasilkan dari proses pemecahan batuan atau proses buatan. Mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air. Perubahan sifat dari campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau debu yang di gunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

b. Kebersihan Agregat

Dalam spesifikasi biasanya memasukkan syarat kebersihan agregat dengan memberikan suatu batasan jenis dan jumlah material yang tidak diperlukan, seperti lumpur, tanaman dan lain sebagainya, yang melekat pada agregat, karena akan memberikan pengaruh yang jelek pada perkerasan seperti berkurangnya ikatan antara aspal dan agregat.

c. Kekerasan

Agregat yang nantinya digunakan sebagai lapis permukaan haruslah lebih keras (lebih tahan) dari agregat yang digunakan pada lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena permukaan perkerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

d. Bentuk butir agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) dan bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan pada saat penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan untuk kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

Dalam campuran beraspal, penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang baik. Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel ini sangat dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut.

e. Tekstur permukaan agregat

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip.

Agregat dengan permukaan yang kasar memiliki koefisien gesek yang tinggi yang membuat agregat tersebut sulit untuk berpindah tempat sehingga akan menurunkan workabilitasnya. Oleh sebab itu, penggunaan agregat bertekstur halus dengan proporsi tertentu kadang-kadang dibutuhkan untuk membantu meningkatkan workabilitasnya. Di lain pihak film aspal lebih mudah merekat pada permukaan yang kasar sehingga akan menghasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

f. Daya serap agregat

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap air dan aspal adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP). Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang tipis. Oleh karena itu, agar campuran yang dihasilkan tetap baik agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus.

Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material

seperti batu apung yang memiliki keporusan tinggi yang digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi.

g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, meyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrophobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik.

Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas (stripping). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji kekuatannya. Perbedaan kekuatan antara keduanya dapat dipakai sebagai indikator untuk dapat mengetahui kepekaan agregat terhadap pengelupasan.

2.4.6 Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan proses pengolahannya agregat untuk campuran beraspal umumnya di klasifikasikan, seperti agregat alam (Natural aggregates), agregat hasil pemrosesan dan agregat buatan atau agregat artificial.

a. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali, agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin. Dua jenis utama dari agregat alam yang di gunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil.

b. Agregat yang Diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk megurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Penyaringan yang di lakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat, salah satu contohnya adalah Slag, Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang didapat dari hasil sampingan produksi yang timbul ke permukaan dari pencairan/peleburan biji besi selama proses peleburan. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai material pengisi (*Filler*).

2.4.7 Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1½ inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi

tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

b. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki

stabilitasyang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas.

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel. di bawah ini :

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1 ^{1/2} "	37,5	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	-	100	90-100
3/4"	19	100	100	100	90-100	76 - 90
1/2"	12,5	90-100	90-100	90-100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 90	75 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	-	-	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	-	-	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	-	-	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150	-	-	6 - 15	5 - 13	4 - 10

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
No.200	0,075	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.3

2.4.8 Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang dalam analisa gradasi merupakan lolos saringan No. 200. (diameter 0.075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi :

- a. Sebagai pengisi antara agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butir yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- b. jika ditambahkan ke dalam laston, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan laston mengikat partikel agregat. Dengan penambahan bahan pengisi, laston menjadi lebih kental, dan campuran agregat laston menjadi bertambah kekuatannya.

Kadar *filler* dalam campuran beton laston akan berpengaruh pada proses campuran penghamparan, dan pemadatan. Selain itu, *filler* juga mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air.

2.4.9 Campuran aspal panas

Aspal Beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (Filler) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis.

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°C-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *Hotmix*.

Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dapat dibedakan dalam tiga jenis campuran yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari dua kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan.

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Salah satu produk campuran aspal panas yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum adalah AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*)/Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base-Course*) dengan lapis aus (*Wearing-Course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat / menerus, umumnya digunakan untuk jalan- jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat.

Penggunaan AC-WC yaitu digunakan sebagai lapisan antara dalam perkerasan dan mencegah rembesan air dari atas masuk ke lapis pondasi. Pada campuran aspal panas AC-WC memiliki ukuran maksimum agregat sebesar 25,4 mm, tebal lapisan padat minimum 6,0 cm dengan toleransi tebal tiap lapisan campuran beraspal tidak lebih dari 4,0 mm. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.4.10 Mix Design

Metode rancangan campuran Aspal Beton yang digunakan adalah rancangan campuran aspal panas (hot mix) yaitu suatu campuran yang terdiri dari komponen-komponen agregat yang merupakan komponen terbesar dalam campuran dan bahan pengikatnya aspal dimana cara pencampurannya melalui proses pemanasan.

Perencanaan campuran Aspal yang di gunakan adalah berdasarkan metode Marshall, Dengan metode ini kita dapat menentukan jumlah pemakaian aspal yang tepat sehingga dapat menghasilkan komposisi yang baik antara agregat dan aspal sesuai dengan persyaratan teknis perkerasan jalan yang ditentukan.

Langkah-langkah dalam Mix Design aspal :

A. Penentuan Komposisi Agregat Dalam Campuran

Dari hasil pemeriksaan gradasi/analisa saringan agregat dibuat grafik yang didasarkan pada persen lolos untuk masing-masing nomor saringan yang digunakan. Selanjutnya untuk mendapatkan prosentase masing-masing fraksi agregat (chipping, pasir dan abu batu) dalam campuran dipakai Metode Grafis Diagonal, dimana prosedurnya sebagai berikut :

- Diketahui gradasi ideal yang akan digunakan dari persyaratan gradasi yang ditentukan.
- Digambar empat persegi panjang dengan ukuran (10 x 20) cm.
- Dibuat garis diagonal dari ujung kiri bawah keujung kanan atas.

- Sisi vertikal menyatakan persen lolos saringan dengan skala 0 dibawah dan 100 diatas.
- Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai ideal tersebut diletakkan pada garis diagonal berupa titik.
- Dari tiap titik pada diagonal ditarik garis vertikal untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
- Digambar grafik gradasi dari masing-masing fraksi yang akan dicampur.
- Untuk menentukan prosentase agregat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama, pada suatu garis lurus.
- Pada garis tersebut, ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horisontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat prosentase agregat kasar yang diperlukan.
- langkah 8 dan 9 diulangi untuk mendapatkan prosentase agregat halus dan bahan pengisi.

Setelah diperoleh komposisi dari setiap jenis fraksi agregat, dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana prosentase masing-masing fraksi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan prosentase lolos untuk masing-masing nomor saringannya. Kemudian dijumlahkan untuk masing-masing nomor saringan lalu dilihat apakah

gradasi tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan sesuai jenis campuran yang akan dibuat.

Hasil penggabungan agregat diusahakan mendekati “ideal spec”, jika melalui grafik diagonal belum bagus maka digunakan metode coba-coba (Trial and Error) yaitu menentukan terlebih dahulu prosentase dari masing-masing agregat (tanpa mengubah persen lolos) kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian prosentase dengan persen lolos dari agregat.

Selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan dilihat apakah hasilnya mendekati nilai “ideal spec”. Selanjutnya dibuat grafik penggabungan agregat dan grafik spesifikasinya, setelah itu dihitung berat masing-masing fraksi yaitu prosentase fraksi dikali dengan kapasitas mould.

Berat masing-masing fraksi campuran ini, dibagi-bagi lagi berdasarkan ukuran saringan sesuai dengan prosentase tertahan agregatnya yang akan digunakan untuk pembuatan bricket uji.

B. Penentuan Berat Aspal Dalam Campuran

Setelah ditentukan kadar aspal yang akan digunakan dalam campuran, maka berat aspal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat aspal (gram)} = A \times B$$

Dimana :

$$A = \text{Kadar aspal (\%)}$$

B = Kapasitas mould (gram)

C. Penentuan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

Setelah diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dan berat jenis aspal, maka berat jenis dan penyerapan dari total agregat/campuran serta penyerapan aspal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

- Berat jenis bulk (G_{sb}) = $P_1 + P_2 + P_n$
(bulk specific gravity) $(P_1/G_1) (P_2/G_2) + (P_n/G_n)$
- Berat jenis semu (G_{sa}) = $P_1 + P_2 + P_n$
(apparent specific gravity) $(P_1/A_1) (P_2/A_2) + (P_n/A_n)$
- Berat jenis efektif (G_{se}) = $G_{sb} + G_{sa}$ (effective specific gravity)
- Penyerapan aspal (P_{ba}) = $G_{se} - G_{sb} \times G_a \times 100\%$ $G_{se} \times G_{sb}$

dimana :

G_{sb} = berat jenis bulk

G_{sa} = berat jenis semu/apparent

G_{se} = berat jenis efektif

P_{ba} = penyerapan aspal

G_a = berat jenis aspal

P_1, P_2, \dots, P_n =persentase berat dari komponen agregat 1,2,..n

G_1, G_2, \dots, G_n = berat jenis bulk dari masing-masing agregat

A_1, A_2, \dots, A_n = berat jenis apparent dari masing-masing agregat.

2.4.11 Job Mix Formula

1. Pengertian

Job Mix Formula (JMF) adalah percobaan campuran di AMP dan penghampan percobaan yang memenuhi ketentuan akan menjadikan rancangan campuran rencana (DMF) dapat disetujui sebagai rancangan campuran kerja (JMF).

2. Tujuan dan Fungsi

Tujuan dan Fungsi dari pekerjaan ini adalah untuk mengetahui Mutu campuran yang harus dikendalikan, terutama dalam toleransi yang diizinkan dalam spesifikasi. Dalam hal ini pengujian harus dilakukan di laboratorium.

Tahapan Pembuatan Job Mix Formula (JMF) Sebelum pekerjaan campuran beraspal dilaksanakan, perlu terlebih dahulu dibuat Design Mix Formula (DMF). DMF dapat disetujui menjadi JMF apabila dari hasil percobaan pencampuran di AMP dan percobaan pemadatan di lapangan telah memenuhi persyaratan.

Tahapan pembuatan JMF yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut, dan secara skematik diperlihatkan pada Bagan Alir di bawah Evaluasi jenis campuran beraspal yang digunakan

- a) Melakukan pengujian mutu aspal dan agregat dari tempat penyimpanan (stockpile)
- b) Melakukan penyiapan peralatan laboratorium

c) Pembuatan DMF berdasarkan material dari stock pile atau Cold Bin (bin dingin) , dengan kegiatan meliputi :

- Melakukan pengujian gradasi agregat dan menentukan kombinasi beberapa fraksi agregat sehingga memenuhi spesifikasi gradasi yang ditentukan.
- Menentukan kadar aspal rencana perkiraan (Pb)
- Melakukan pengujian Marshall dan volumetrik, rongga diantara agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM) dan rongga terisi aspal (VFA) dengan kadar aspal yang bervariasi.
- Mengevaluasi hasil pengujian dan menentukan kadar aspal optimum dari campuran

d) Melakukan kalibrasi bukaan pintu Cold Bin dan menentukan besarnya bukaan sesuai dengan proporsi yang telah diperoleh.

e) Melakukan pengambilan contoh agregat dari masing-masing Hot Bin (bin panas) dan selanjutnya melakukan pengujian gradasi agregat.

f) Pembuatan DMF berdasarkan material dari Hot Bin, dengan kegiatan meliputi:

- Melakukan pengujian gradasi agregat dan menentukan kombinasi beberapa fraksi agregat yang diambil dari bin panas. Gradasi campuran yang ditentukan harus

sesuai / mirip dengan gradasi yang direncanakan berdasarkan material dari cold bin.

- Melakukan pengujian Marshall dan volumetrik (VMA, VIM dan VFA) untuk mengetahui karakteristik dari campuran beraspal dengan kadar aspal yang bervariasi.
 - Mengevaluasi hasil pengujian dan menentukan kadar aspal optimum dari campuran, kadar aspal yang didapat akan sama / mendekati kadar aspal optimum yang diperoleh dari campuran yang berasal dari material cold bin.
- g) Melakukan percobaan pencampuran di unit pencampur aspal (AMP) dan mengevaluasinya.
 - h) Melakukan percobaan pemadatan di lapangan dan membandingkannya dengan kepadatan laboratorium serta mengevaluasinya.
 - i) Jika semua tahapan telah dilaksanakan dan telah memenuhi semua persyaratan, maka formula akhir tersebut disebut Job Mix Formula (JMF). Jika ada salah satu persyaratan yang tidak terpenuhi maka langkah-langkah tersebut harus diulang.

2.5 Marshall Test

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.5.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji

stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

Interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka

kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.5.3 Kepadatan

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus

(2) dan (3) di bawah ini :

$$g = c / f \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$f = d - e \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

2.5.4 VIM (Void In The Mix)

VIM (*Void In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat pourous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu

rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total ampunan setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak

Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.5.5 VFA (Void Filled With Asphalt)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 63%. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VMA dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$VFA = 100 \times \frac{100}{j} \dots\dots\dots (8)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$I = 100 - j \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.5.6 VMA (*Void In Mineral Agregate*)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA

menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.5.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Kiftheo Sanjaya Panungkelan, Oscar H. Kaseke, Mecky R. E. Manoppo, dengan judul “Pengaruh Jumlah Tumbukan Pematatan Benda Uji Terhadap Besaran Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Jenis Asphalt Concrete (Ac)”. Parameter pengujian yang digunakan adalah stabilitas Marshall, *flow*, Marshall Quotient, *voids in mix* (VIM), *voids in the mineral aggregate* (VMA), *voids filled with bitumen* (VFB). Berikut adalah hasil parameter marshall terhadap pengaruh Variasi jumlah tumbukan :

Dengan menggunakan komposisi agregat gabungan pada kadar aspal terbaik maka dilakukan pembuatan benda uji dengan jumlah tumbukan yang divariasikan yaitu 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 kali pada setiap sisi benda uji dan di uji untuk mendapatkan besaran-besaran Marshall kemudian dianalisis pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap besaran Marshall tersebut.

Tabel 2.10 Pengaruh variasi jumlah tumbukan AC-WC

Jumlah tumbukan	Stabilitas	Flow	VIM	VMA	VFB	Kepadatan
	(kg)	(mm)	(%)	(%)	(%)	
	Min. 800	2-4	3-5	Min. 15	Min. 65	
25	1091,9	4,790	8,957	19,576	54,245	2,196
50	1513,6	4,139	5,822	16,807	65,421	2,272
75	1847,6	3,847	4,505	15,643	71,203	2,304
100	2238,5	3,722	3,531	14,783	76,125	2,327
150	2721,3	3,652	1,914	13,355	85,666	2,366
200	2914,1	3,627	1,356	12,862	89,459	2,380
300	3051,4	3,618	0,506	12,111	95,824	2,400
400	3067,8	3,605	0,463	12,072	96,172	2,401

Sumber : hasil pengujian Oscar H.kasake dkk.

Tabel 2.11 Pengaruh variasi jumlah tumbukan AC-BC

Jumlah tumbukan	Stabilitas	Flow	VIM	VMA	VFB	Kepadatan
	(kg)	(mm)	(%)	(%)	(%)	-
	Min. 800	2-4	3-5	Min. 14	Min. 65	-
25	1059.4	4,635	8,744	18,600	52,992	2,219
50	1638.9	4,238	5,865	16,032	63,427	2,289
75	2058.5	3,905	4,617	14,919	69,058	2,320
100	2318.7	3,708	3,790	14,182	73,276	2,340
150	2633.1	3,679	2,594	13,115	80,250	2,369
200	2806.7	3,670	1,830	12,433	85,281	2,387
300	3091.4	3,634	1,390	11,922	88,075	2,398
400	3225.1	3,629	1,257	11,922	89,461	2,401

Sumber : hasil pengujian Oscar H.kasake dkk.

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian yang dilakukan di laboratorium maka dapat disimpulkan bahwa, Pengaruh variasi jumlah tumbukan pemadatan benda uji terhadap besaran Marshall untuk campuran AC-WC dan AC-BC yaitu semakin banyak jumlah tumbukan nilai stabilitas semakin tinggi, flow semakin rendah, VIM dan VMA semakin kecil dan VFB semakin besar.

Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk campuran AC-WC jumlah tumbukan terbaik berada pada tumbukan ke 77 dan untuk campuran AC-BC membutuhkan tumbukan yang lebih banyak yaitu 87 tumbukan. Untuk campuran AC-WC rentang jumlah tumbukan yang memenuhi spesifikasi berada antara tumbukan 60 sampai tumbukan 90 dan untuk campuran AC-BC rentang jumlah tumbukan yang memenuhi spesifikasi berada antara tumbukan 65 sampai tumbukan 110.

BAB III

METODE PENELITIAN

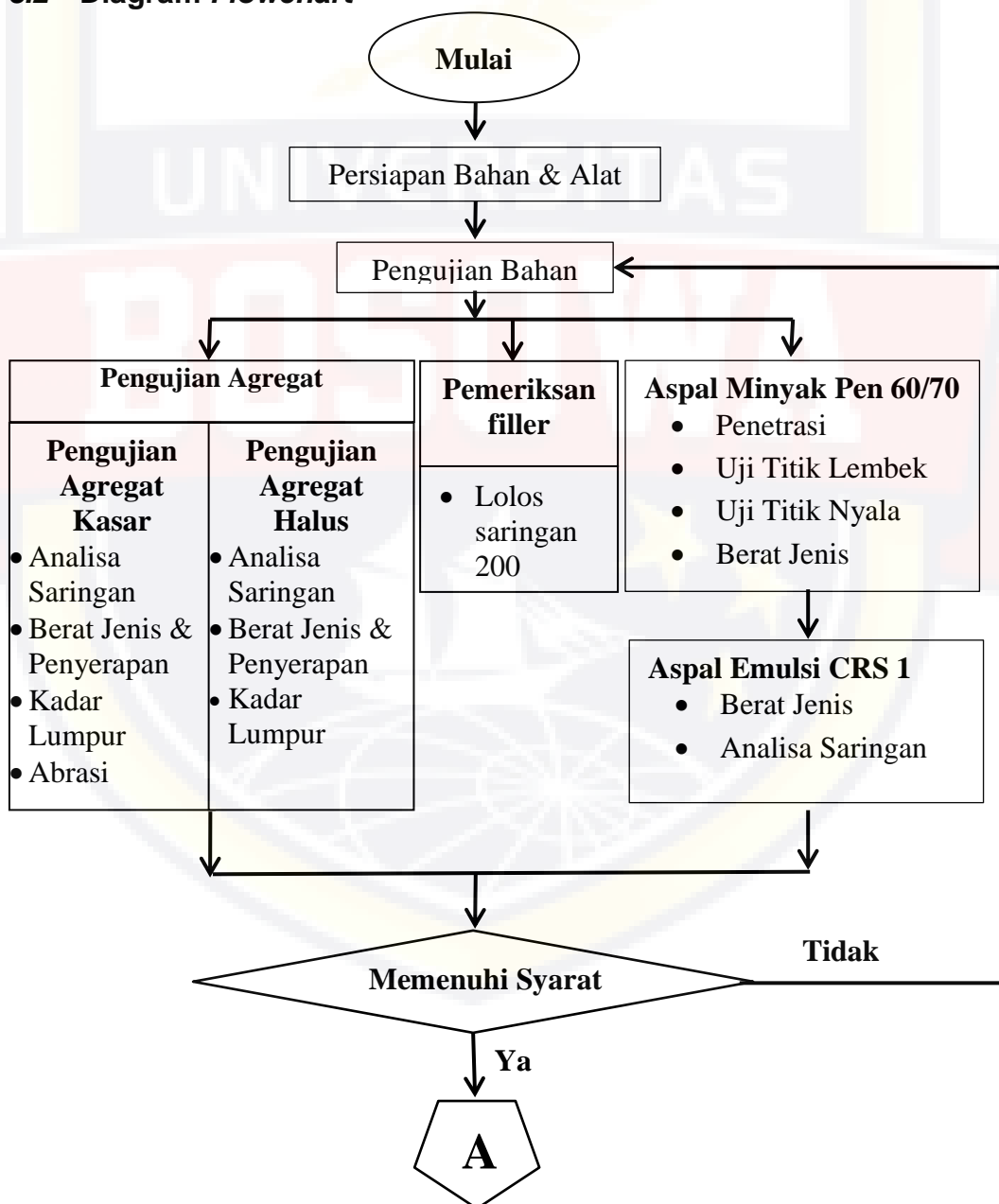
3.1 Metode Penelitian

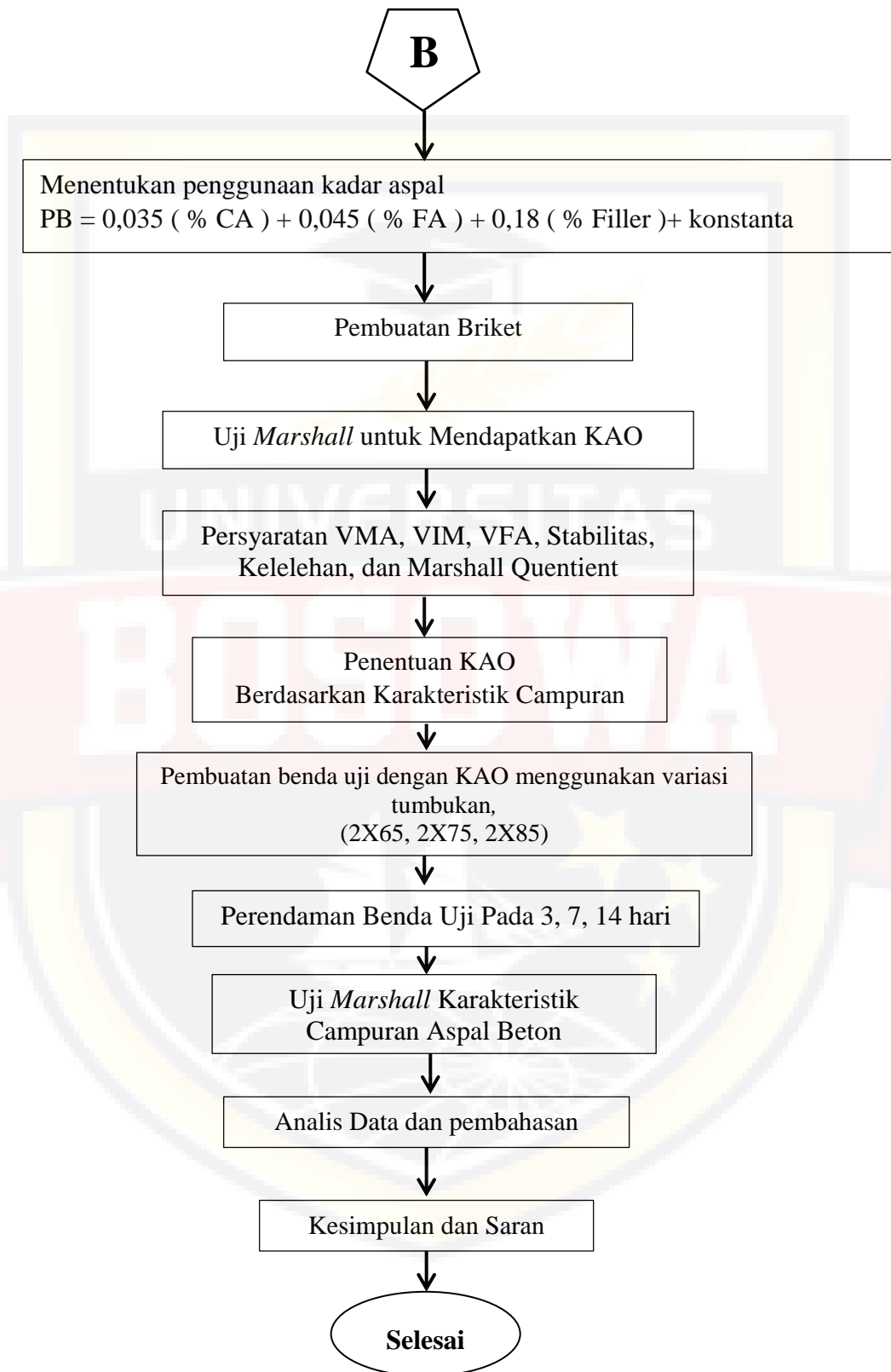
Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas dan aspal dingin, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal beton dengan campuran aspal minyak penetrasi 60/70 dan campuran aspal emulsi tipe crs 1, serta pencampuran agregat, aspal dan filler menggunakan metode kering yaitu agregat dan filler dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan.

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga pengujian pembakaran, penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menambahkan aspal minyak penetrasi 60/70 dan aspal emulsi tipe crs 1 sebagai bahan campur antara aspal beton dengan agregat. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah Metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-

hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

3.2 Diagram Flowchart





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.4 Pengujian Bahan

3.4.1 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4” dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Sedangkan menurut SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003) ketentuan pengujian bahan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini:

Tabel 3.1. Ketentuan Agregat kasar

Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi
A. Agregat Kasar		
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
SSD	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
Berat Jenis Semu	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
Penyerapan	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%
<i>Los Angles</i> /Abrasi	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%

3.4.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di atas saringan no. 200. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Menurut Sukirman (2003) ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi
B. Agregat Halus		
Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
SSD	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
Berat Jenis Semu	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cm ³
Penyerapan <i>Hot Bin</i>	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%

3.4.3 Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler* harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya *filler* juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah semen yang lolos saringan no.200. Menurut SNI (1994) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang *filler* dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3. Ketentuan Agregat *Filler*

No	karakteristik <i>Filler</i>	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Material yang lolos saringan No.200	SK SNI M-02-1994-03	%	70	-
3	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81		-	-

3.4.4 Pengujian Aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (1991) dan Sukirman (2003) dengan ketentuan pada Tabel 3.4 dibawah ini:

Tabel 3.4. Ketentuan Aspal Minyak

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
3	Viskositas 135° C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D 2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-

Tabel 3.5 Ketentuan untuk Aspal Emulsi CRS 1

Jenis Pengujian	Metode Uji	CRS 1	
		MIN	MAX
A. Aspal Emulsi			
1. Viskositas 25 c	SNI 03-6721	-	-
2. Viskositas 50 c	SNI 03-6721	20	100
3. Stabilitas Penyimpanan 24 jam	SNI 03-6828	-	1
4. Pemisahan; 35 mL; 08%	AASHTO T-59 Butir 7	40	-
5. Kemampuan penyelimutan & ketahanan terhadap air	SNI 03-3645		
- Penyelimutan, agregat kering		-	-
- Penyelimutan, agregat kering, setelah di semprot air		-	-
- Penyelimutan, agregat basah		-	-
- Penyelimutan, agregat basah, setelah disemprot air		-	-
6. Muatan Partikel	SNI 03-3644	POSITIF	
7. Analisis Saringan	SNI 03-3643	-	0,10
8. Uji Campuran semen	SNI 03-6830	-	-
9. Penyulingan	SNI 03-3642		
- Destilat Minyak		-	3
- Residu Penyulingan; %		60	-
B. Pengujian residu penyulingan			
1. Penetrasi 25 C	SNI 06-2456	100	250
2. Daktalitas 25 C	SNI 06-2432	40	-
3. Kelarutan Dalam Trikoloroetilena	SNI 06-2438	97,5	-

Catatan : SNI 4798:2011

3.5 Penentuan Jumlah Dan Pembuatan benda uji

Setelah bahan yang akan digunakan telah lulus uji, tahap selanjutnya adalah penentuan jumlah benda uji dan rancangan agregat gabungan serta pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum.

3.5.1 Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Perhitungan Benda uji

1. PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM					JUMLAH		
VARIASI KADAR ASPAL %		JUMLAH BENDA UJI					
		ASPAL MINYAK	ASPAL EMULSI				
5	3	3	3	6			
5.5	3	3	3	6			
6	3	3	3	6			
6.5	3	3	3	6			
7	3	3	3	6			
TOTAL				30			
2. PENGUJIAN MARSHALL KADAR ASPAL OPTIMUM							
KADAR ASPAL OPTIMUM %	WAKTU (MENIT/JAM)	ASPAL MINYAK	ASPAL EMULSI	JUMLAH			
KAO	30 MENIT	3	3	6			
KAO	24 JAM	3	3	6			
3. VARIASI JUMLAH TUMBUKAN							
KADAR ASPAL %	JUMLAH TUMBUKAN	SIKLUS HARI			ASPAL MINYAK	ASPAL EMULSI	JUMLAH
OPTIMUM	65	3	7	14	9	9	18
OPTIMUM	75	3	7	14	9	9	18
OPTIMUM	85	3	7	14	9	9	18
TOTAL							54

3.6 Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall untuk menentukan (KAO)

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton. Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-WC.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter Marshall, nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi diplot ke grafik dalam bentuk chart yang menunjukkan hubungan karakteristik Marshall terhadap kadar aspal campuran dimana semua karakteristik campuran memenuhi spesifikasi/persyaratan ditetapkan sebagai kadar aspal optimum.

3.7 Pengujian Benda Uji Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton. Prosedur pengetesan adalah

benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian melakukang perendaman berulang dengan 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, dilakukan perendaman dengan cara pada hari pertama direndam selama 24 jam dan hari kedua diangkat dan dilap, pada hari ketiga direndam kembali selama 24 jam, dan diulangi prosedur tersebut sampai 6 hari. Begitu pula dengan perendaman 7 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 14 hari dan perendaman 14 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 28 hari. Kemudian dikeluarkan benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang lalu kemudian tes dengan alat marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow. Setelah itu menganalisis dan mengolah data yang sudah di peroleh, kemudian buat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian,

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT.Semen Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70 dan Aspal Emulsi Tipe CRS 1 Produksi PT. Makmur Jaya Emulsi.

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1. - 4.3. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100,00	100,00	100,00	100
1/2"	12,5	56,62	100,00	100,00	100
3/8"	9,5	29,53	89,96	100,00	100
No.4	4,75	4,47	50,58	99,68	100
No. 8	2,36	0,99	21,12	90,50	100
No. 16	1,18	0,86	6,85	72,96	100
No. 30	0,6	0,84	2,73	58,48	100
NO. 50	0,3	0,77	2,52	39,22	100
No.100	0,14	0,73	1,92	21,43	100
No.200	0,075	0,47	1,79	6,86	95,16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1)

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{B_j}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_k - B_a} \\ \text{Penyerapan (Absorption)} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

- B_k = Berat benda kering oven
 B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)
 B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82			%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.63	-	-
2. SSD		2.68	-	-
3. Semu		2.77	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.00	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.66	-	-
2. SSD		2.72	-	-
3. Semu		2.84	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.33	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - B_t}$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t}$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

BK = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

BT = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-6819-2002	2.86	-	Gram
2. SSD		2.95	-	Gram
3. Semu		3,12	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.90	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70 dan Aspal Emulsi CRS 1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.4. sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	79	64,9	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	51	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	120	mm
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI -06-2433-1991	200	-	272,5	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	162	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4. 5. Hasil Pemeriksaan Aspal Emulsi CRS 1

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
2	Analisa Saringan	SNI 03-3643	-	0.1	0,001	%

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.3. Analisa Rancangan Campuran

- Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas dan campuran Aspal Dingin AC-WC yaitu menentukan masing-masing persentase dari

masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian presentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas dan campuran aspal dingin (*AC-WC Standar*) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 1 – 2 = 20%
- Batu Pecah 0,5-1 = 45%
- Abu Batu = 34%
- Filler = 1%

Contoh Perhitungan untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*AC – WC*) sebagai berikut :

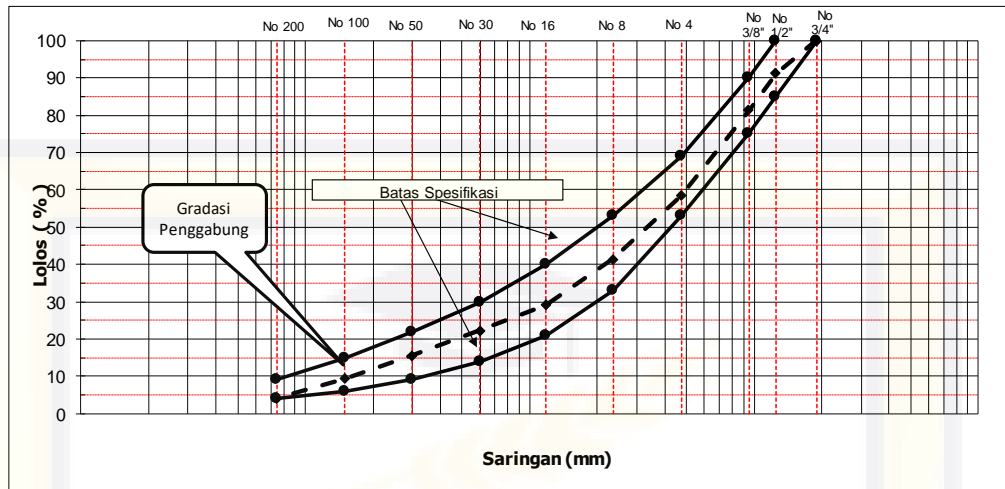
$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= sz \left[gn \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \right. \\ &\left. \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \right] \\ &= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{45}{100} \times 100 + \frac{34}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas dan Campuran aspal dingin (*AC-WC*) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.6. Rancangan Campuran AC-WC

No. Sari	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC		Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	
	3/4"	100,0	100,0	100,0	100	100,00	
1/2"	56,62	100,0	100,0	100	91,32		90-100
3/8"	29,53	89,96	100,0	100	81,39		77-90
#4	4,47	50,58	99,68	100	58,55		53-69
#8	0,99	21,12	90,50	100	41,47		33-53
#16	0,86	6,85	72,96	100	29,06		21-40
#30	0,84	2,73	58,48	100	22,28		14-30
#50	0,77	2,52	39,22	100	15,62		9-22
#100	0,73	1,92	21,43	100	9,30		6-15
#200	0,47	1,79	6,86	95,16	4,18		4-9
Komposisi Penggabungan Agregat (%)							
a. Batu pecah 1 - 2					20		
b. Batu pecah 0,5 - 1					45		
c. Abu batu					34		
d. Filler					1		
Total Luas Permukaan Agregat					<hr/>		
(M ² /Kg)					5,17		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (58,53) + 0.045 (37,29) + 0.18 (4,18) + 0,75 \\
 &= 5,23 \% \rightarrow 6 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = #3/4" - #8

$$= 100 - 41,47$$

$$= 58,53$$

Filler = #200

$$= 4,18$$

Agregat Halus = #8 - #200

$$= 41,47 - 4,18$$

$$= 37,29$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6 %, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 6% maka nilai tersebut adalah 5,0 % ; 5,5 % ; 6 % ; 6,5 % ; 7%.

4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas *mold* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dan aspal emulsi CRS 1 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk berat aspal dan berat agregat pada masing-masing kadar aspal dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.7. Komposisi campuran AC-WC

Kadar Aspal = 5 %		100 % - 5 %		= 95					
Hasil Combine									
BP 1- 2	20 %	x	95 %	=	0.19	x	1200	=	228,00
BP 0,5 - 1	45 %	x	95 %	=	0.43	x	1200	=	513,00
Abu Batu	34 %	x	95 %	=	0.32	x	1200	=	387,60
Filler	1 %	x	95 %	=	0.01	x	1200	=	11,40
Aspal	5 %	X					1200	=	60,00
									1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4.8. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal AC-WC Standar

Kadar aspal	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Batu Pecah 1 – 2	228,00	226,80	225,60	224,40	223,20
Batu Pecah 0,5 – 1	513,00	510,30	507,60	504,90	502,20
Abu Batu	387,60	385,56	383,52	381,48	379,44
Semen	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat serta berat jenis aspal diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.9. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	a	b	$c = \frac{(a+b)}{2}$
Batu Pecah 1 - 2	2,63	2,77	2,70
Batu Pecah 0,5 - 1	2,66	2,84	2,75
Abu batu	2,86	3,12	2,99
Filler		3,14	
Aspal		1,005	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, maka berat jenis gabungan agregat dapat dihitung sebagai berikut :

1. Untuk campuran aspal AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,63}\right) + \left(\frac{45\%}{2,66}\right) + \left(\frac{34\%}{2,86}\right)} \\ &= 2,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,77}\right) + \left(\frac{45\%}{2,84}\right) + \left(\frac{34\%}{2,12}\right)} \\ &= 2,92 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,75 + 2,92}{2} = 2,83 \text{ gram}$$

4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pada pengujian benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* dan *flow* benda uji.

4.3.1. Data Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Minyak

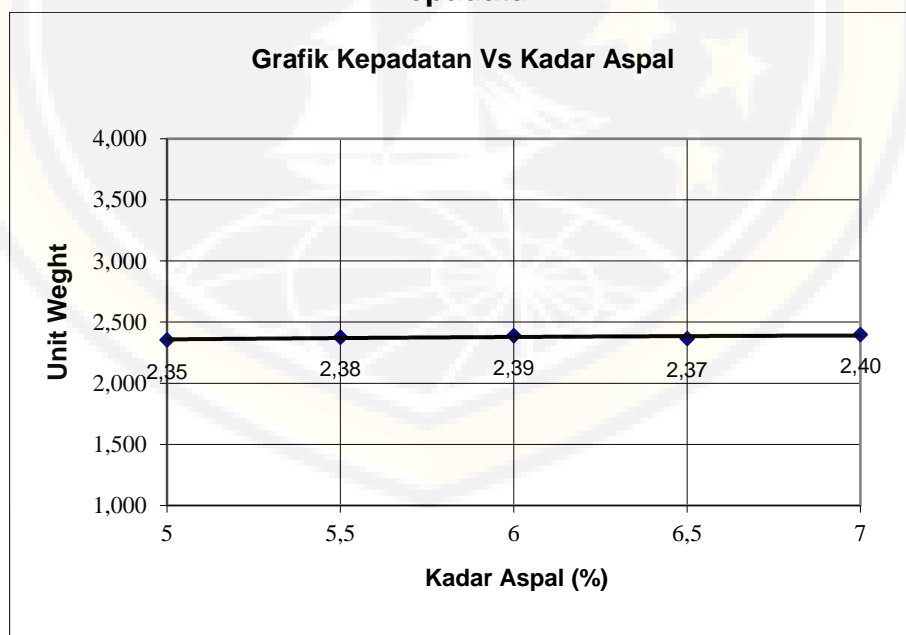
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada table di bawah ini :

Tabel 4.10. Hasil Marshall tes KAO Aspal Minyak

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.35	1709.78	2.57	677.4	9.29	18.58	47.04
5,5	2.38	1760.06	3.00	589.8	7.69	18.26	44.82
6	2.39	1624.29	2.53	648.1	6.40	18.23	65.23
6,5	2.37	1795.26	3.07	591.9	4.86	19.48	74.78
7	2.40	1382.91	3.17	443.6	4.46	18.76	75.01

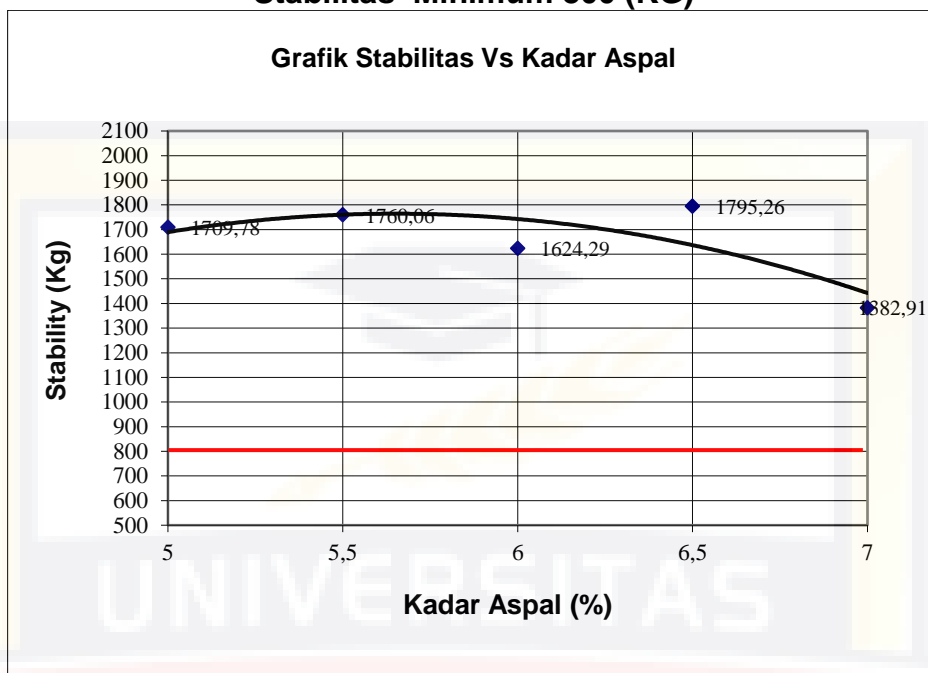
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kepadatan



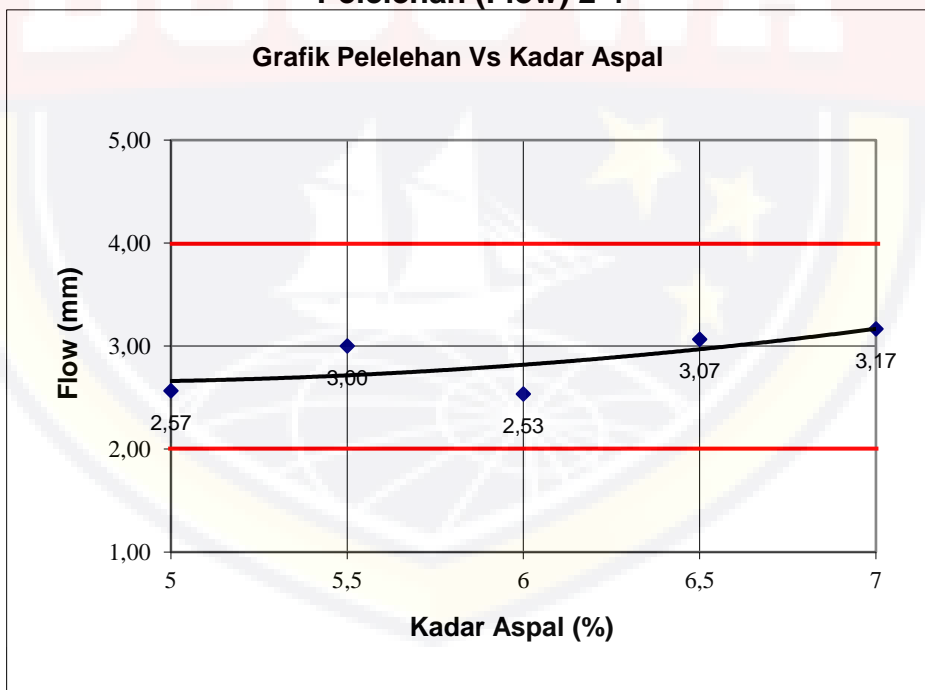
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



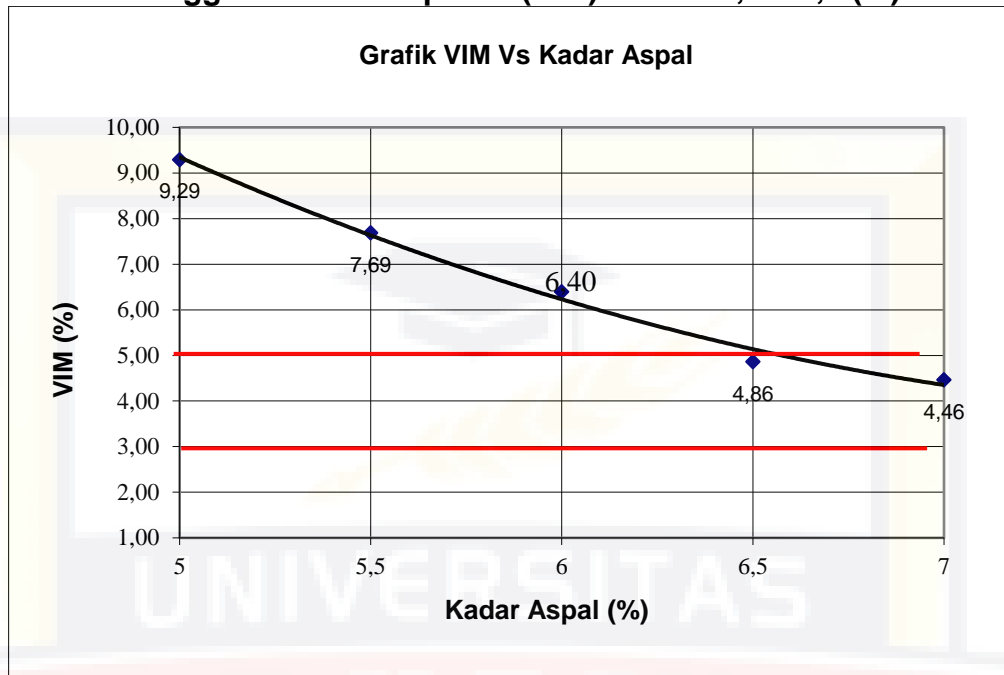
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



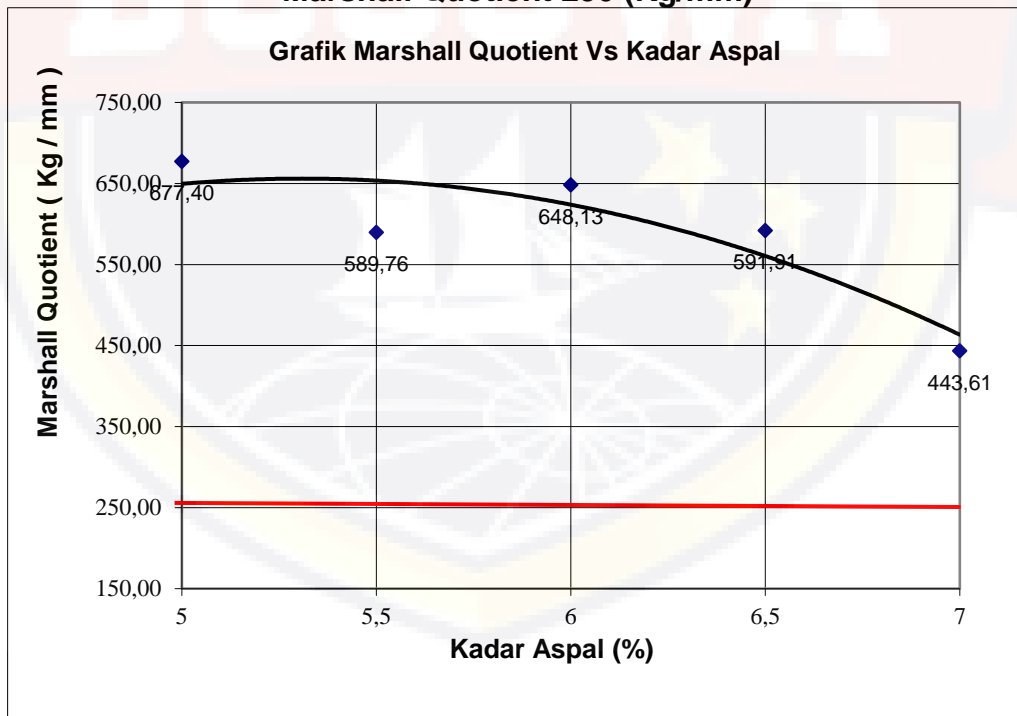
Gambar 4.2.c. Grafik Pelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 3,0 – 5,0 (%)



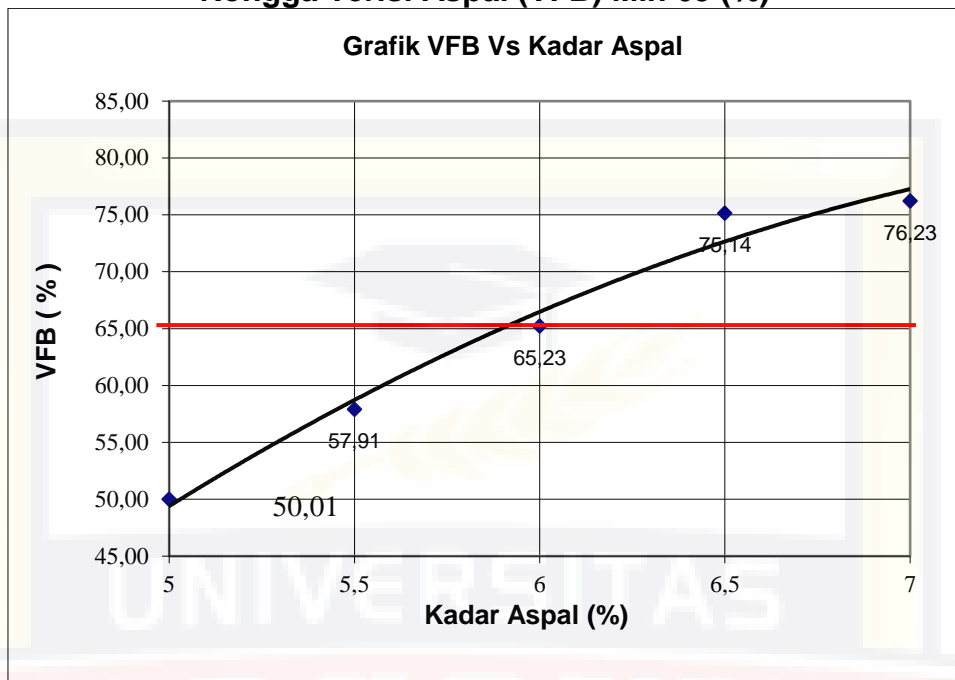
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



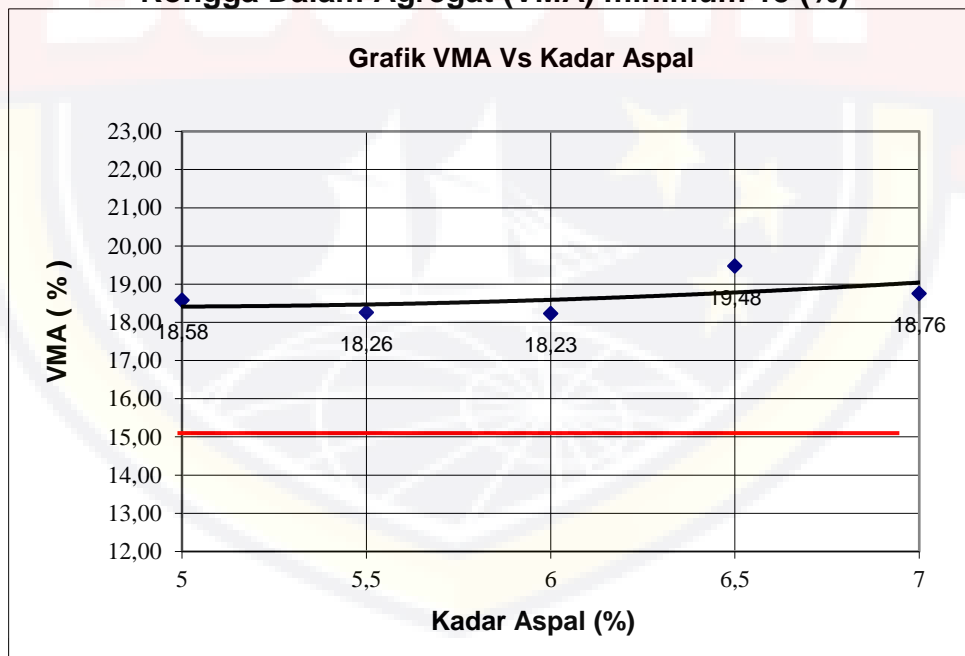
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

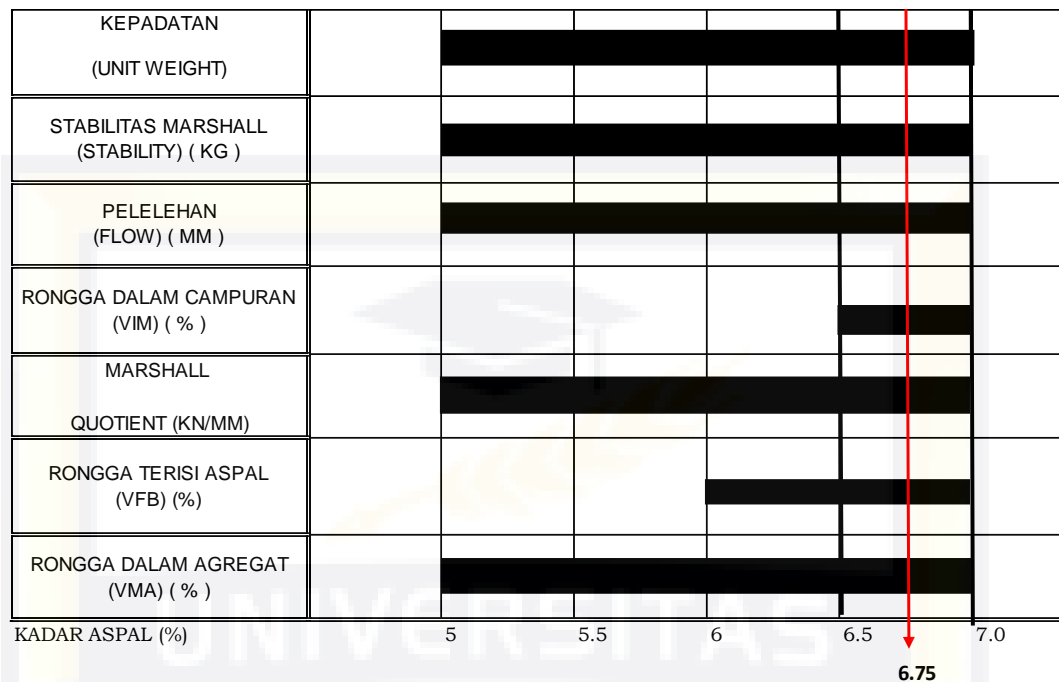


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4. 2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{6,5 \% + 7 \%}{2} = 6,75 \% \rightarrow 7 \%$$

Dari gambar kurva hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran AC-WC Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin rendah dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal.
- Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.

- c) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- d) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *MQ* akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *Vfb* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Vfb* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.
- f) Grafik hubungan antara *VMA* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase kadar aspal maka nilai *VMA* akan semakin tinggi.

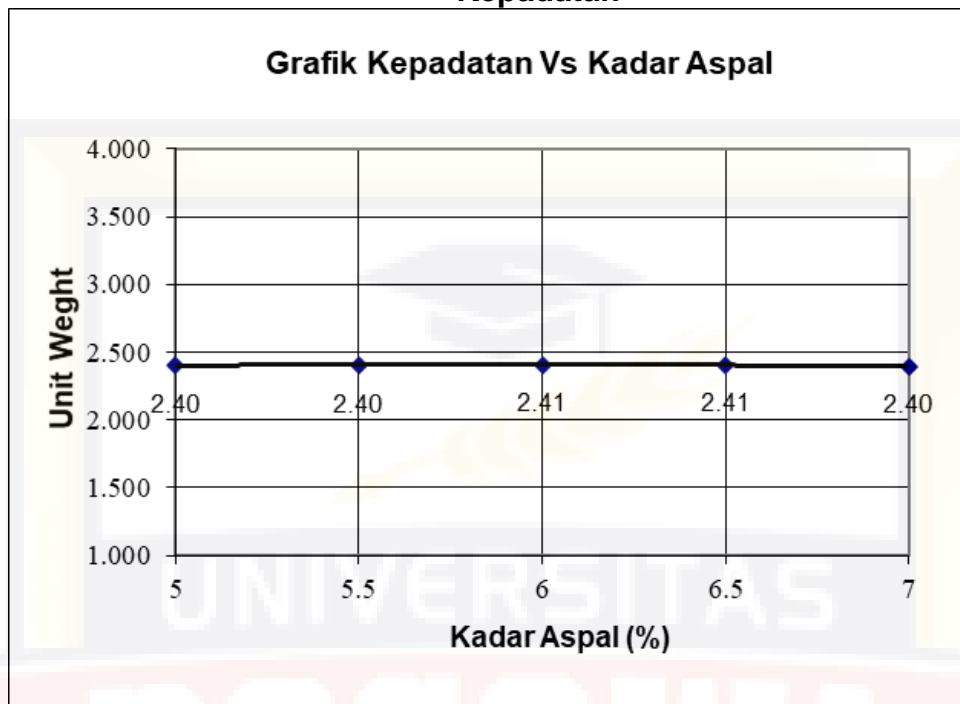
4.3.2. Data Uji Marshall untuk Penentuan KAO Aspal Emulsi

Tabel 4.11. Hasil Marshall tes KAO Aspal Emulsi

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.40	970.55	3.50	282.8	7.38	16.87	56.25
5,5	2.40	1035.92	3.27	324.0	6.59	17.28	61.89
6	2.41	1136.50	3.20	363.5	5.68	17.60	68.15
6,5	2.41	1066.10	3.23	332.4	4.95	18.08	72.62
7	2.40	1000.72	3.33	301.8	4.56	18.84	75.82

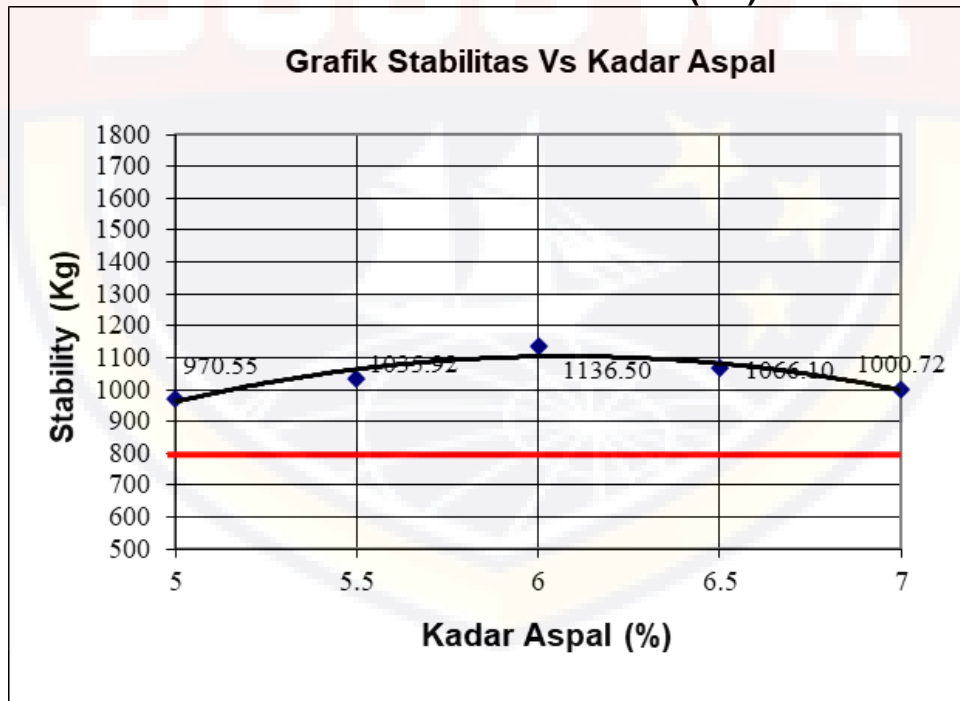
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.4. dan 4.5.

Kepadatan



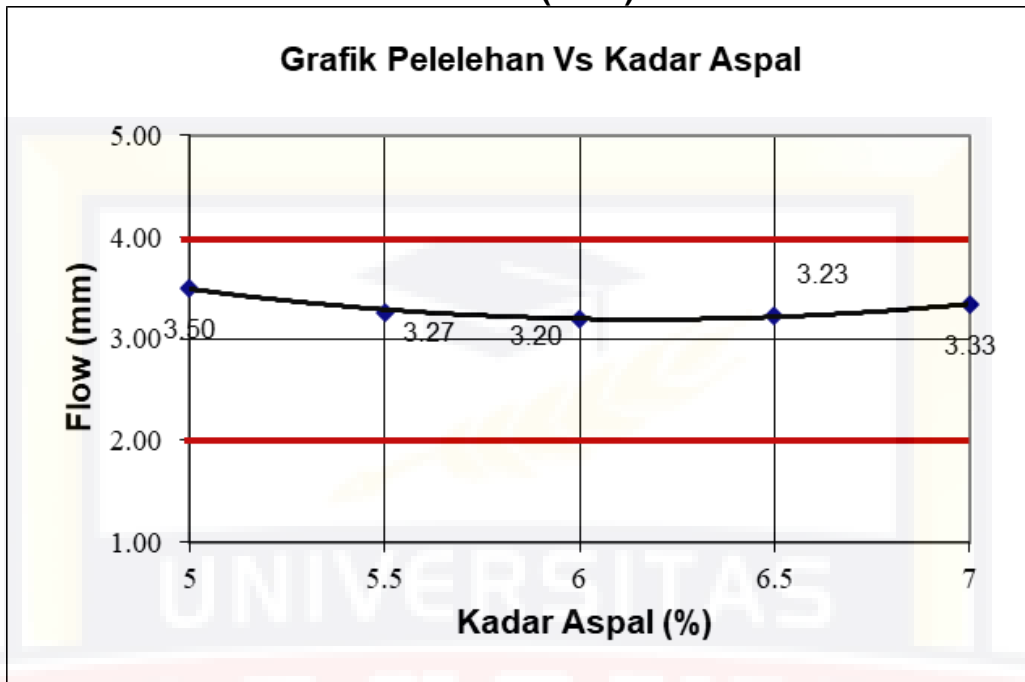
Gambar 4.4.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



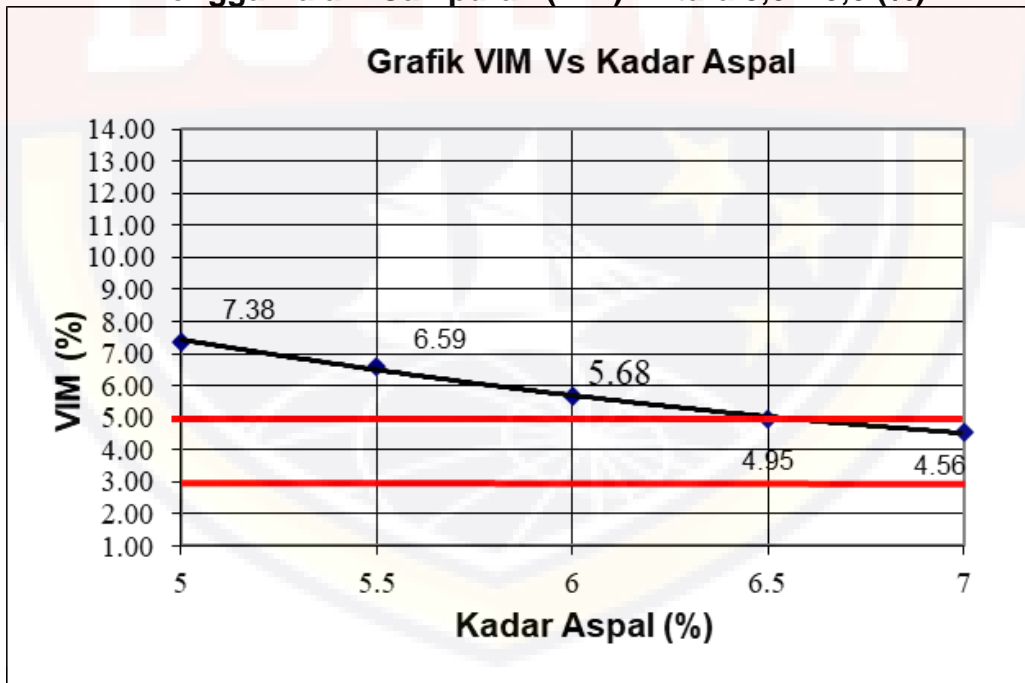
Gambar 4.4.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



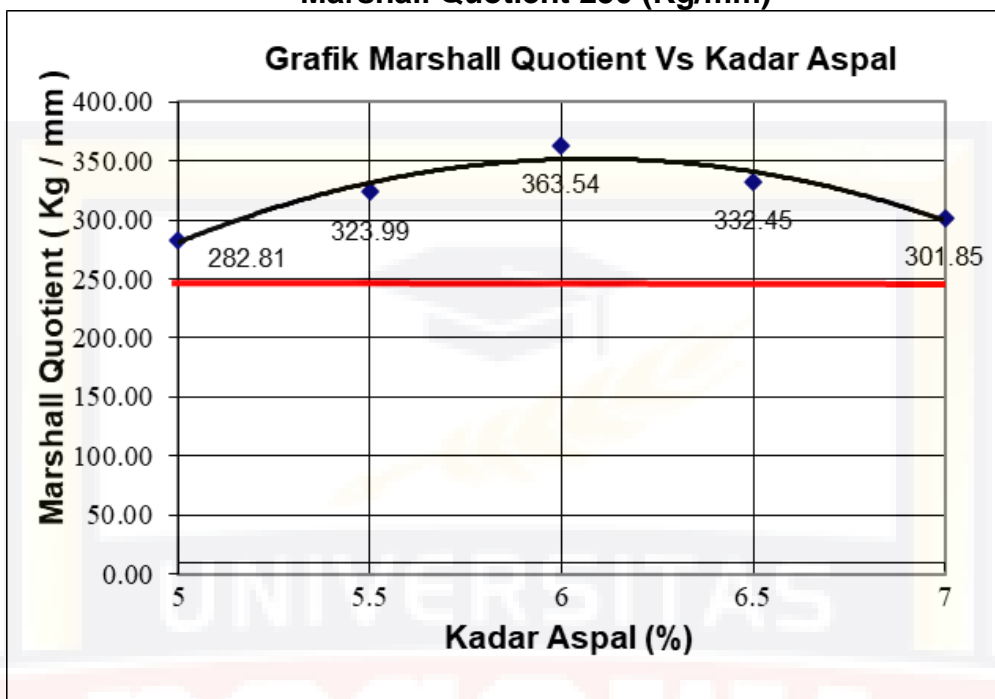
Gambar 4.4.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 3,0 – 5,0 (%)



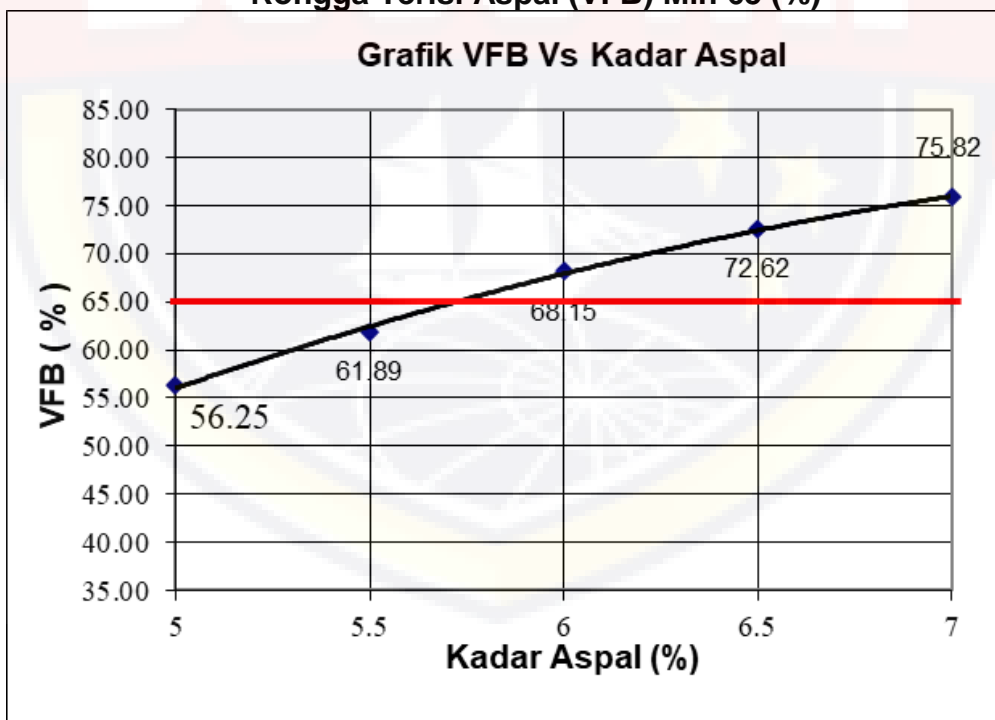
Gambar 4.4.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



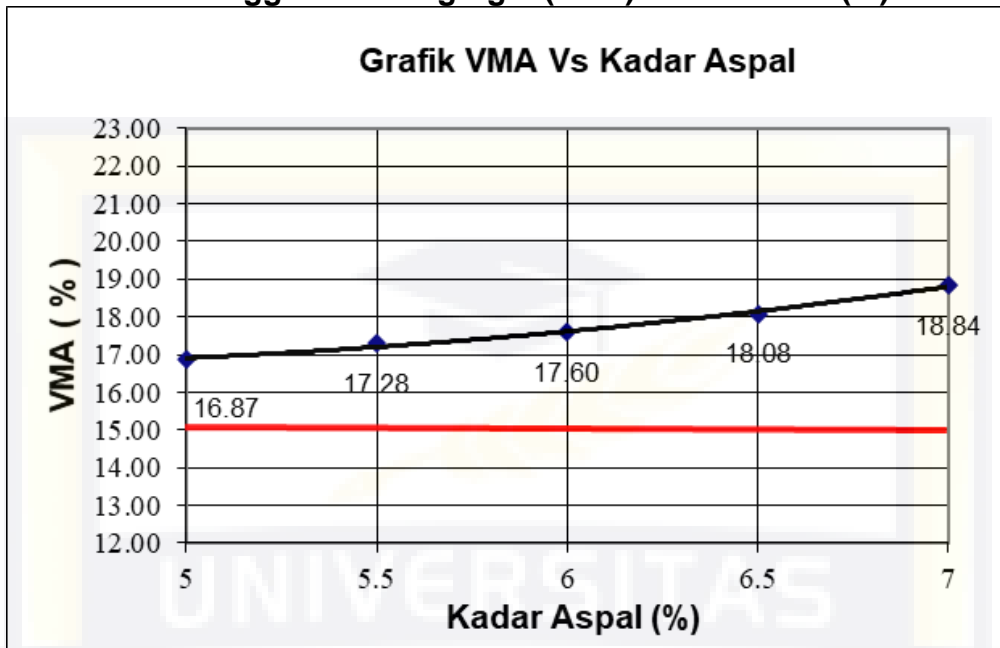
Gambar 4.4.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

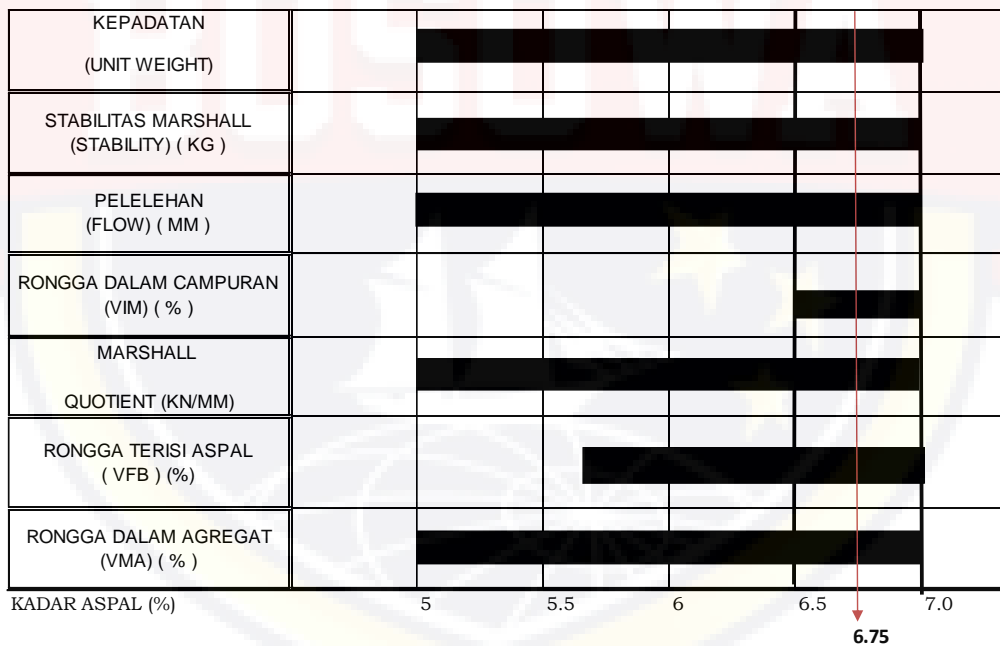


Gambar 4.4.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4.4.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.5 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned} \text{KADAR ASPAL OPTIMUM} &= \frac{6.5 + 7}{2} \\ &= 6.75\% \rightarrow 7\% \end{aligned}$$

Dari gambar kurva hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran AC-WC Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin rendah dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal.
- b) Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah *Flow* akan menurun dengan bertambahnya kadar aspal dan kemudian akan kembali naik seiring bertambahnya kadar aspal.
- c) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- d) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *Vfb* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Vfb* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.

f) Grafik hubungan antara VMA terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase kadar aspal maka nilai VMA akan semakin tinggi.

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan jumlah tumbukan

untuk campuran AC-WC didapat berat aspal dan agregat terhadap kadar aspal optimum sebagai berikut :

4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan jumlah tumbukan

Setelah diperoleh Karakteristik Marshall dengan Kadar Aspal Optimum yang telah ditentukan maka dilanjutkan untuk komposisi campuran.

Untuk campuran AC - WC dengan variasi jumlah tumbukan 65, 75, dan 85 pada perendaman berulang, 3 hari, 7 hari dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.12. Komposisi campuran menggunakan variasi jumlah tumbukan dengan perendaman berulang

Kadar Aspal = 7 %		100 % - 7 %		= 93					
Hasil Combine									
BP 1- 2	20 %	x	93 %	=	0.19	x	1200	=	223.20
BP 0,5 - 1	45 %	x	93 %	=	0.42	x	1200	=	502.20
Abu Batu	34 %	x	93 %	=	0.32	x	1200	=	379.44
Filler	1 %	x	93 %	=	0.01	x	1200	=	11.16
Aspal	7 %	X					1200	=	84,00
									1200

Ket: Satuan dalam gram

4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dan campuran aspal dingin dengan kadar aspal

optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2.40	2.40	-
2	Stabilitas (Kg)	1614,17	1599,27	Min 800
3	Flow (mm)	2,93	2.97	2-4
4	MQ (Kg/mm)	553,93	540,23	Min 250
5	VIM (%)	4,47	4,52	3-5
6	VMA (%)	18,77	18,81	Min 15
7	VFB (%)	76,18	75,97	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2.41	2.40	-
2	Stabilitas (Kg)	1007.24	1002.07	Min 800
3	Flow (mm)	3.30	3.37	2-4
4	MQ (Kg/mm)	305.93	300.02	Min 250
5	VIM (%)	4.00	4.46	3-5
6	VMA (%)	18.37	18.76	Min 15
7	VFB (%)	78.20	76.21	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas dan campuran aspal dingin AC-WC dengan perendaman berulang kedalam campuran aspal AC-WC menggunakan jumlah tumbukan 65,75, dan 85,

dengan perendaman selama 3, 7, dan 14 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas, Flow, VIM, Marshall Quotient, VMA, dan VFB*. Dapat dilihat pada perhitungan dibawah:

1. Aspal minyak

Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan jumlah tumbukan 65 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 65 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2.39	2.38	2.38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1570.26	1523.77	1482.45	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3.27	4.10	4.97	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4.81	5.11	5.42	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	19.05	19.31	19.57	Min 15
6	VFB (%)	75,97	74.77	73.54	72.46	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	495.85	381.15	305.14	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian Aspal Minyak dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.16. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan jumlah tumbukan 75 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 75 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1590,92	1546,12	1508,28	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3,00	3,98	4,73	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,61	4,87	5,21	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	18,88	19,10	19,39	Min 15
6	VFB (%)	75,97	75,91	74,53	73,16	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	537,32	390,47	324,49	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian aspal Minyak dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.17. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Minyak menggunakan Variasi jumlah tumbukan 85 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 85 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1647,74	1580,59	1539,27	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	2,80	3,67	4,20	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,42	4,73	5,13	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	18,72	18,99	19,32	Min 15
6	VFB (%)	75,97	76,39	75,07	73,47	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	604,49	441,98	369,69	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian aspal Minyak dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

2. Aspal Emulsi

Tabel 4.18. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan jumlah tumbukan 65 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 65 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,38	2,37	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	971,08	919,43	867,78	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,60	4,40	5,27	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	4,60	5,06	5,54	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,87	19,26	19,67	Min 15
6	VFB (%)	76,21	75,62	73,77	71,88	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	271,22	213,19	168,35	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian Aspal Emulsi dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.19. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan jumlah tumbukan 75 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 75 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	996,91	954,00	903,93	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,53	4,20	4,77	2 – 4
4	VIM (%)	4,46	4,51	4,87	5,12	3 – 5
5	VMA (%)	18,76	18,80	19,10	19,32	Min 15
6	VFB (%)	76,21	76,00	74,51	73,50	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	286,83	230,43	193,27	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian aspal Emulsi dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.20. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Emulsi menggunakan Variasi jumlah tumbukan 85 dengan perendaman berulang, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7 % 85 Tumbukan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,41	2,40	2,39	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	1017,57	986,58	934,93	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,27	3,93	4,40	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	3,91	4,53	4,87	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,28	18,82	19,10	Min 15
6	VFB (%)	76,21	78,66	75,91	74,54	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	321,16	254,24	215,88	Min 250

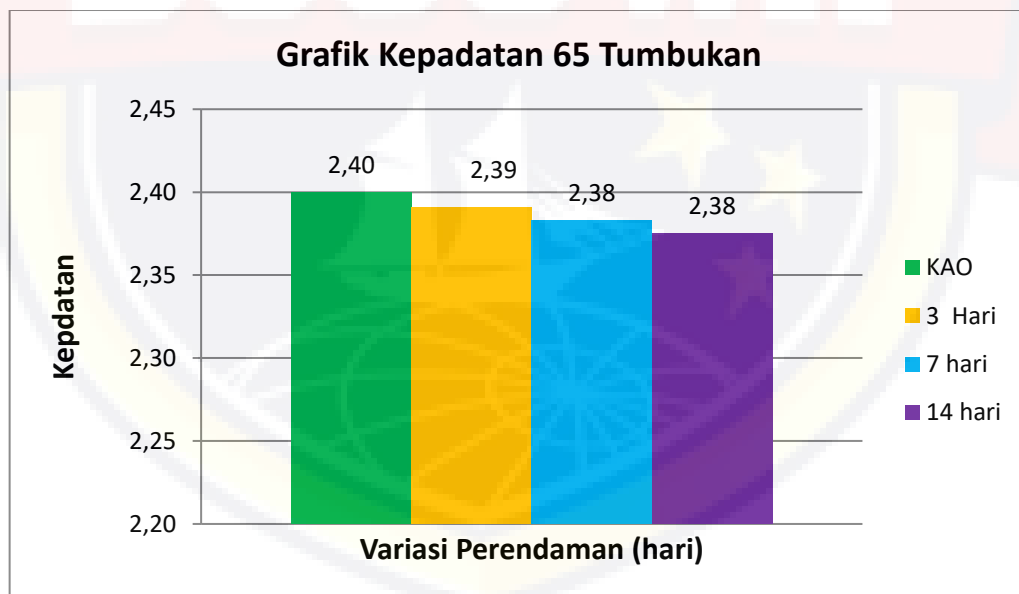
Sumber : Hasil Pengujian aspal Emulsi dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak pada Variasi Jumlah Tumbukan 65 dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Minyak menggunakan alat uji marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan perendaman berulang, dapat dilihat pada gambar 4.6 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC menggunakan aspal minyak pada kondisi kadar aspal optimum.

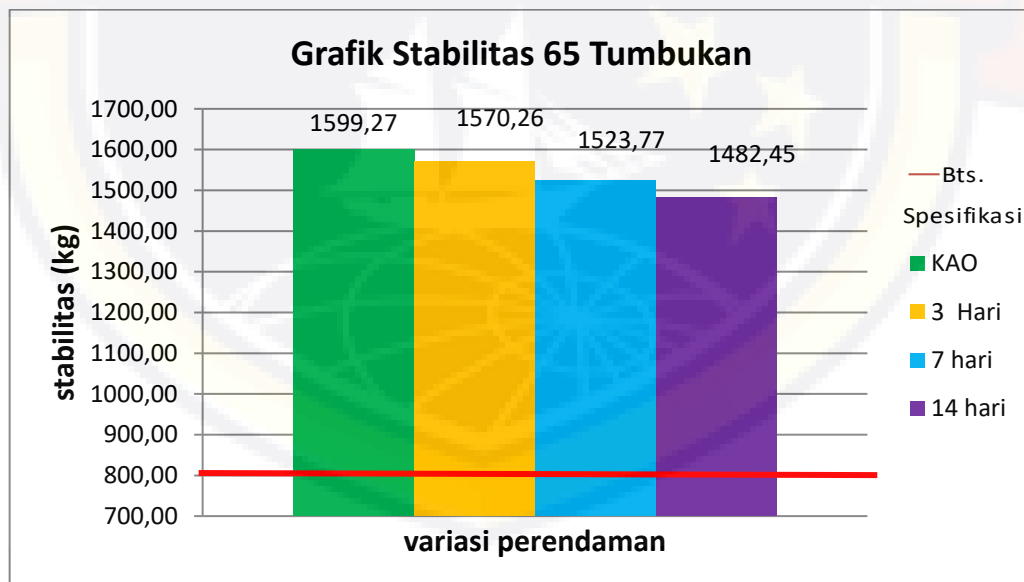


Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,39, pada hari ke 7 adalah 2,38 dan pada hari ke 14 adalah 2,38 bisa dikatakan nilainya hampir sama.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas diperlihatkan pada gambar 4.7.



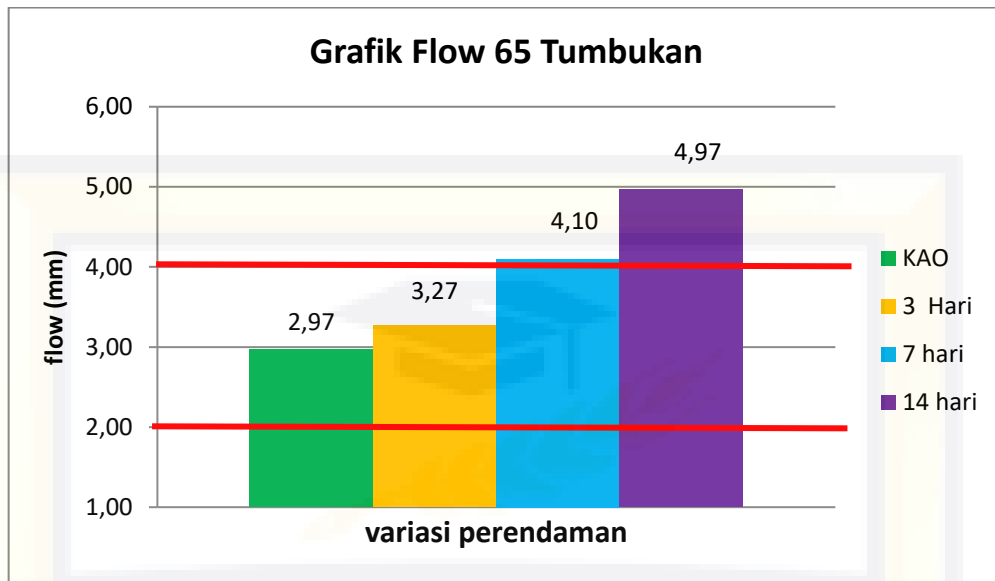
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.7. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang nilai stabilitas mengalami mengalami penurunan. Pada nilai KAO adalah 1599.27 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1570,26 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 1523,77 Kg dan niali pada perendaman ke 14 hari adalah 1482,45 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perendaman berulang dengan menggunakan air pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8

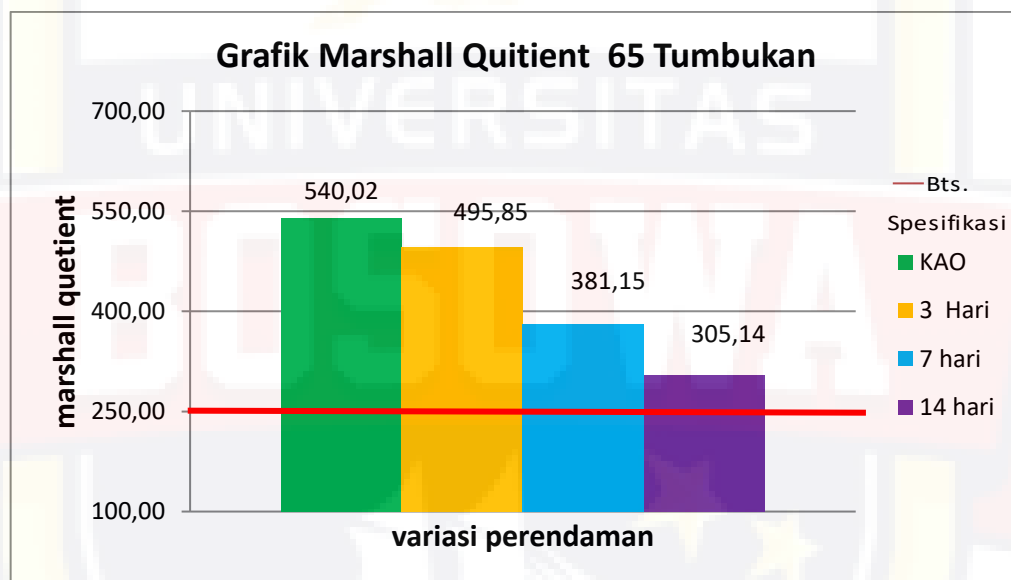


Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8. menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,97 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,27 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 4,10 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4.97 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 7, dan 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman air maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.9.



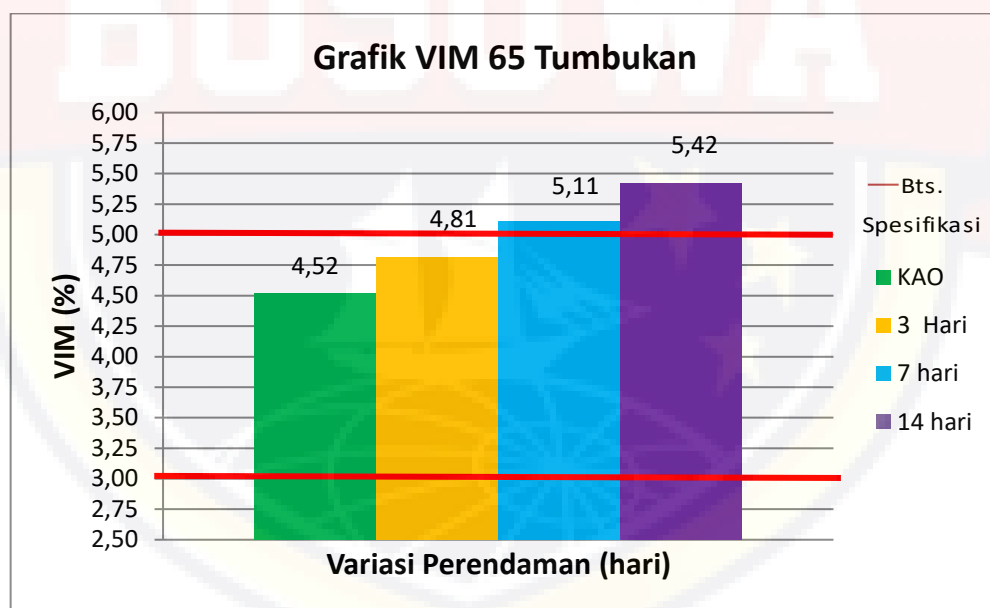
Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 540,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 495,85 Kg/mm, pada perendaman yang ke 7 hari adalah 381,15 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 305,14 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan namun tetap

memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh

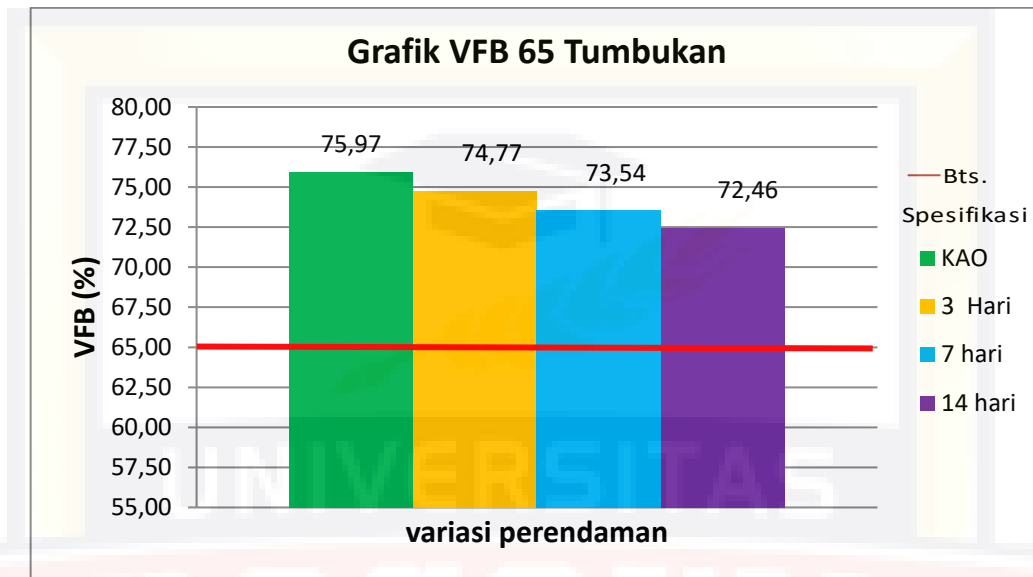
nilai *VIM*. pada nilai *KAO* adalah 4,52 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,81 %, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 5,11 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,42 % dengan syarat *VIM* 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang dengan air laut ke 7, dan 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, maka air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB* ini merupakan pada sifat kedap air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedap campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai *VFB* (*Void Filled Bitumen*) yang terlalu kecil akan menyebabkan kedap campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang

kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.



Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

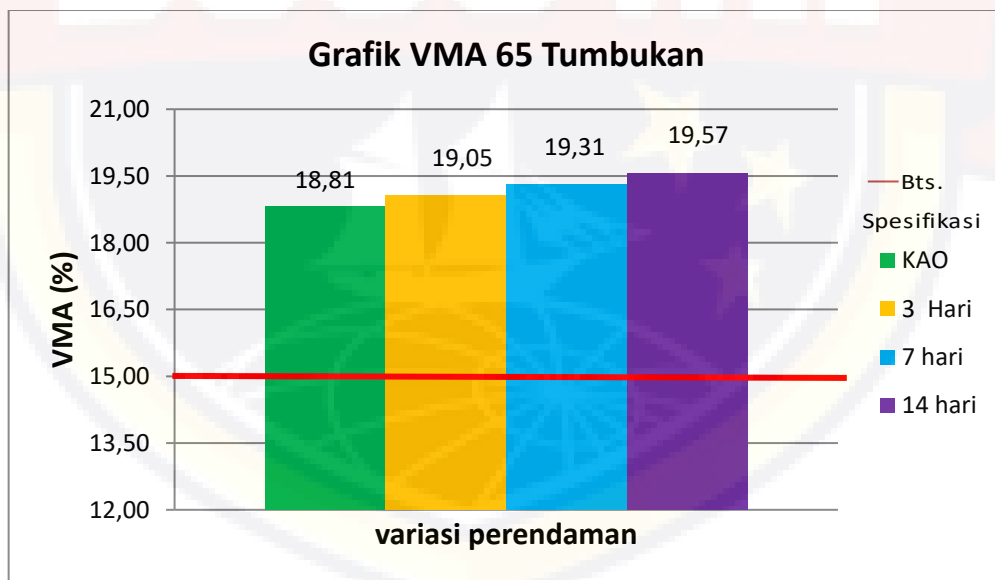
Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 75,97 %, pada perendaman 3 hari adalah 74,77 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 73,54 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 72,46 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat mehyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukurann butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (Aspal Minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA.

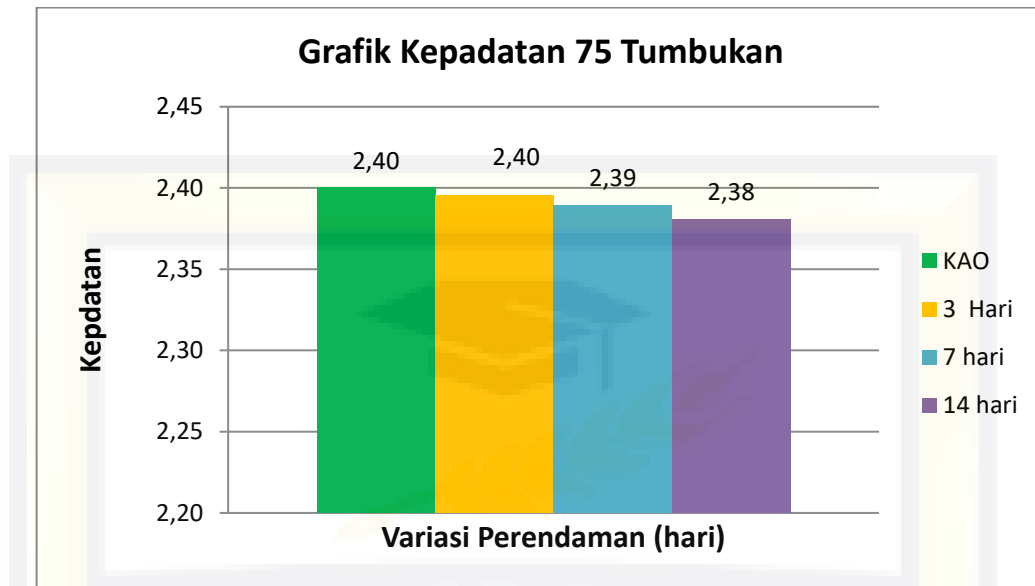
Pada sampel KAO adalah 18.81 %, pada perendaman 3 hari adalah 19,05 %, pada perendaman 7 hari adalah 19,31 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,57 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak dan pada Variasi Jumlah Tumbukan 75 dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Minyak menggunakan alat uji marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah . Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan perendman berulang, dapat dilihat pada gambar 4.13 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC menggunakan aspal minyak pada kondisi kadar aspal optimum.



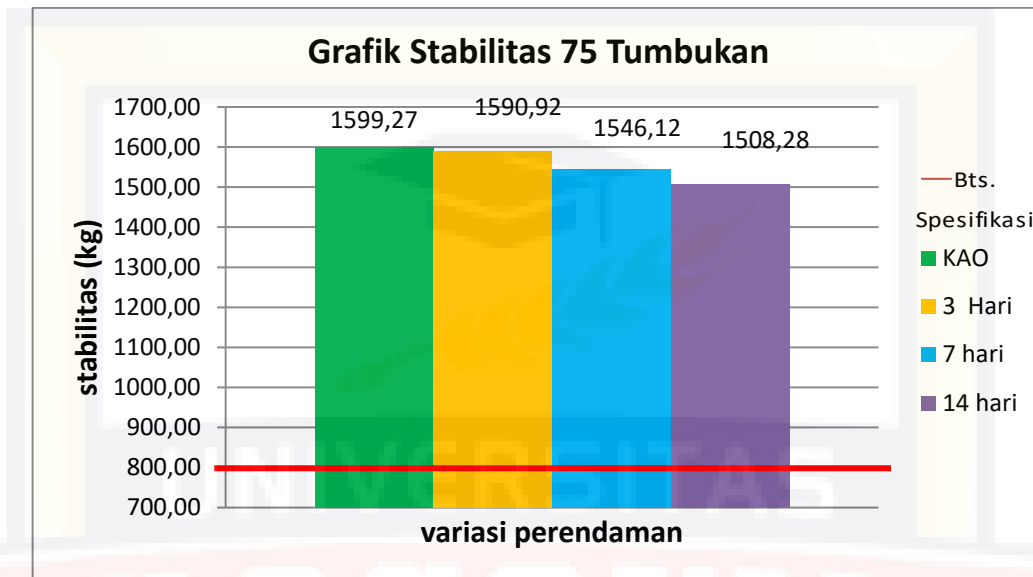
Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,40, pada hari ke 7 adalah 2,39 dan pada hari ke 14 adalah 2,38 bisa dikatan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pemebebanan.

b. **Stabilitas Minimum 800 (Kg)**

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian

stabilitas dengan perendaman berulang pada kadar aspal optimum menggunakan aspal minyak diperlihatkan pada gambar 4.14.



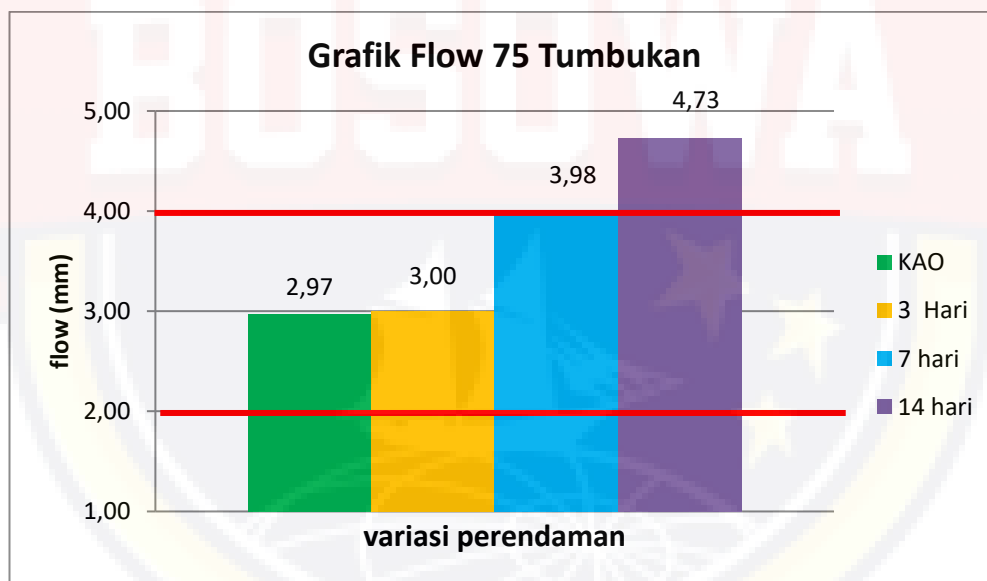
Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.14. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang nilai stabilitas mengalami mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1599.27 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1590,92 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 1546,12 Kg dan nilai pada perendaman ke 14 hari adalah 1508,28 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan

berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya. Grafik nilai *Flow* dapat dilihat pada gambar 4.15



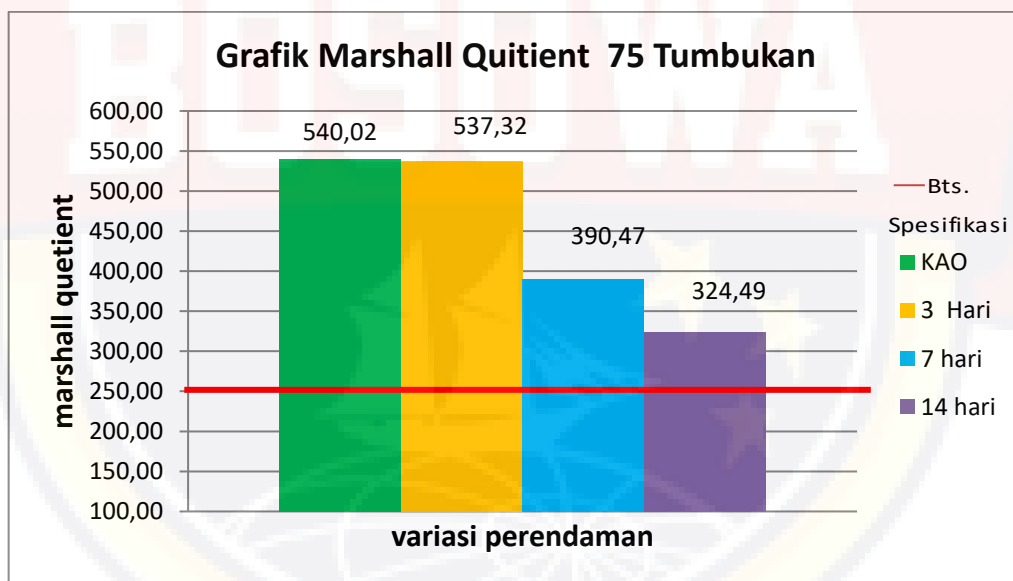
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.15. menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,97 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,00 mm, pada perendaman

ke 7 hari adalah 3,98 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4.73 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Jadi semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ dapat dilihat pada gambar 4.16.



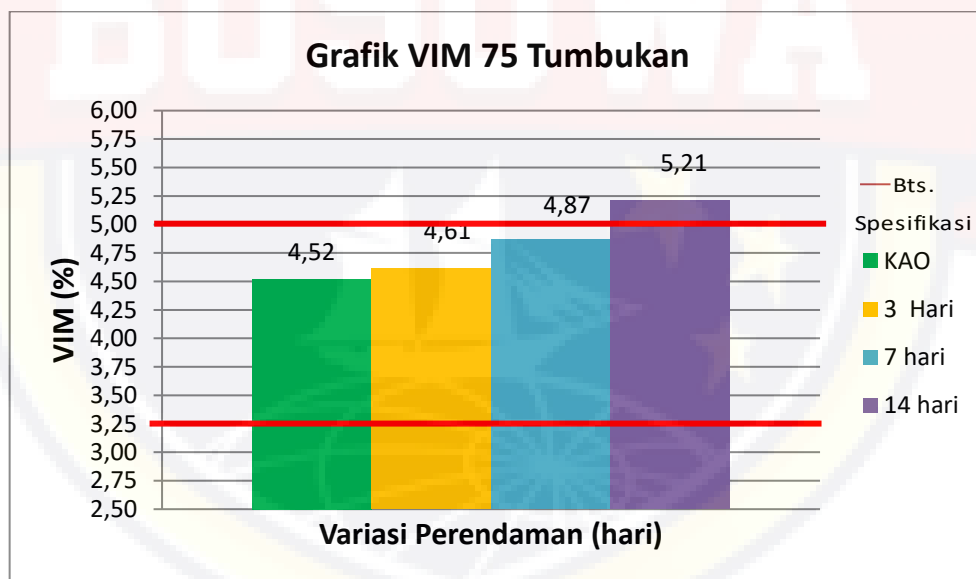
Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 540,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 537,32 Kg/mm, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 390,47 kg/mm, dan pada

perendaman yang ke 14 hari adalah 324,49 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi MQ. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM adalah parameter berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai VIM dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh

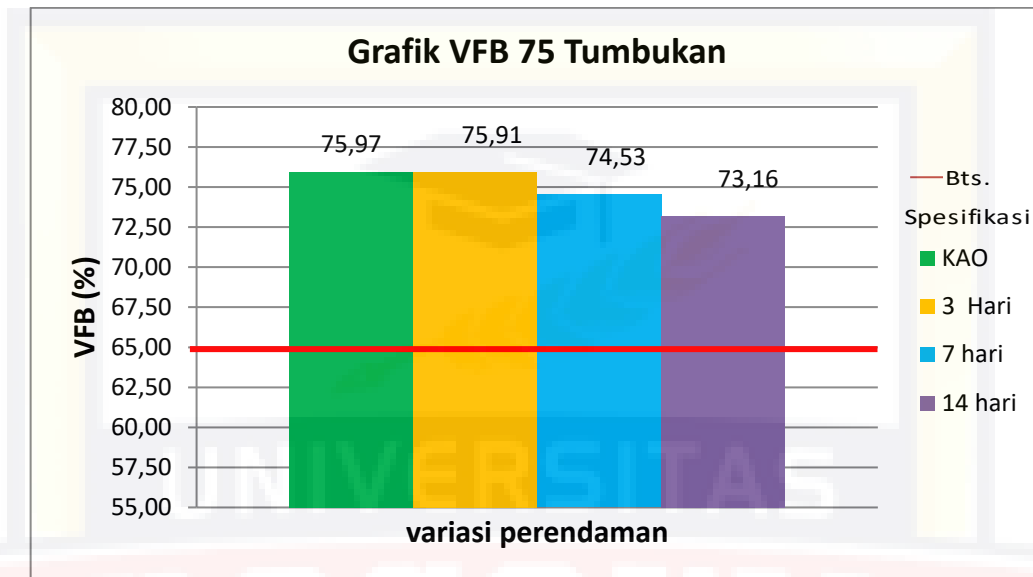
nilai *VIM*. pada nilai *KAO* adalah 4,52 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,61 %, pada perendaman yang ke 7 hari adalah 4,87 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,21 % dengan syarat *VIM* 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, maka air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

VFB (*Void Filled Bitumen*), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB* ini merupakan pada sifat kededapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kededapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai *VFB* (*Void Filled Bitumen*) yang terlalu kecil akan menyebabkan kededapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang

kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.



Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

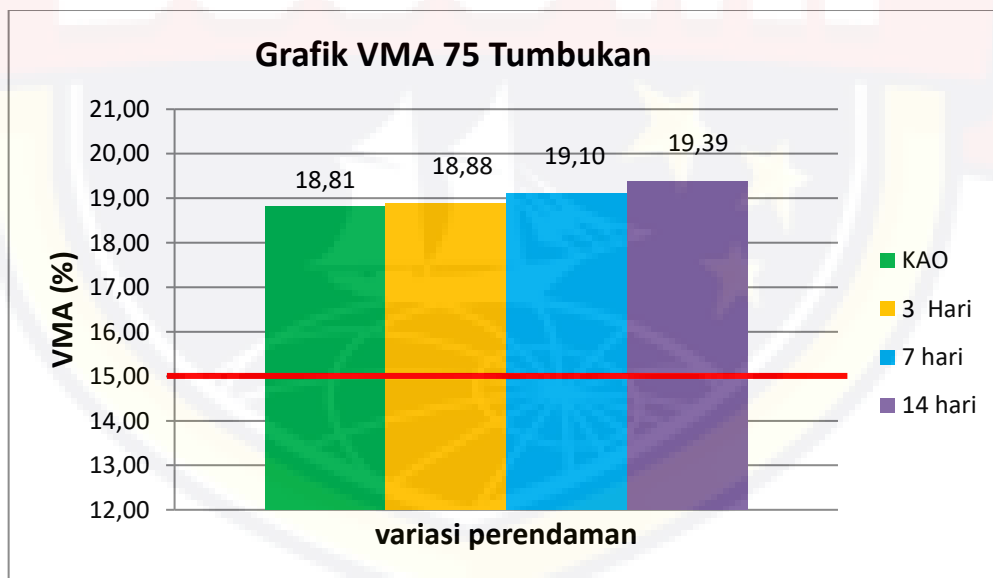
Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 75,97 %, pada perendaman 3 hari adalah 75,91 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 74,53 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 73,16 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat menyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukurann butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA.

Pada sampel tanpa rendaman adalah 18.81 %, pada perendaman 3 hari adalah 18,88%, pada perendaman 7 hari adalah 19,10 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,39 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

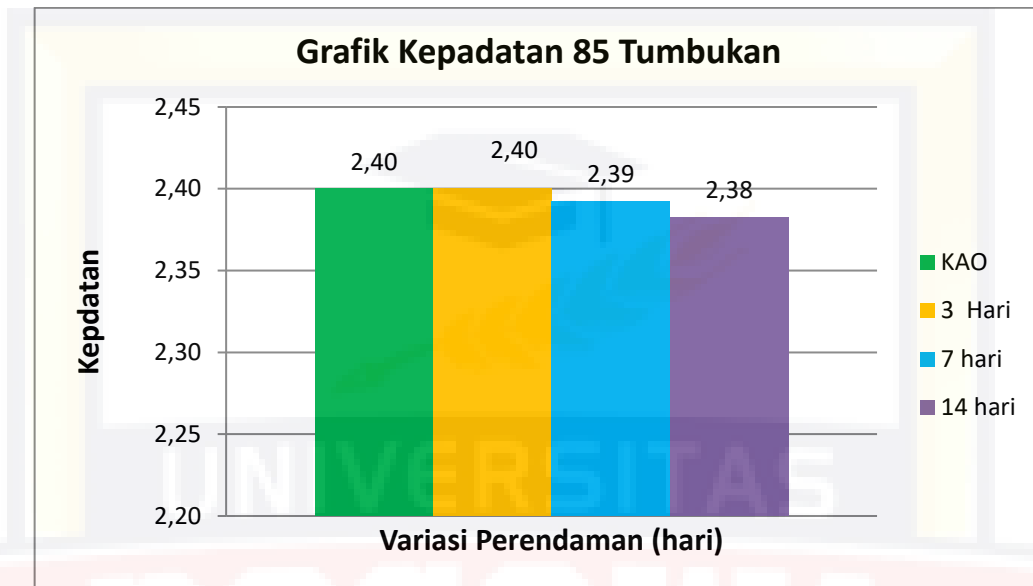
4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Aspal Minyak pada Variasi Jumlah Tumbukan 85 dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Minyak menggunakan alat uji marshall maka akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah . Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan perendman berulang, dapat dilihat pada gambar 4.20 untuk

campuran beton aspal lapis aus AC-WC menggunakan aspal minyak pada kondisi kadar aspal optimum.



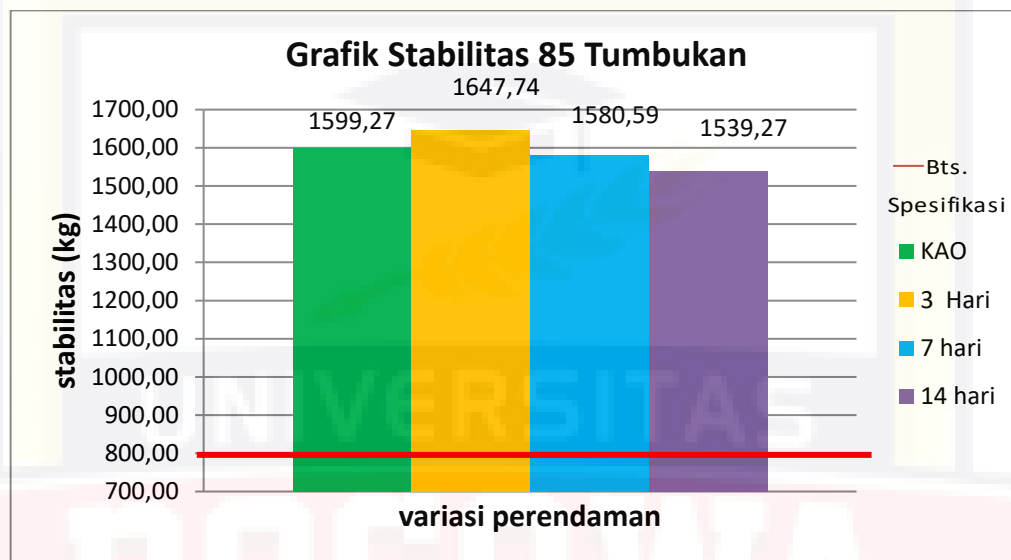
Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 dapat dilihat bahwa variasi jumlah tumbukan di rendam secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kepadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,40, pada hari ke 7 adalah 2,39 dan pada hari ke 14 adalah 2,38 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. **Stabilitas Minimum 800 (Kg)**

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan

mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan perendaman berulang pada kadar aspal optimum menggunakan aspal minyak diperlihatkan pada gambar 4.21.



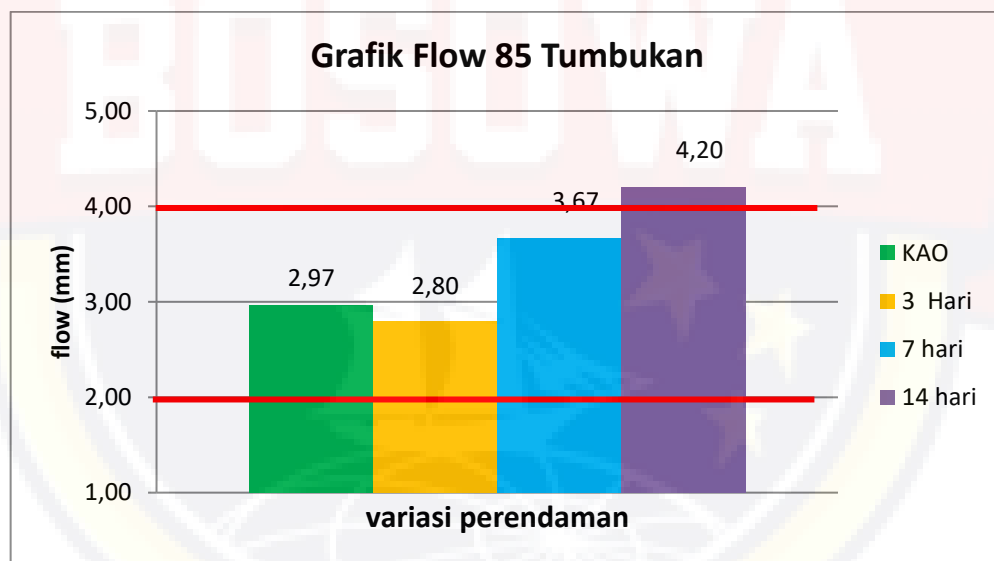
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.21. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang. Nilai stabilitas mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1599.27 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1647,74 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 1580,59 Kg dan nilai pada perendaman ke 14 hari adalah 1539,27 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan

berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya. Grafik nilai *Flow* dilihat pada gambar 4.22



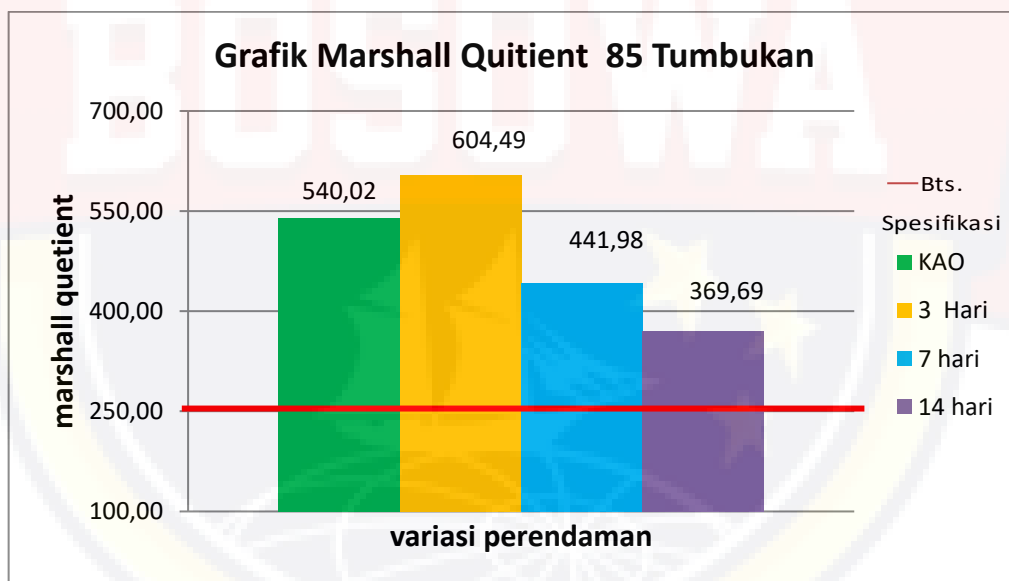
Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,97 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 2,80 mm, pada

perendaman ke 7 hari adalah 3,67 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4.20 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Semakin lama perendaman, maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quesient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quesient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ dapat dilihat pada gambar 4.23.



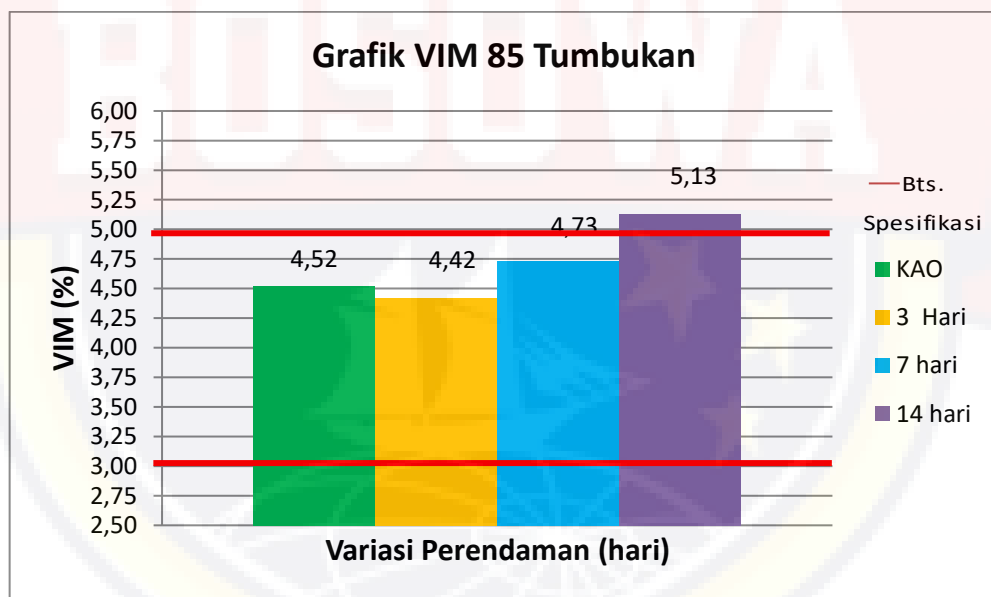
Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient pada KAO adalah 540,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 604,49 Kg/mm, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 441,98 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 369,69 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas

bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

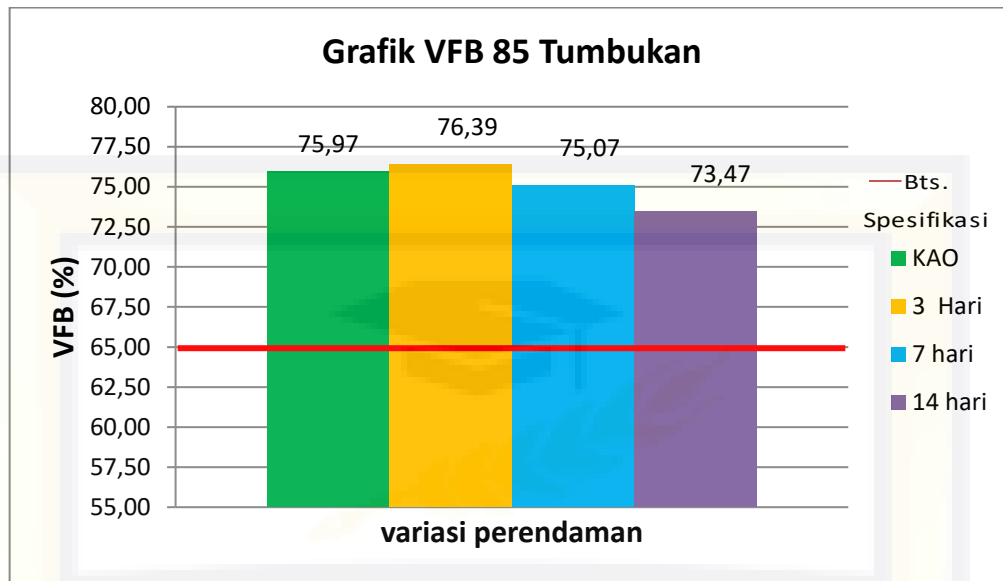
Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh pada nilai *VIM*. pada nilai KAO adalah 4,52 % , pada perendaman 3 hari

adalah 4,42 %, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 4,73 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,13 % dengan syarat VIM 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 (%)

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai VFB ini merupakan sifat kedap air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai VFB yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedap campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai VFB (Void Filled Bitumen) yang terlalu kecil akan menyebabkan kedap campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal.



Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 75,97 %, pada perendaman 3 hari adalah 76,39 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 75,07 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 73,47 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa vaiasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat menyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

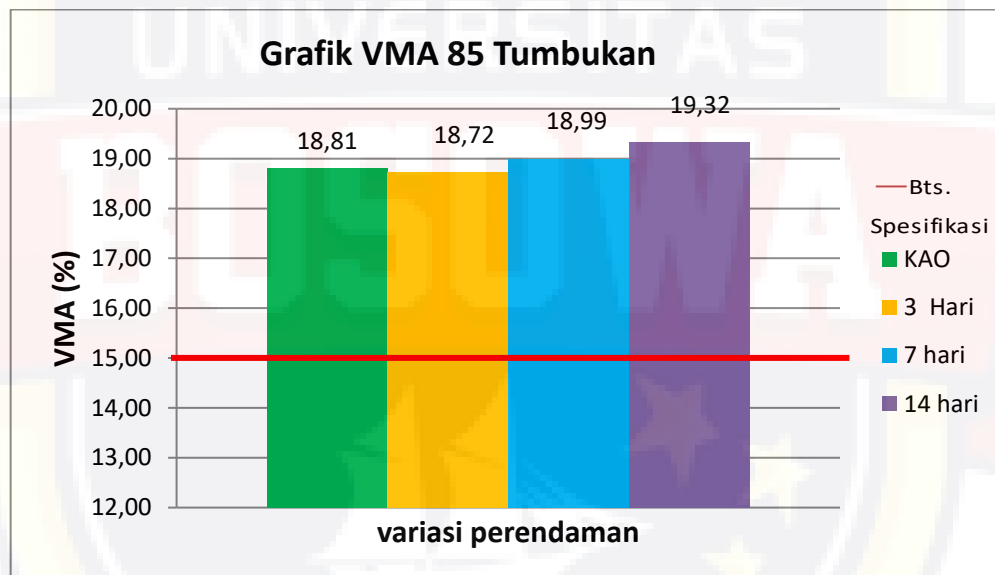
g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif.

Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal minyak) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

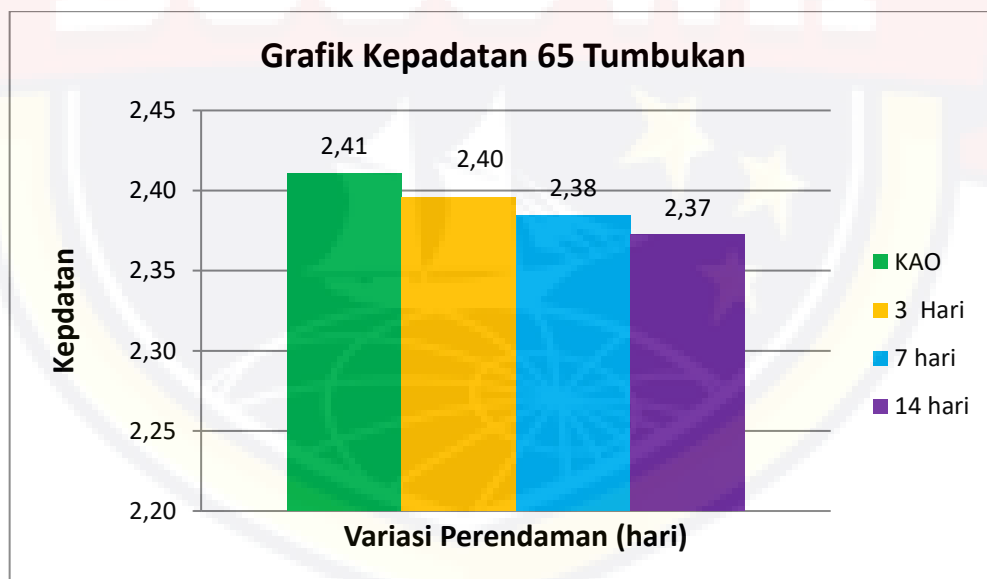
Dari gambar 4.26 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA. Pada sampel tanpa rendaman adalah 18,81 %, pada perendaman 3 hari adalah 18,72%, pada perendaman 7 hari adalah 18,99 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,32 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh.

4.4.6. Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi Pada Variasi jumlah Tumbukan 65 Dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Emulsi menggunakan alat uji marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan. Nilai kepadatan dapat dilihat pada gambar 4.27

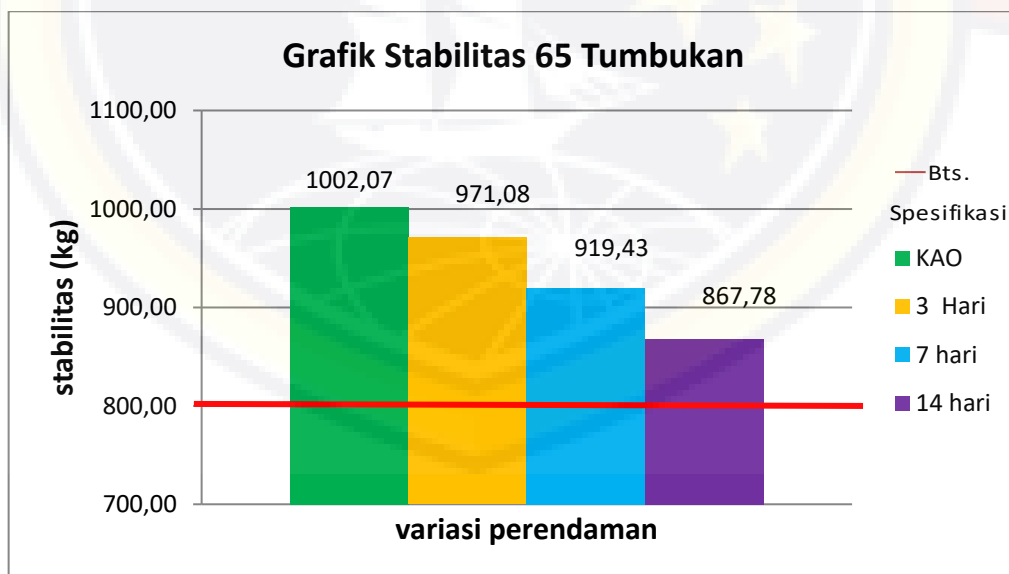


Gambar 4.27 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.27 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,41, pada hari ke 3 adalah 2,40, pada hari ke 7 adalah 2,38 dan pada hari ke 14 adalah 2,37 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan perendaman berulang diperlihatkan pada gambar 4.28.



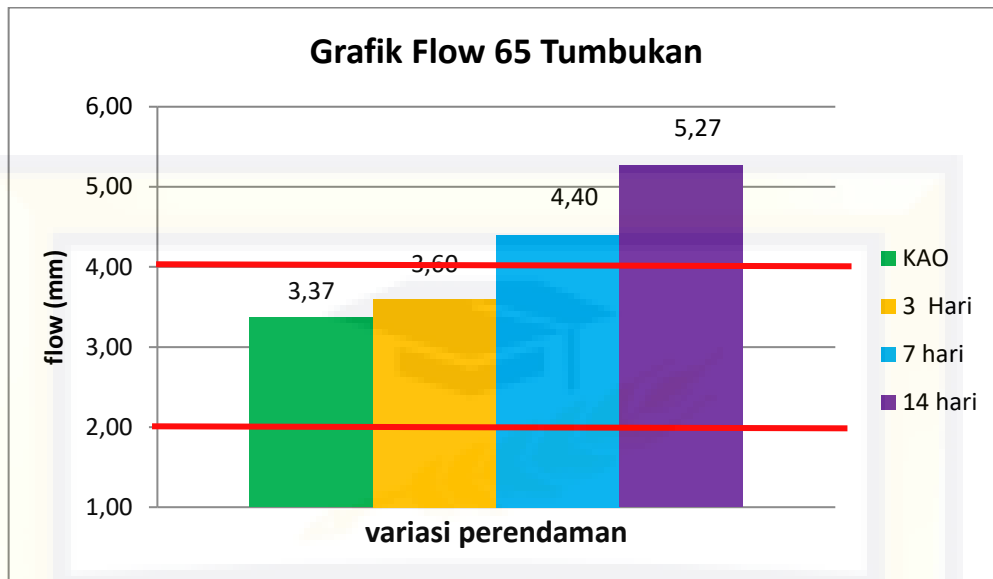
Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.28. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang, Nilai stabilitas mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1002,07 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 971,08 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 919,43 Kg dan nilai pada perendaman ke 14 hari adalah 867,78 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.29

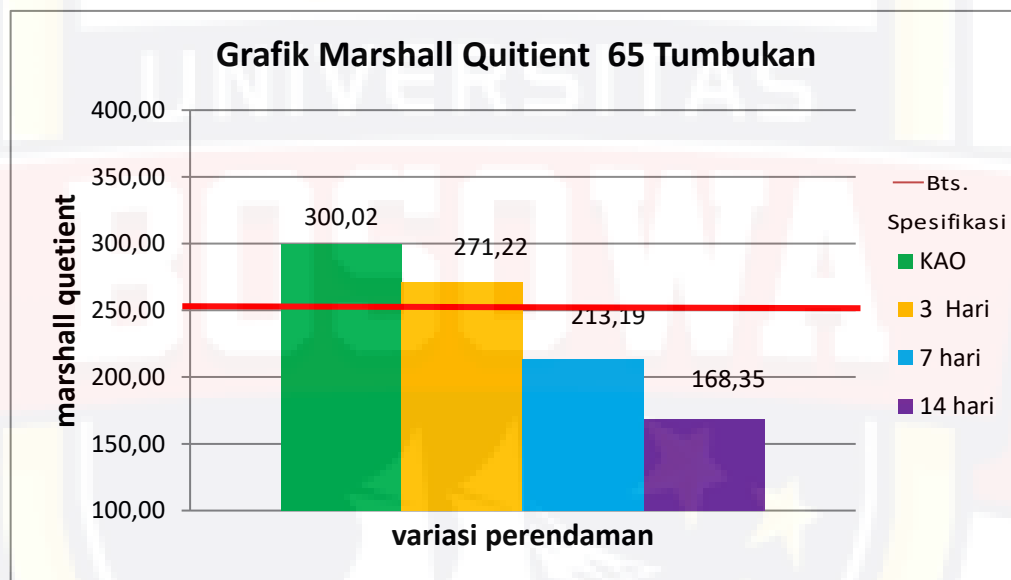


Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.29. menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang dapat menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 3,37 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,60 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 4,40 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,27 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 7, dan 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.30.



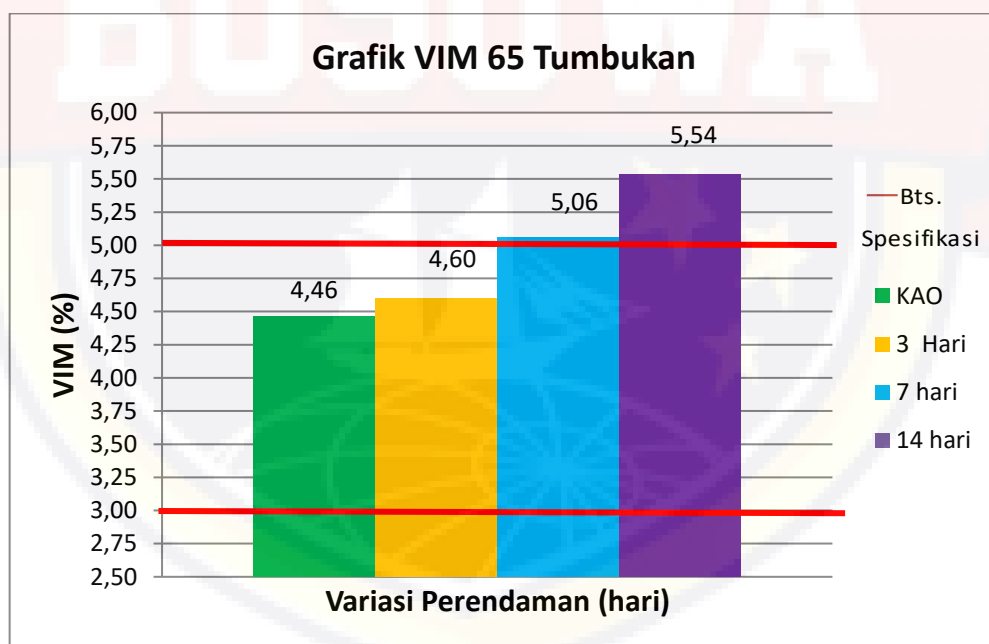
Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 300,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 271,22 Kg/mm, pada perendaman yang ke 7 hari adalah 213,19 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 168,35 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan. Jadi sesuai syarat Marshall Quotient (Min 250) maka perendaman 7, dan 14 tidak

memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.31 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh

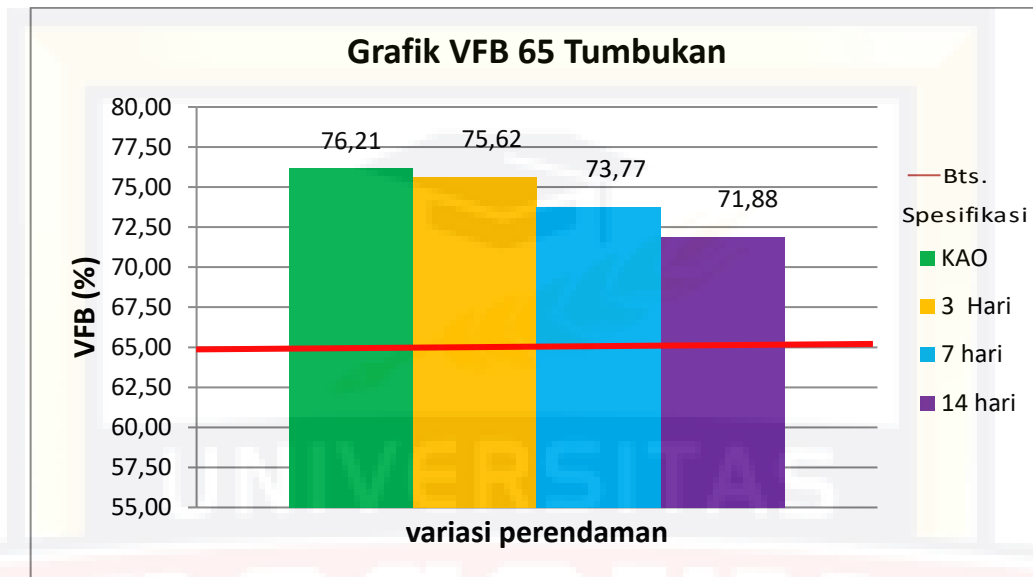
pada nilai *VIM*. pada nilai *KAO* adalah 4,46 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,60 %, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 5,06 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,54 % dengan syarat *VIM* 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang 7, dan 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, maka air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB* ini merupakan pada sifat kededapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kededapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai *VFB* (Void Filled Bitumen) yang terlalu kecil akan menyebabkan kededapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang

kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.



Gambar 4.32 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

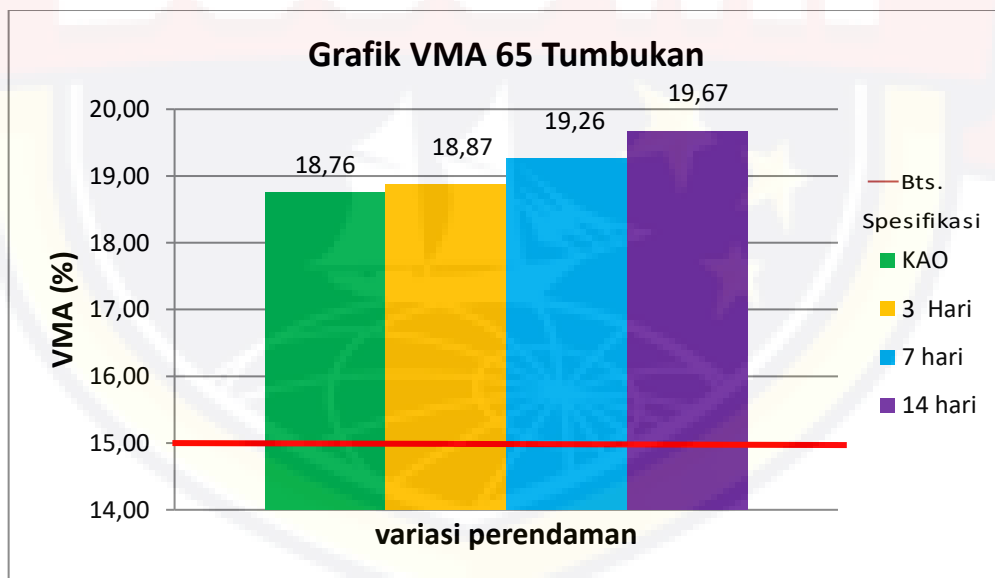
Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 76,21 %, pada perendaman 3 hari adalah 75,62 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 73,77 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 71,88 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat menyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukurann butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.33.



Gambar 4.33 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 65 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gamabar 4.33 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA.

Pada sampel tanpa rendaman adalah 18.76 %, pada perendaman 3 hari adalah 18,87%, pada perendaman 7 hari adalah 19,29 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,67 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

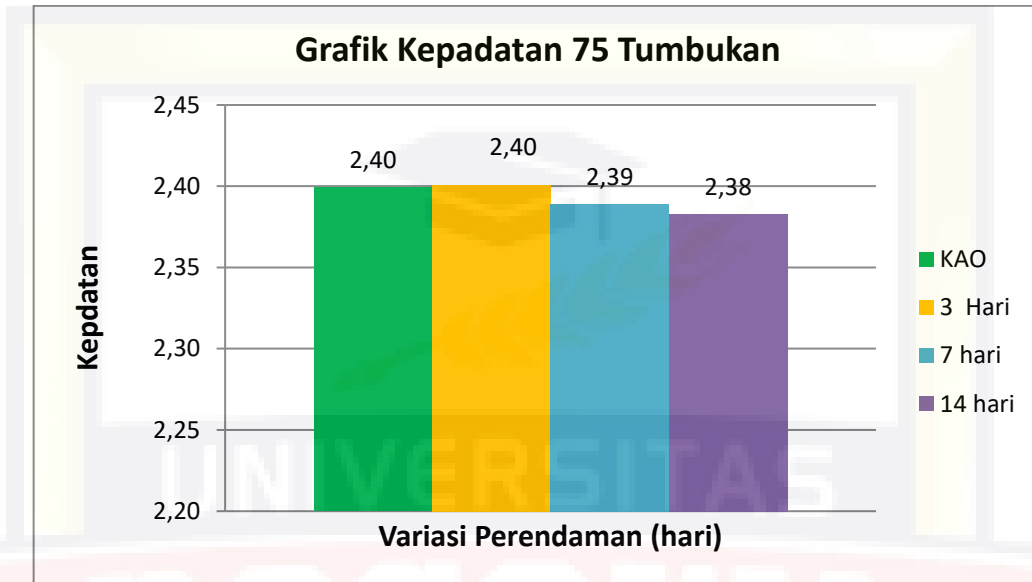
4.4.7. Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi Pada Variasi jumlah Tumbukan 75 Dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Emulsi menggunakan alat uji marshall maka akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah . Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan perendman berulang, dapat dilihat pada gambar 4.34 untuk

campuran beton aspal lapis aus AC-WC menggunakan aspal emulsi pada kondisi kadar aspal optimum.



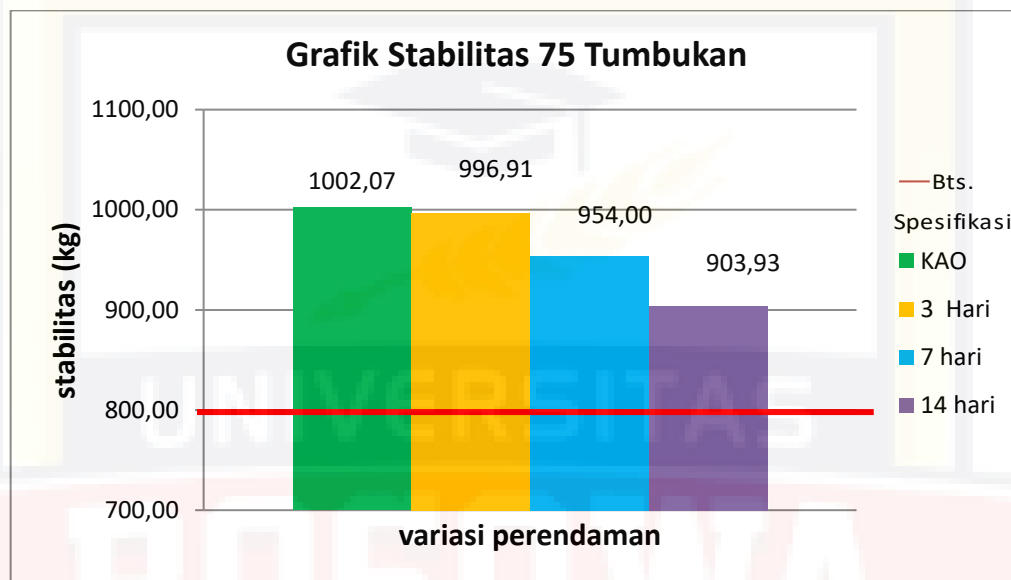
Gambar 4.34 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.34 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,40, pada hari ke 7 adalah 2,39 dan pada hari ke 14 adalah 2,38 bisa dikatan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pemebebanan.

b. *Stabilitas* Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan

mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan perendaman berulang pada kadar aspal optimum menggunakan aspal emulsi diperlihatkan pada gambar 4.35.



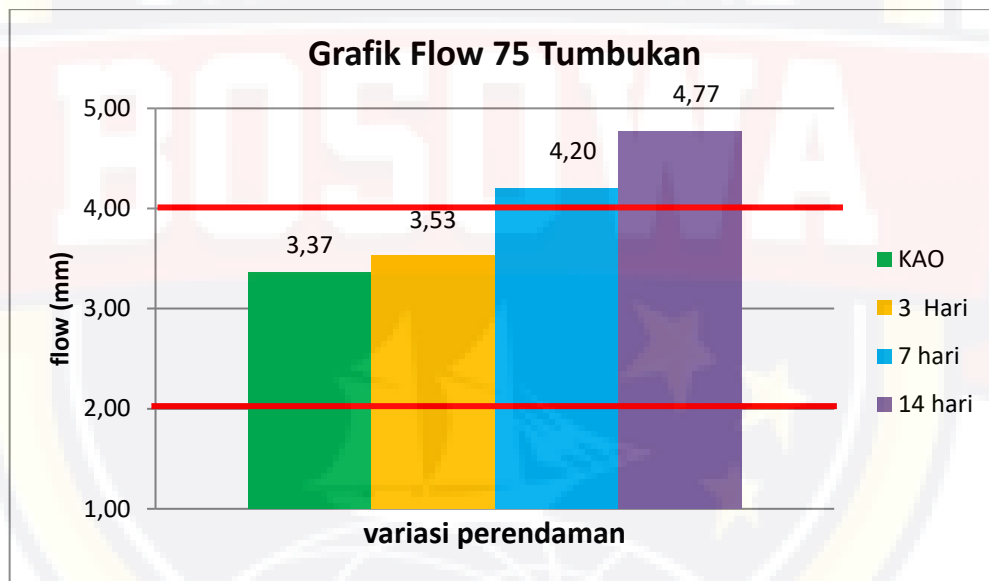
Gambar 4.35 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.35. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang, Nilai stabilitas mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1002,07 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 996,91 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 954,00 Kg dan nilai pada perendaman ke 14 hari adalah 903,93 Kg. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.36



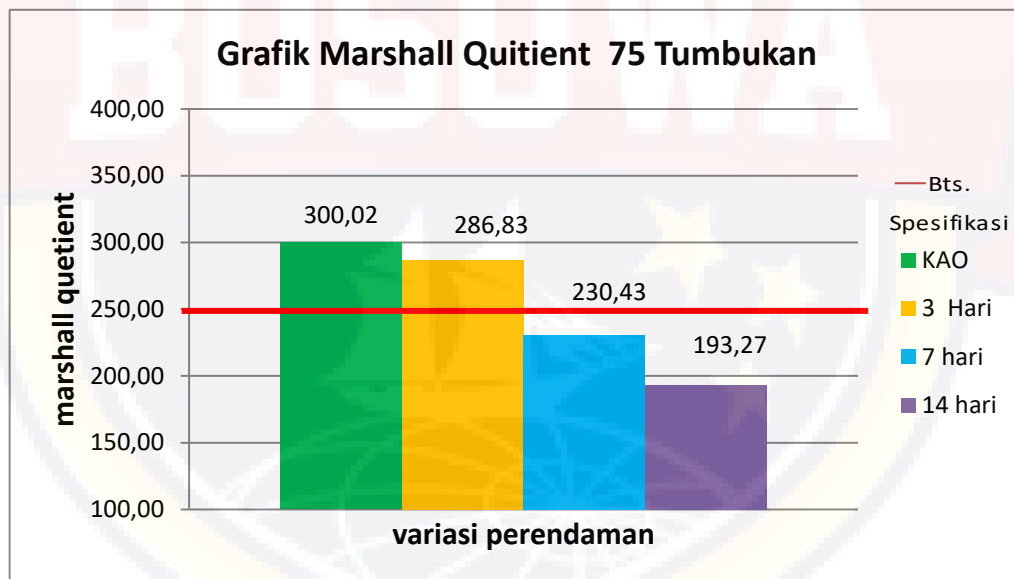
Gambar 4.36 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.36. menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 3,37 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,53 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 4,20 mm, sedangkan pada perendaman ke

14 hari adalah 4,77 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 7, dan 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Semakin lama perendaman, maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Questient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Questient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.37.



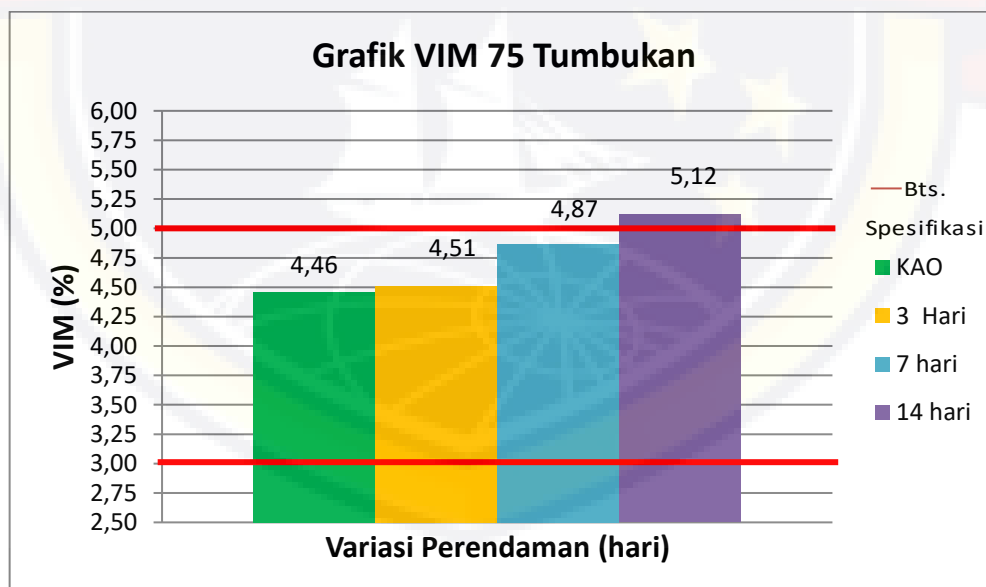
Gambar 4.37 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa niali Marshall Quetient pada KAO adalah 302,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 286,83 Kg/mm, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 230,43kg/mm, dan pada

perendaman yang ke 14 hari adalah 193,27 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan. Jadi sesuai syarat Marshall Quetient (Min 250) maka perendaman 7, dan 14 tidak memenuhi spesifikasi, hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* untuk perendaman berulang dapat dilihat pada gambar 4.38.



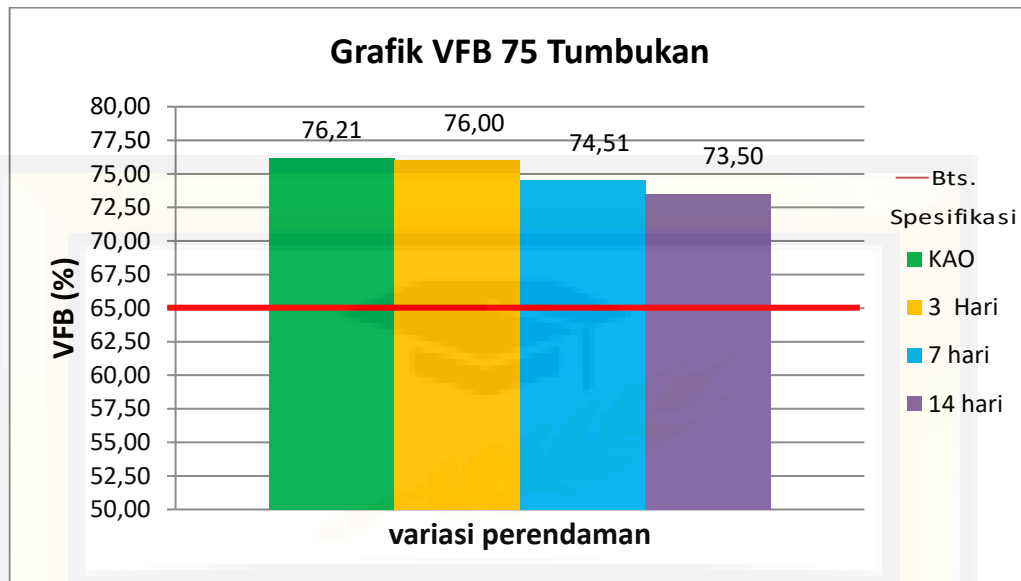
Gambar 4.38 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.38 menunjukkan bahwa variasi tumbukan yang di rendam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh terhadap nilai *VIM*. pada nilai KAO adalah 4,46 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,51 %, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 4,87 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,12 % dengan syarat *VIM* 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB* ini merupakan pada sifat kedekatan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding. Nilai *VFB* (Void Filled Bitumen) yang terlalu kecil akan menyebabkan kedekatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal.



Gambar 4.39 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 76,21 %, pada perendaman 3 hari adalah 76,00 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 74,51 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 73,50 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat menyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

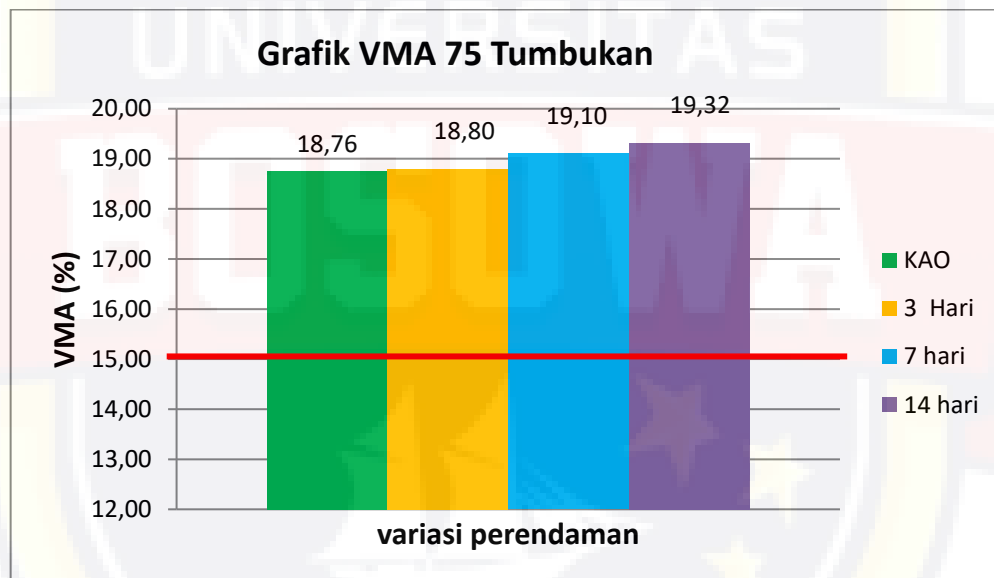
g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat

menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.40.



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 75 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.40 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA. Pada sampel tanpa rendaman adalah 18,76 %, pada perendaman 3 hari adalah 18,80%, pada perendaman 7 hari adalah 19,10 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,32 %. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh.

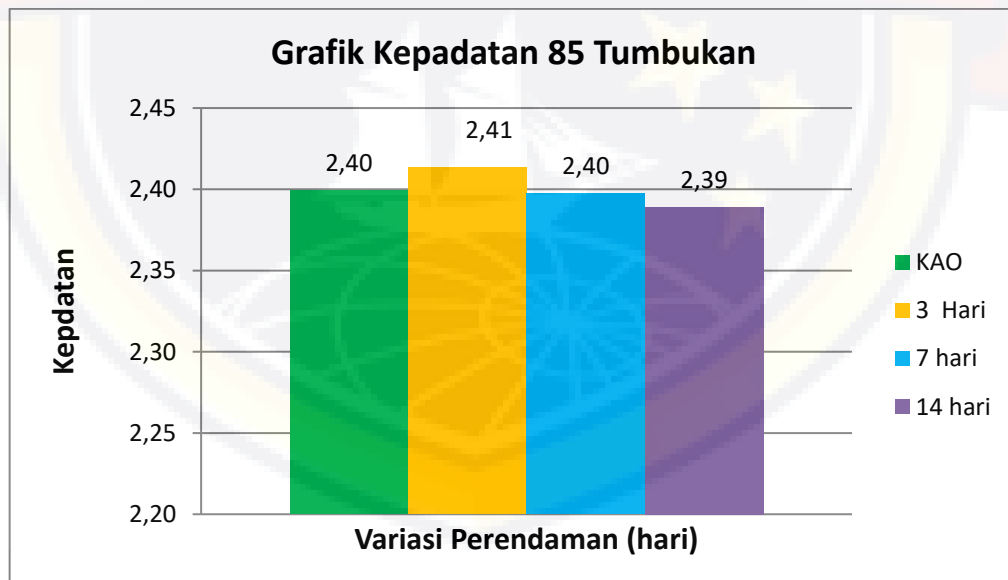
4.4.8. Analisis Hasil Pengujian Aspal Emulsi Pada Variasi jumlah Tumbukan 85 Dengan Perendaman Berulang

Hasil pengujian campuran Aspal Emulsi menggunakan alat uji marshall, maka akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut:

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah.

Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan,. Nilai kepadatan dapat dilihat pada gambar 4.41.

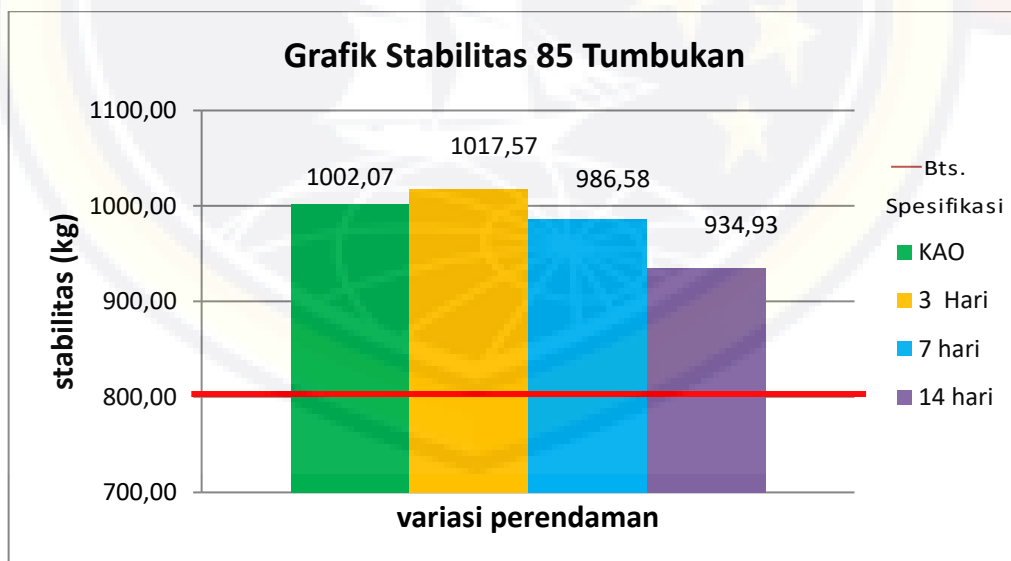


Gambar 4.41 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.41 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,41, pada hari ke 7 adalah 2,40 dan pada hari ke 14 adalah 2,39 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas diperlihatkan pada gambar 4.42.



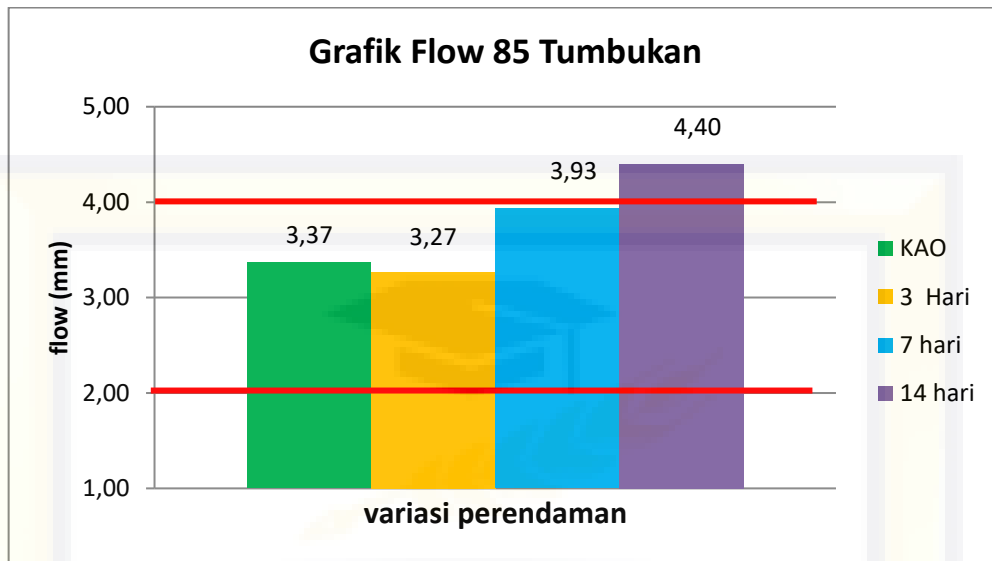
Gambar 4.42 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.42. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang nilai stabilitas mengalami mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1002,07 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1017,57 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 986,58 Kg dan nilai pada perendaman ke 14 hari adalah 934,93 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.43

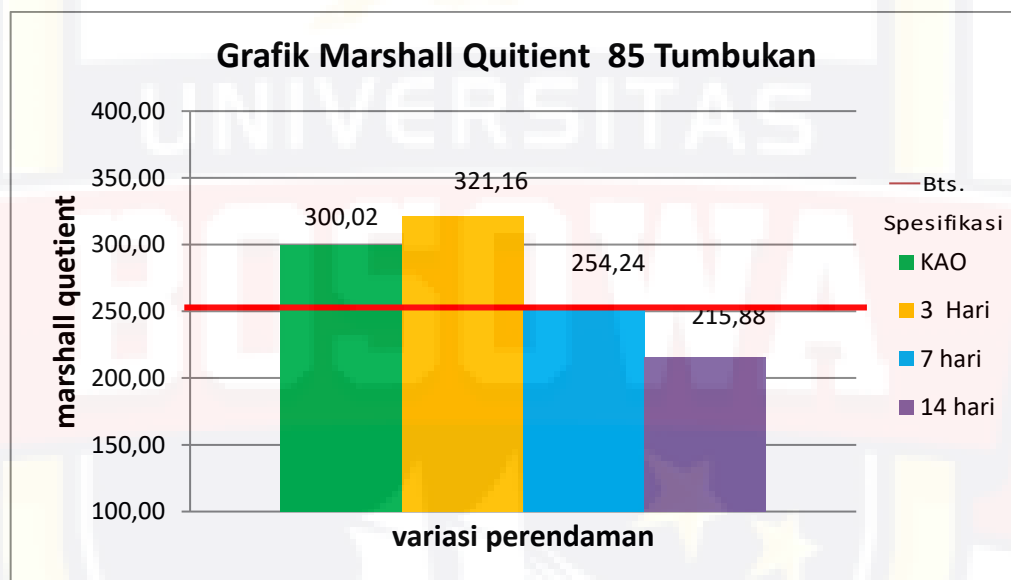


Gambar 4.43 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.43. menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan pada perendaman berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 3,37 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,27 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 3,93 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4,40 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.44.



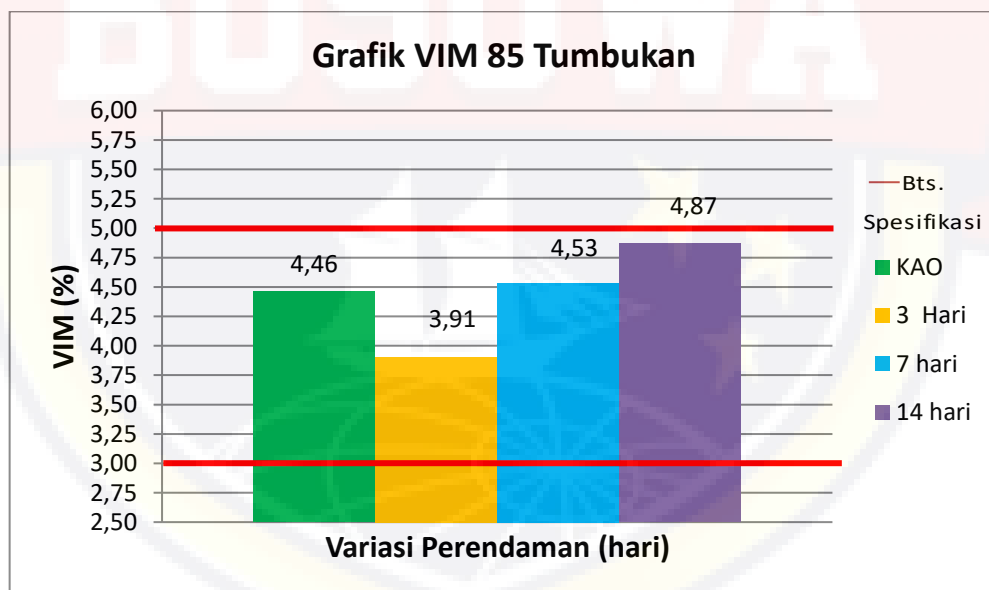
Gambar 4.44 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 300,02 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 321,16 Kg/mm, pada perendaman yang ke 7 hari adalah 254,19 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 215,88 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang akan mengakibatkan penurunan. Jadi sesuai syarat Marshall Quotient (Min 250) maka perendaman 14 tidak memenuhi

spesifikasi, hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.45.



Gambar 4.45 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.45 menunjukkan bahwa variasi jumlah tumbukan yang di rendam secara berulang dalam campuran aspal dapat berpengaruh

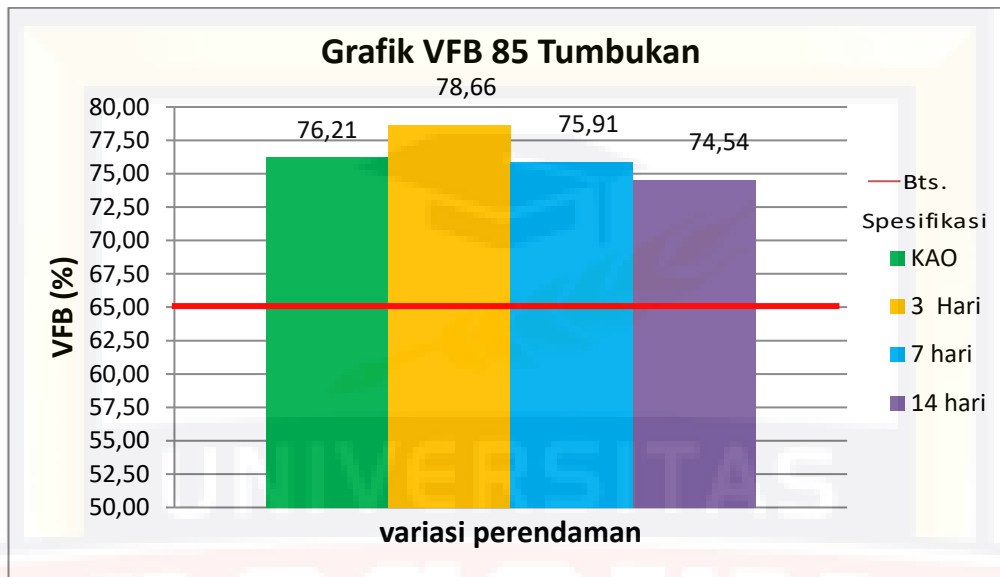
terhadap nilai *VIM*. pada nilai KAO adalah 4,46 % , pada perendaman 3 hari adalah 3,91 %, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 4,53 %, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4,87 % dengan syarat *VIM* 3,0 – 5,0 % maka semua perendaman berulang memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam. Air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)

VFB (Void Filled Bitumen), menyatakan prosentase rongga udara yang terisi aspal pada campuran yang telah mengalami pemadatan, Nilai *VFB* ini merupakan pada sifat kededapan air dan udara, maupun sifat elastis campuran. Nilai *VFB* yang semakin besar berarti semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga kededapan campuran terhadap air dan udara akan semakin tinggi. Nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan lapis perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Nilai *VFB* (Void Filled Bitumen) yang terlalu kecil akan menyebabkan kededapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang

kosong, air dan udara akan mudah masuk kedalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.



Gambar 4.46 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

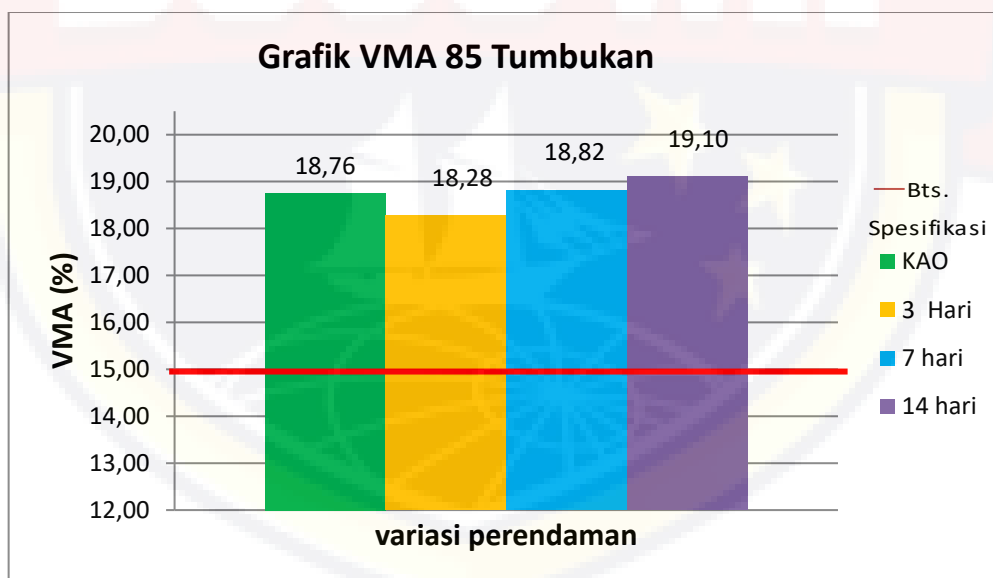
Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 78,20 %, pada perendaman 3 hari adalah 76,21 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 75,91 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 74,54 %. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman akan membuat lekatan semakin berkurang sehingga hal itu dapat menyebabkan melemahnya ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk perendaman berulang pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.47.



Gambar 4.47 Diagram hubungan variasi jumlah tumbukan 85 (aspal Emulsi) terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.47 menunjukkan bahwa penambahan variasi jumlah tumbukan yang direndam secara berulang dapat mempengaruhi nilai VMA.

Pada sampel tanpa rendaman adalah 18.76 %, pada perendaman 3 hari adalah 18,28%, pada perendaman 7 hari adalah 18,82 %, dan pada perendaman ke 14 hari adalah 19,10 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu 75 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.20 dan 4.21.

Tabel 4.21. Hubungan KAO Aspal Minyak Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1614,2	1599,7	100,93	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.20 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

Tabel 4.22. Hubungan KAO Aspal Emulsi Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC- WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1007,24	1002.07	100,52	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.21 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran aspal LASTON AC-WC menggunakan aspal minyak dan aspal emulsi melalui pengujian Marshall, dengan Variasi Jumlah Tumbukan dapat mempengaruhi Nilai stabilitas dimana semakin tinggi variasi tumbukan, nilai kepadatan, stabilitas, marshall quotient, dan nilai VFB meningkat seiring dengan penambahan jumlah tumbukan. Sedangkan nilai flow, VIM, dan VMA mengalami penurunan pada setiap jumlah tumbukan.
2. Hasil pengujian marshall test pada campuran aspal LASTON AC-WC menggunakan aspal minyak dan aspal emulsi dengan variasi perendaman berulang, dapat dilihat pada nilai kepadatan, stabilitas, Marshall quotient, dan nilai VFB mengalami penurunan pada setiap variasi perendaman. Sedangkan nilai flow, VIM, dan VMA mengalami peningkatan pada setiap variasi perendaman berulang. hal ini berlaku pada setiap variasi jumlah tumbukan.

5.2. SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

- a. Penelitian yang sedang berlangsung peneliti harus memerlukan ketelitian yang cermat dan fokus pada saat penimbangan agregat, mengontrol suhu aspal dan agregat yang sedang masa

pemanasan, serta pencampuran dan pemadatan benda uji tersebut, sehingga memperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat pada saat pengolahan data tanpa mengalami masalah.

- b. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai daya pemadatan di laboratorium dengan daya pemadatan di lapangan karena proses pemadatan di lapangan menggunakan alat pemadat dengan spesifikasi dan jumlah lintasan yang berbeda.
- c. Diharapkan untuk peneliti selanjutnya agar menggunakan jenis campuran dan jumlah variasi tumbukan yang berbeda.



BOSOWA

Daftar Pustaka

Adrian Hartanto, Irawan Sugiharto, DKK (2014). Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra dengan judul “Analisa Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin Dan Perbandingan Stabilitas Aspal Emulsi Dingin Dengan Laston”.

Anonim, 2010. *Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.

Anonim, 2014. *Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.

Antonius Situmorang, Priyo Pratomo, Dwi Herianto (2016). Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan judul “ Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Uji Karakteristik Marshall Untuk Campuran Laston (AC-BC)”.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.

Kiftheo Sanjaya Panungkelan, Oscar H. Kaseke, Mecky R. E. Manoppo (2017). Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado “Pengaruh Jumlah Tumbukan Pemadatan Benda Uji Terhadap Besaran Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Jenis Asphalt Concrete (Ac)”

SNI 4798:2011, Spesifikasi Aspal Emulsi

SNI 03-1737-1989, Tata cara pelaksanaan lapis tipis beton aspal untuk jalan raya

SNI 06-2489-199, *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*

Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung, Nova.

Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung, Nova.

Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*.:Yayasan obor indonesia, jakarta.

----- Undang-Undang No.38 tahun 2004 tentang Jalan.

BOSOWA





L
A
M
P
I
R
A
N

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

AASHTO T. 11 / 27 – 29 – SNI 03 – 1968 - 1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 2021

Saringan No	Total :	2500,4		Total :	2500,3		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	1126,60	45,06	54,94	1042,60	41,70	58,30	56,62
3/8"	1786,60	71,45	28,55	1737,40	69,49	30,51	29,53
No. 4	2396,60	95,85	4,15	2380,60	95,21	4,79	4,47
No. 8	2477,20	99,07	0,93	2473,90	98,94	1,06	0,99
No. 16	2480,90	99,22	0,78	2476,80	99,06	0,94	0,86
No. 30	2481,30	99,24	0,76	2477,20	99,08	0,92	0,84
No. 50	2482,50	99,28	0,72	2479,60	99,17	0,83	0,77
No. 100	2483,40	99,32	0,68	2481,00	99,23	0,77	0,73
No. 200	2487,40	99,48	0,52	2489,90	99,58	0,42	0,47
Pan	2498,60	99,93	0,07	2499,50	99,97	0,03	0,05

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 1-2



Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

AASHTO T. 11 / 27 – 29 – SNI 03 – 1968 - 1990

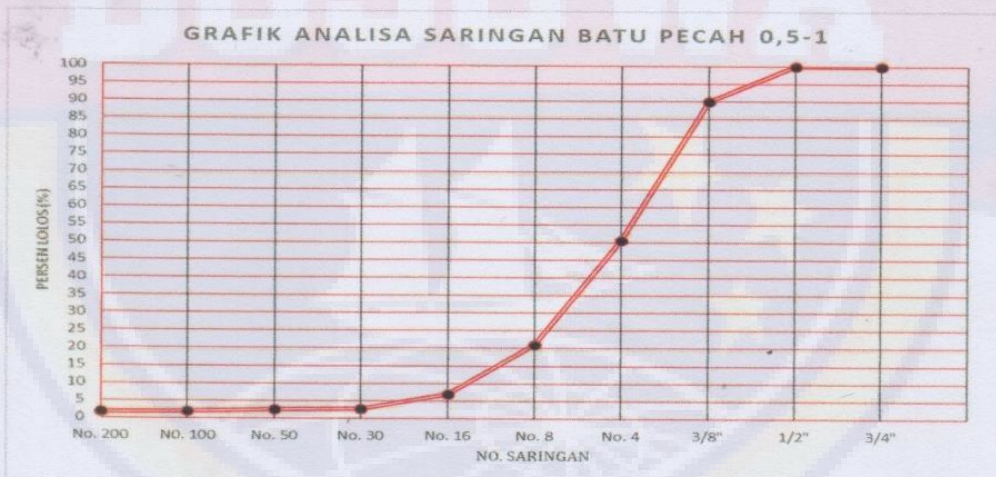
Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 2021


Saringan No	Total :	2500,1		Total :	2500,2		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	346,90	13,88	86,12	155,10	6,20	93,80	89,96
No. 4	1240,50	49,62	50,38	1230,50	49,22	50,78	50,58
No. 8	1987,20	79,48	20,52	1956,80	78,27	21,73	21,12
No. 16	2338,10	93,52	6,48	2319,60	92,78	7,22	6,85
No. 30	2442,40	97,69	2,31	2421,20	96,84	3,16	2,73
No. 50	2447,40	97,89	2,11	2427,10	97,08	2,92	2,52
No. 100	2449,40	97,97	2,03	2454,80	98,18	1,82	1,92
No. 200	2453,00	98,12	1,88	2458,00	98,31	1,69	1,79
Pan	2497,10	99,88	0,12	2499,70	99,98	0,02	0,07

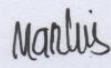


Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

AASHTO T. 11 / 27 – 29 – SNI 03 – 1968 - 1990

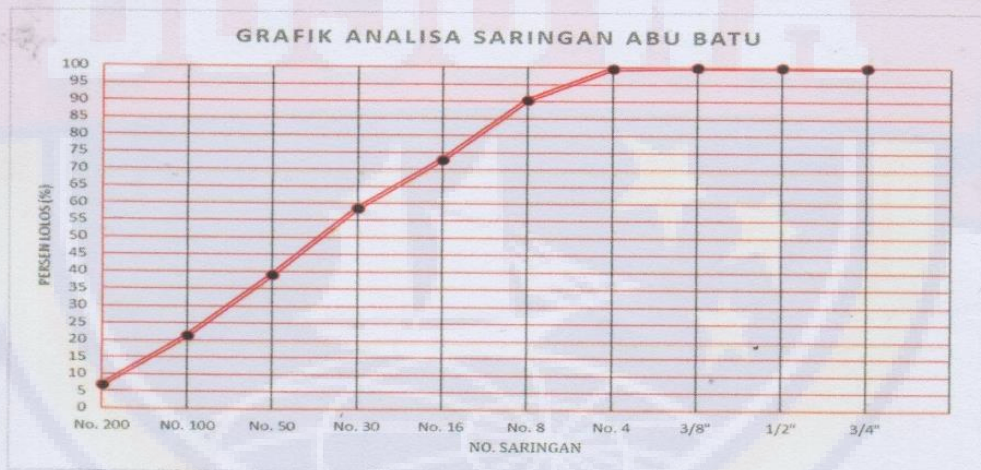
Material : Abu Batu

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 2021


Saringan No	Total : 2500,4			Total : 2500,3			Rata - rata % Lolos
	Sampel Kumulatif Tertahan	1		Sampel Kumulatif Tertahan	2		
		% Tertahan	% Lolos		% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	0,40	0,02	99,98	15,40	0,62	99,38	99,68
No. 8	1,10	0,04	99,96	474,00	18,96	81,04	90,50
No. 16	603,00	24,12	75,88	749,10	29,96	70,04	72,96
No. 30	1120,80	44,82	55,18	955,30	38,21	61,79	58,48
No. 50	1441,70	57,66	42,34	1597,90	63,91	36,09	39,22
NO. 100	2019,30	80,76	19,24	1909,80	76,38	23,62	21,43
No. 200	2357,90	94,30	5,70	2299,60	91,97	8,03	6,86
Pan	2496,60	99,85	0,15	2498,80	99,94	0,06	0,11

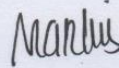


Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

ANALISA SARINGAN FILLER

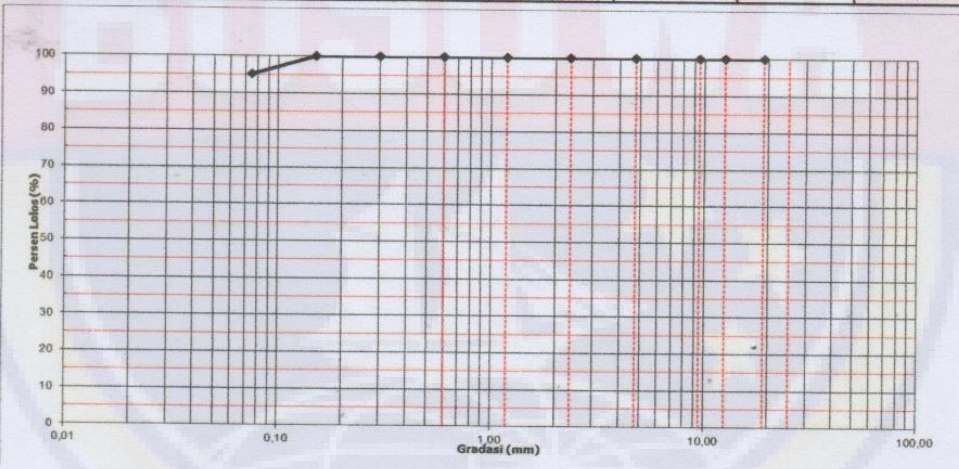
AASHTO T. 11 / 27 – 29 – SNI 03 – 1968 - 1990

Material : Semen

Nama : Herman

Tanggal :2021

Saringan No	Total :	2000,0		Total :	2000		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 4	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 8	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 16	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 30	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 50	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 100	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 200	96,50	4,83	95,18	97,20	4,86	95,14	95,16



Makassar,

2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

SNI 03-1969-1990

Material : Abu Batu

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 2021

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500,00	500,30	500,15
Berat benda uji kering oven B_k	487,40	484,60	486,00
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	688,30	687,40	687,85
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	1009,80	1025,60	1017,70

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,73	3,00	2,86
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,80	3,09	2,95
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,94	3,31	3,12
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2,61	3,20	2,90

Makassar,

2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal :2021

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2445,20	2457,80	2451,50
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500,50	2500,60	2500,55
Berat benda uji didalam air	B_a	1565,40	1570,40	1567,90


		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,61	2,64	2,63
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,67	2,69	2,68
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,78	2,77	2,77
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,26	1,74	2,00

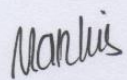
Makassar,

2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 2021

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2448,20	2439,10	2443,65
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500,50	2500,70	2500,60
Berat benda uji didalam air	B_a	1586,30	1578,80	1582,55


		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,68	2,65	2,66
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,74	2,71	2,72
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,84	2,84	2,84
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,14	2,53	2,33

Makassar,

2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Hermari

Sumber : Bili-Bili


Tanggal :2021

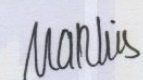
No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500,4	2500,6
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2360,2	2353,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	5,61	5,89
4	Hasil Rata - rata	5,75	

Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili


Tanggal : 2021

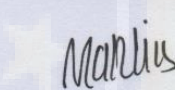
No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500,3	2500,5
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2336,2	2338,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	6,56	6,48
4	Hasil Rata - rata	6,52	

Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Abu Batu

Nama : Hermani

Sumber : Bili-Bili


Tanggal :2021

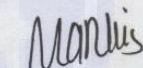
No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,3	1500,1
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1270	1283,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	15,35	14,45
4	Hasil Rata - rata	14,90	

Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT

(COMBINE)

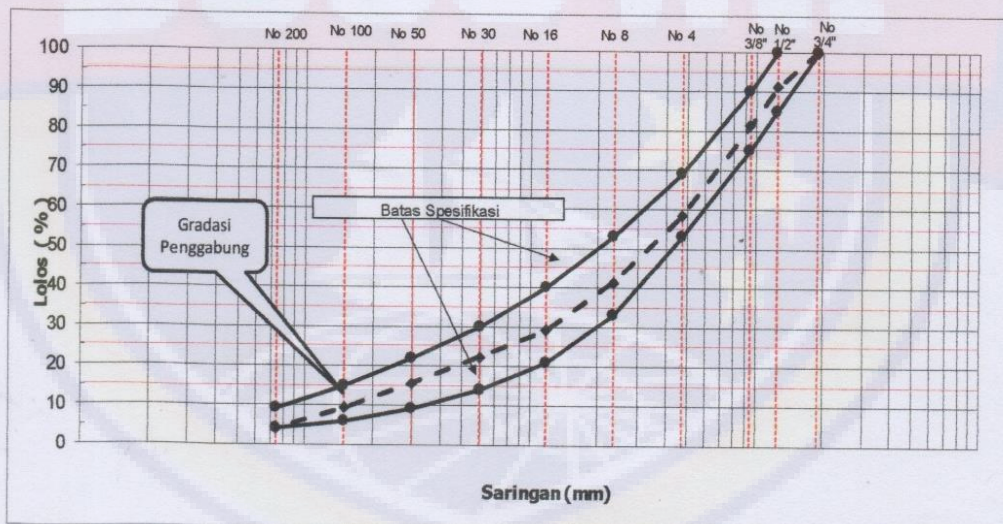
Material : BP 1-2, BP 0,5-1, Abu Batu, Filler

Nama : Herman

Sumber : Bili-Bili

Tanggal :2021

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu (Rata - rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined)											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	b	d	e	AC - WC													
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00												100	0,41
1/2"	56,62	100,00	100,00	100,00	91,32												90 - 100	0,41
3/8"	29,53	89,96	100,00	100,00	81,39												75 - 90	0,41
# 4	4,47	50,68	99,68	100,00	58,55												53 - 69	0,41
# 8	0,99	21,12	90,50	100,00	41,47												33 - 63	0,82
# 16	0,86	6,85	72,96	100,00	29,06												21 - 40	1,64
# 30	0,84	2,73	66,48	100,00	22,28												14 - 30	2,87
# 50	0,77	2,52	39,22	100,00	15,62												9 - 22	6,14
# 100	0,73	1,92	21,43	100,00	9,30												6 - 15	12,29
# 200	0,47	1,79	6,86	95,16	4,18												4 - 9	32,77
Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	b. Batu Pecah 1 - 2				20													
	c. Batu Pecah 0,5 - 1				45													
	d. Abu Batu				34													
	e. Filler				1													
					100													
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)					5,17													




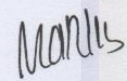
$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 0,035 \times \text{CA} + 0,045 \times \text{FA} + 0,18 \times \text{FF} + \text{K} \\ &= 0,035 \times 58,53 + 0,045 \times 37,29 + 0,18 \times 4,18 + 0,75 \\ &= 5,23 \end{aligned}$$

Makassar, 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

UNIVERSITAS
BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

SNI 03-2442-1991

Material : Aspal

Nama : Hermani

Sumber : Pabrik

Tanggal : 2021


URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53,50	51,90
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116,40	111,70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	(B - A)	62,90	59,80
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	86,60	84,30
BERAT ASPAL (gram)	(C - A)	33,10	32,40
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116,50	111,90
BERAT AIR (gram)	(D - C)	29,90	27,60
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1,003	1,006
Rata-rata		1,005	

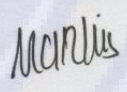
Makassar,

2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL
SNI 2441:2011

Tanggal : 2 September 2021
Material : Aspal Emulsi CRS-1

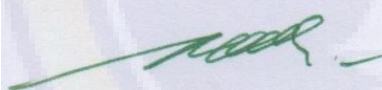
URAIAN		I	II
Berat Picnometer (gram)	A	53.50	51.90
Berat Picnometer + Air (gram)	B	115.90	112.50
Berat Air / Isi Picnometer (gram)	(B-A)	62.40	60.60
Berat Picnometer + Aspal (gram)	C	83.50	82.30
Berat Aspal (gram)	(C-A)	30.00	30.40
Berat Picnometer + Air + Aspal (gram)	D	116.00	112.70
Berat Air (gram)	(D-C)	32.50	30.40
Berat jenis Aspal	$\frac{(C-A)}{(B-A) - (D-C)}$	1.003	1.007
Rata-rata		1.005	

BOSOWA

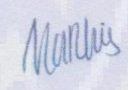
Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium



Ir. H. Abd Rahim Nurdin MT



Marlina Alwi. ST

PENGUJIAN ANALISA SARINGAN ASPAL EMULSI

SNI 03-3643

Tanggal : 2 September 2021

Material : Aspal Emulsi CRS-1

Uraian		
Saringan No.20 + Pan	A	858.3
Berat Aspal	B	1000
Saringan No.20 + Pan + Residu Aspal	C	859.1
% Tertahan saringan 20	$\frac{(C - A)}{B} \times 100\%$	0.001

UNIVERSITAS

ROSOWA

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST

Rumus Komposisi Campuran AC-WC

Kadar Aspal		=	5 %		100 %	-	5 %	=	95,00
Hasil Combine									
BP 1-2	20 %	x	95,00 %	=	0,19	x	1200	=	228,00
BP 0,5 - 1	45 %	x	95,00 %	=	0,43	x	1200	=	513,00
Abu Batu	34 %	x	95,00 %	=	0,32	x	1200	=	387,60
Filler	1 %	x	95,00 %	=	0,01	x	1200	=	11,40
Aspal	5 %			X			1200	=	60,00
									1200,00


Kadar Aspal		=	5,5 %		100 %	-	5,5 %	=	94,50
Hasil Combine									
BP 1-2	20 %	x	94,50 %	=	0,19	x	1200	=	226,80
BP 0,5 - 1	45 %	x	94,50 %	=	0,43	x	1200	=	510,30
Abu Batu	34 %	x	94,50 %	=	0,32	x	1200	=	385,56
Filler	1 %	x	94,50 %	=	0,01	x	1200	=	11,34
Aspal	5,5 %			X			1200	=	66,00
									1200,00

Kadar Aspal	=	6 %		100 %	-	6 %	=	94,00
Hasil Combine								
BP 1- 2	20 %	x	94,00 %	=	0,19	x	1200	= 225,60
BP0,5 -1	45 %	x	94,00 %	=	0,42	x	1200	= 507,60
Abu Batu	34 %	x	94,00 %	=	0,32	x	1200	= 383,52
Filler	1 %	x	94,00 %	=	0,01	x	1200	= 11,28
Aspal	6 %		X				1200	= 72,00
								1200,00

Kadar Aspal	=	6,5 %		100 %	-	6,5 %	=	93,50
Hasil Combine								
BP 1- 2	20 %	x	93,50 %	=	0,19	x	1200	= 224,40
BP 0,5 -1	45 %	x	93,50 %	=	0,42	x	1200	= 504,90
Abu Batu	34 %	x	93,50 %	=	0,32	x	1200	= 381,48
Filler	1 %	x	93,50 %	=	0,01	x	1200	= 11,22
Aspal	6,5 %		X				1200	= 78,00
								1200,00

Kadar Aspal	=	7 %		100 %	-	7 %	=	93,00
Hasil Combine								
BP 1- 2	20 %	x	93,00 %	=	0,19	x	1200	= 223,20
BP 0,5 - 1	45 %	x	93,00 %	=	0,42	x	1200	= 502,20
Abu Batu	34 %	x	93,00 %	=	0,32	x	1200	= 379,44
Filler	1 %	x	93,00 %	=	0,01	x	1200	= 11,16
Aspal	7 %		X				1200	= 84,00
								1200,00

Diperiksa Oleh


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.



**KADAR ASPAL OPTIMUM
ASPAL MINYAK**

MARSHALL TEST KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)

MARSHALL TEST
(AASHTO T. 245 - 97 (2003))

Penelitian
Berat Jenis Aspal (T) 60/70 1.005 g/cc

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal (%)	Bj Bulk Efektif Gab	Bj Efektif Gab	Bj Campuran (GMM)	Bj Max Campuran (GMM)	D ₁ Utlara (R Air)	D ₂ Di Dalam Air (R Water)	Berat (gram)	Ketinggian Persegi Jarak (SSD)	Volume Berende (R)	Bj Bulk Campuran (Reproduksi)	Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas Perburan (R)	Stabilitas (kg) (R)	Pelelehan (mm)	Membelah Cacukan (kg/mm)	Lulus Perkiraan Agregat	Absorpsi Aspal Thop Berat Total Campuran	Tebal Film 100(A-P) / 10(100-A)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tengas Aspal (VFB)		
	a	b	c	d																							A	B
I	20	45	34	1	4.02	5	2.75	2.83	2.60	1198.6	692.4	1200.5	508.1	2.26	8.1	185.0	1282.3	458.0	5.61	1.0	7.168	18.40	50.38	18.40	50.38	18.40	50.38	
II	20	45	34	1	4.02	5	2.75	2.83	2.60	1194.1	687.3	1193.3	506.0	2.34	9.8	130.0	1961.2	754.3	5.61	1.0	7.168	18.06	48.46	18.06	48.46	18.06	48.46	
III	20	45	34	1	4.02	5	2.75	2.83	2.60	1173.3	683.3	1194.9	496.6	2.36	9.0	125.0	1885.8	819.9	5.61	1.0	7.168	18.28	51.01	18.28	51.01	18.28	51.01	
I	20	45	34	1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.60	1185.3	683.3	1192.80	503.57	2.35	9.28	113.3	1709.78	677.4	5.61	1.0	7.168	16.58	50.01	16.58	50.01	16.58	50.01	
II	20	45	34	1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.57	1183.8	691.6	1191.2	499.6	2.37	7.9	135.0	2036.6	636.5	5.61	1.0	8.125	18.47	57.07	18.47	57.07	18.47	57.07	
III	20	45	34	1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.57	1170.4	687.4	1180.3	492.9	2.37	7.7	95.0	1433.2	462.3	5.61	1.0	8.125	18.30	57.73	18.30	57.73	18.30	57.73	
I	20	45	34	1	5.04	6	2.75	2.83	2.57	1188.13	681.23	1187.87	488.73	2.38	7.68	116.7	1760.06	580.8	5.61	1.0	8.125	16.26	57.81	16.26	57.81	16.26	57.81	
II	20	45	34	1	5.04	6	2.75	2.83	2.55	1185.3	686.3	1188.5	500.2	2.37	7.2	95.0	1433.2	511.9	5.61	1.0	9.092	18.90	62.09	18.90	62.09	18.90	62.09	
III	20	45	34	1	5.04	6	2.75	2.83	2.55	1163	688.4	1166.8	477.4	2.44	4.6	120.0	1810.4	724.1	5.61	1.0	9.092	16.62	72.57	16.62	72.57	16.62	72.57	
I	20	45	34	1	6.23	6.5	2.75	2.83	2.55	1166.97	687.50	1178.03	488.53	2.39	6.40	107.7	1624.26	648.1	5.61	1.0	9.092	10.16	61.03	10.16	61.03	10.16	61.03	
II	20	45	34	1	6.23	6.5	2.75	2.77	2.49	1188.3	686.3	1186.4	487.1	2.39	3.9	105.0	1584.1	480.0	5.61	0.3	11.405	18.62	79.32	11.405	18.62	79.32	11.405	79.32
III	20	45	34	1	6.23	6.5	2.75	2.77	2.49	1192.3	686.7	1195.5	505.8	2.36	5.2	119.0	1795.3	579.1	5.61	0.3	11.405	19.75	73.74	11.405	19.75	73.74	11.405	73.74
I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.49	1173.9	676.9	1178.8	499.9	2.35	5.5	133.0	2086.5	716.6	5.61	0.3	11.405	20.06	72.34	11.405	20.06	72.34	11.405	72.34
II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.49	1184.83	683.30	1190.23	508.83	2.37	4.86	118.0	1795.26	581.3	5.61	0.3	11.405	19.48	75.14	11.405	19.48	75.14	11.405	75.14
III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1192.5	688.4	1194	494.6	2.41	4.0	78.0	1776.7	336.2	5.61	1.0	11.056	18.36	78.24	11.056	18.36	78.24	11.056	78.24
I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1186.4	687.9	1186.4	500.5	2.39	4.8	90.0	1357.8	310	5.61	1.0	11.056	19.06	74.73	11.056	19.06	74.73	11.056	74.73
II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1186.5	684.4	1189.5	495.1	2.40	4.6	107.0	1614.2	556.6	5.61	1.0	11.056	18.85	75.73	11.056	18.85	75.73	11.056	75.73
III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1191.80	687.23	1193.57	486.73	2.40	4.46	91.7	1382.94	443.6	5.61	1.0	11.056	16.76	76.23	11.056	16.76	76.23	11.056	76.23

Makassar 2021

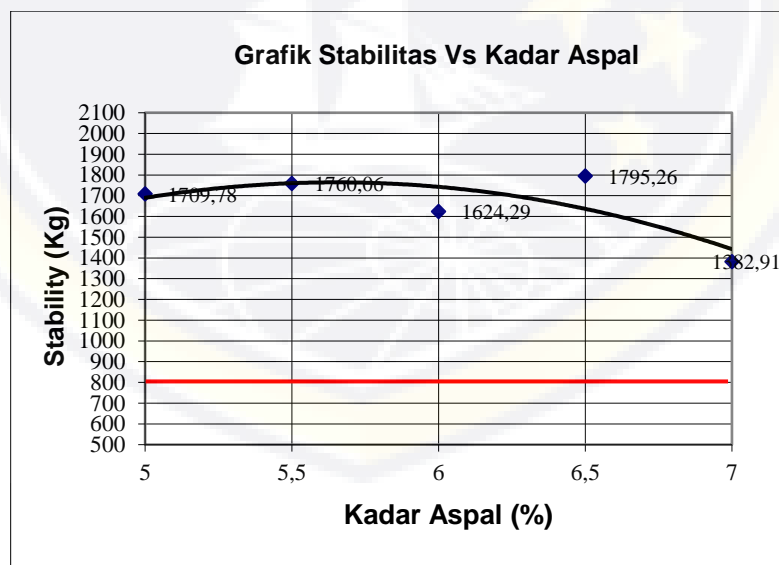
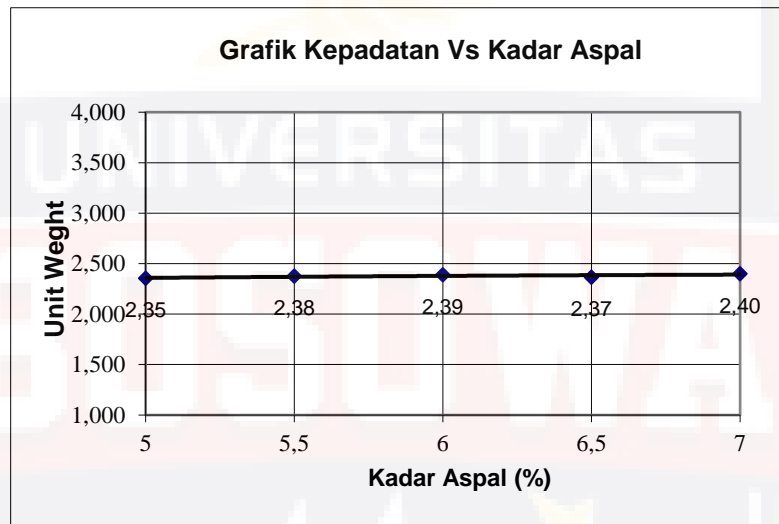
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

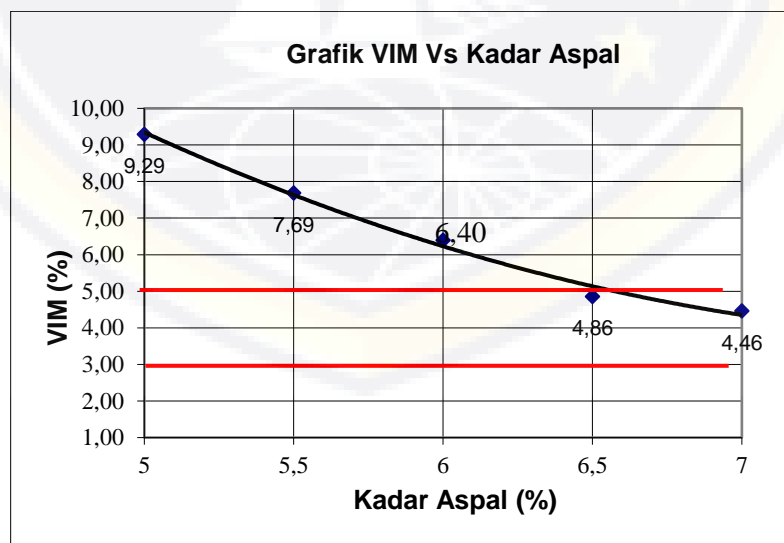
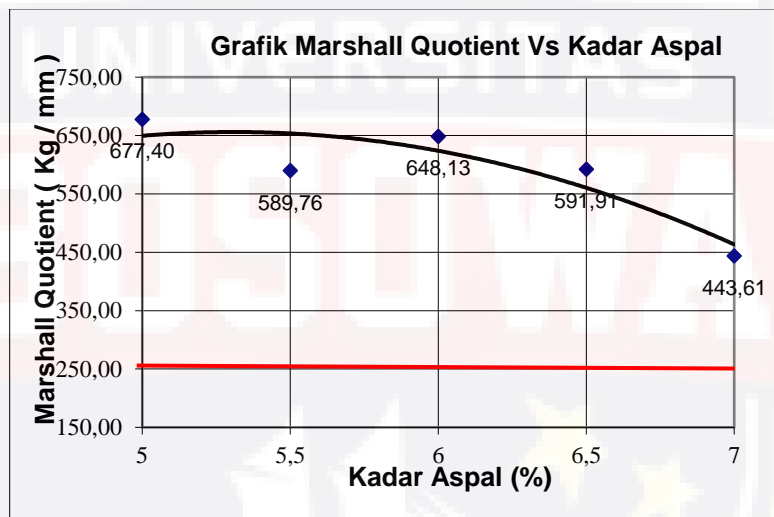
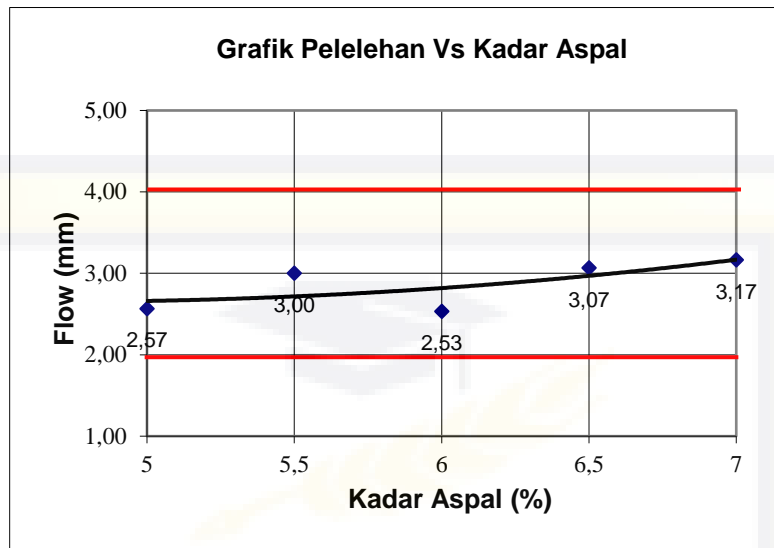


IR. H. ABD. RAHIM NURDIN MT

GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST JENIS CAMPURAN AC – WC

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.35	1709.78	2.57	677.4	9.29	18.58	47.04
5,5	2.38	1760.06	3.00	589.8	7.69	18.26	44.82
6	2.39	1624.29	2.53	648.1	6.40	18.23	65.23
6,5	2.37	1795.26	3.07	591.9	4.86	19.48	74.78
7	2.40	1382.91	3.17	443.6	4.46	18.76	75.01





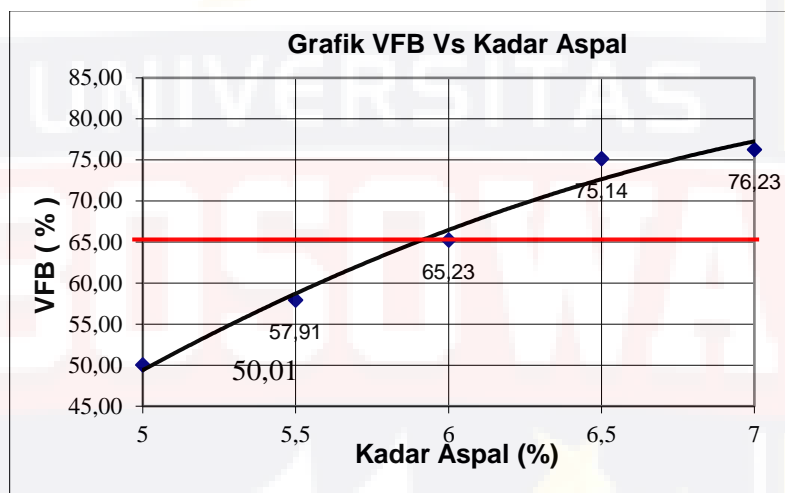
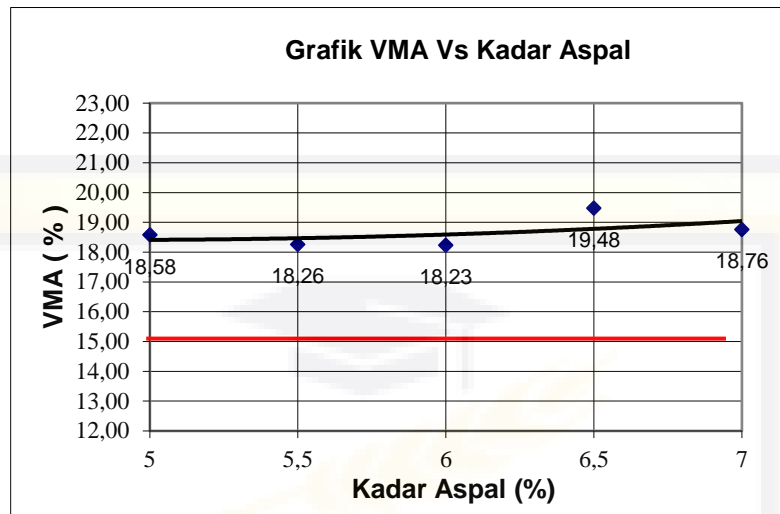
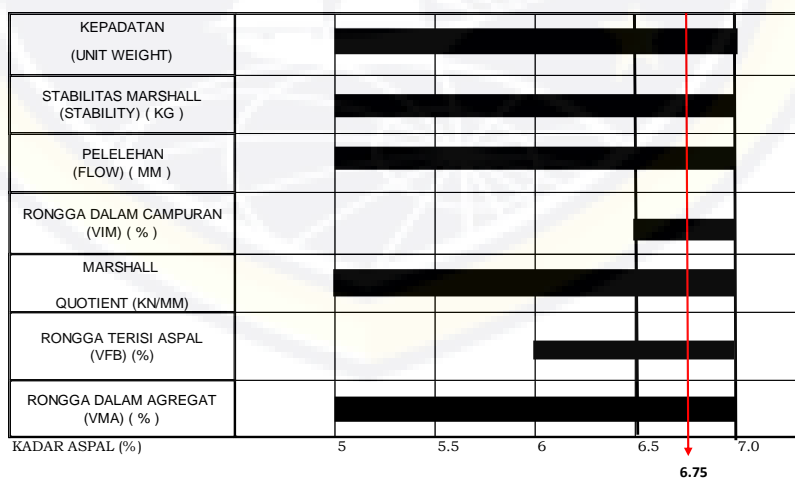


DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



Kadar Aspal Optimum = $\frac{6,5\% + 7\%}{2} = 6,75\% \Rightarrow 7\%$

2



**KADAR ASPAL OPTIMUM
ASPAL EMULSI**

MARSHALL TEST
{ AASHTO T. 245 - 97 [2003] }

Aspal Berat Jenis Aspal (T) Enkusi 1,065 g/cc

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)	Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal (%)	Bj Bulk Gab	Bj Efektif Gab	Bj Maks Campuran (GMM)	Berat (gram)				Volume Uji (cc)	Bj Bulk Campuran (kepastian)	Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg) Pembecatan	Pelebaran (mm)	Marshal Quotien (kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film (100(A-P) / (100-A))	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)											
							No	Bj. Batu Pecah 1 - 2	Bj. Batu Pecah 0.5 - 1	Bj. Batu												Aggregat	Bj. bulk	Bj. Senu.								
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w										
I	20 45 34 1	4.02	5	2.75	2.83	2.30	1173.9	695.4	1185.7	490.3	2.39	7.7	68.0	1025.9	3.00	342.0	5.17	1.0	8.03	17.18	54.96											
II	20 45 34 1	4.02	5	2.75	2.83	2.30	1178.7	697.0	1187.8	490.8	2.40	7.5	55.0	890.6	3.50	280.2	5.17	1.0	8.03	16.93	56.97											
III	20 45 34 1	4.02	5	2.75	2.83	2.30	1172.2	695.1	1183.6	485.5	2.41	7.0	50.0	905.2	4.00	226.3	5.17	1.0	8.03	16.49	57.79											
I	20 45 34 1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.57	1174.9	696.8	1185.70	488.87	2.40	7.39	64.3	970.56	3.50	292.8	5.17	1.0	8.03	16.87	56.25											
II	20 45 34 1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.57	1176.1	693.9	1182.7	488.8	2.41	6.5	73.0	1101.3	2.80	393.3	5.17	1.0	9.11	17.21	67.19											
III	20 45 34 1	4.53	5.5	2.75	2.83	2.57	1178.8	692.5	1184.1	491.6	2.40	6.8	85.0	980.6	3.80	258.1	5.17	1.0	9.11	17.49	60.98											
I	20 45 34 1	5.04	6	2.75	2.83	2.57	1174.0	694.30	1184.47	490.17	2.40	6.59	66.7	1035.92	3.27	324.0	5.17	1.0	9.11	17.3	61.9											
II	20 45 34 1	5.04	6	2.75	2.83	2.55	1163.0	695.6	1180.4	484.8	2.40	6.0	78.0	1176.7	2.70	435.8	5.17	1.0	10.19	17.90	66.38											
III	20 45 34 1	5.04	6	2.75	2.83	2.55	1165.3	692.8	1184.8	492.0	2.37	7.2	73.0	1101.3	3.80	299.8	5.17	1.0	10.19	18.94	61.93											
I	20 45 34 1	5.53	6.5	2.75	2.83	2.55	1161.8	695.5	1172.7	473.2	2.46	3.8	75.0	1131.5	3.10	365.0	5.17	1.0	10.19	15.97	78.13											
II	20 45 34 1	5.53	6.5	2.75	2.83	2.55	1163.37	695.97	1175.30	483.33	2.41	5.69	75.33	1135.50	3.20	353.54	5.17	1.02	10.19	17.60	60.15											
III	20 45 34 1	5.53	6.5	2.75	2.83	2.53	1179.6	697.3	1185.4	486.1	2.42	4.5	74.0	1116.4	3.30	338.3	5.17	1.0	11.25	17.73	74.36											
I	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.53	1183.9	694.6	1188.4	492.8	2.40	5.3	86.0	995.7	3.90	284.5	5.17	1.0	11.25	18.38	71.15											
II	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.53	1185.8	697.1	1190.2	493.1	2.40	5.0	72.0	1086.2	2.90	374.6	5.17	1.0	11.25	18.13	72.34											
III	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.53	1183.10	696.33	1186.00	491.67	2.41	4.95	70.67	1066.10	3.23	332.45	5.17	1.03	11.25	18.09	72.62											
I	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1175.3	685.9	1181.3	482.4	2.39	5.0	84.0	965.5	3.70	261.0	5.17	1.0	12.39	18.18	74.15											
II	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1174.9	691.8	1180.7	485.9	2.40	4.3	80.0	905.2	3.00	301.7	5.17	1.0	12.39	18.63	76.96											
III	20 45 34 1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1178.5	692.4	1183.3	489.9	2.40	4.4	75.0	1131.5	3.30	342.9	5.17	1.0	12.39	18.71	76.44											
SPESIFIKASI																						Min 4.3	Min 16	Max 1.2	Min 250	Min 2.4	Min 800	Max 3.0 - 5.0	Min 3.0	Min 250	Max 1.2	Min 65

Makassar 2021
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

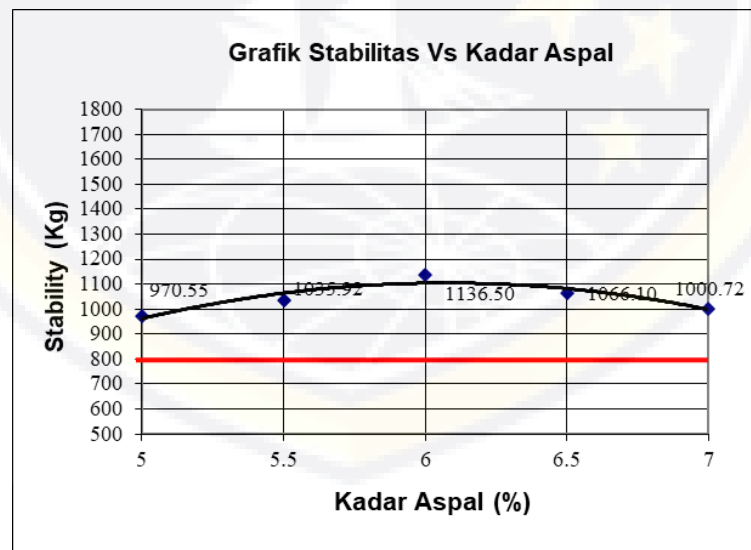
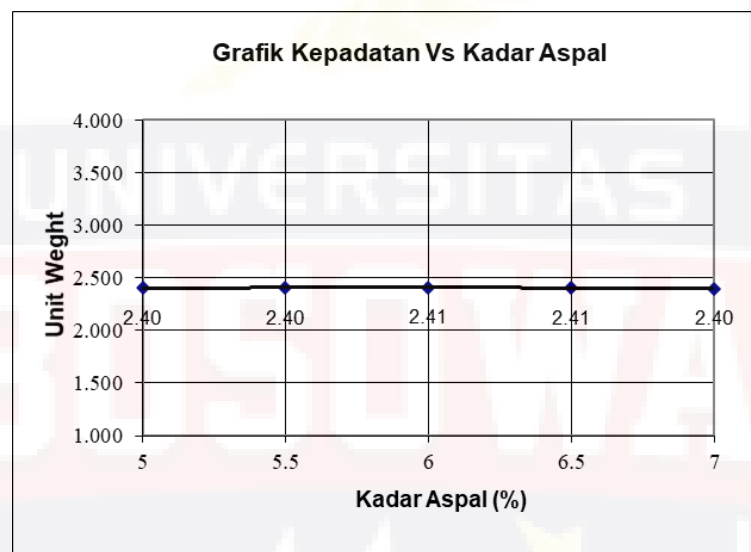


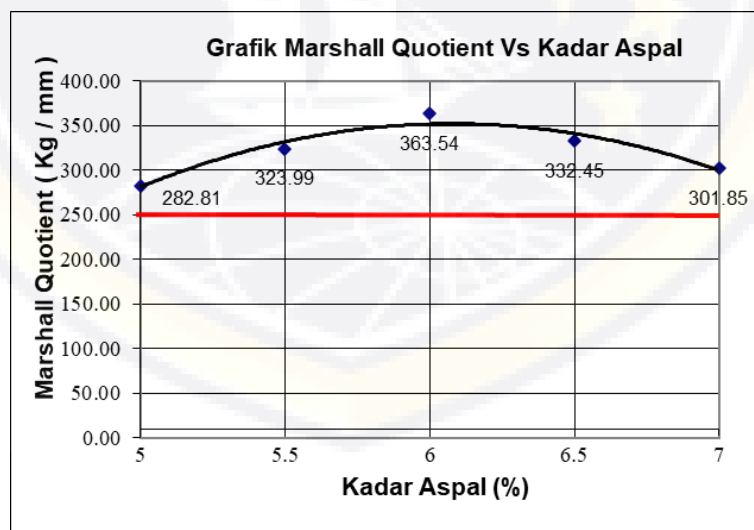
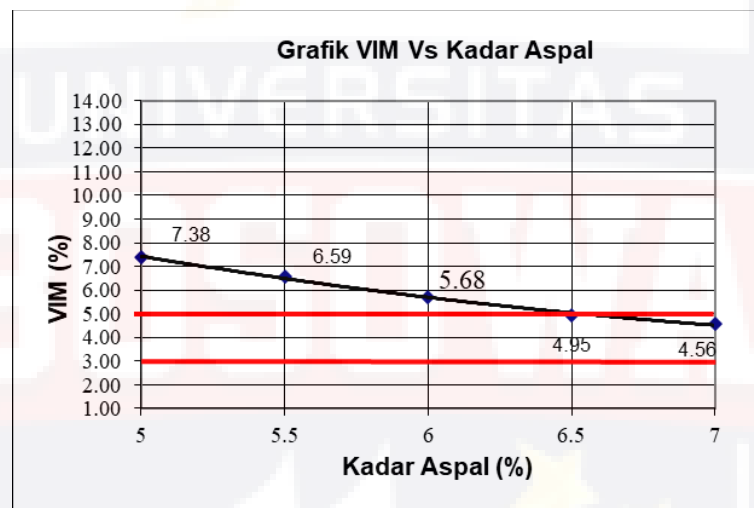
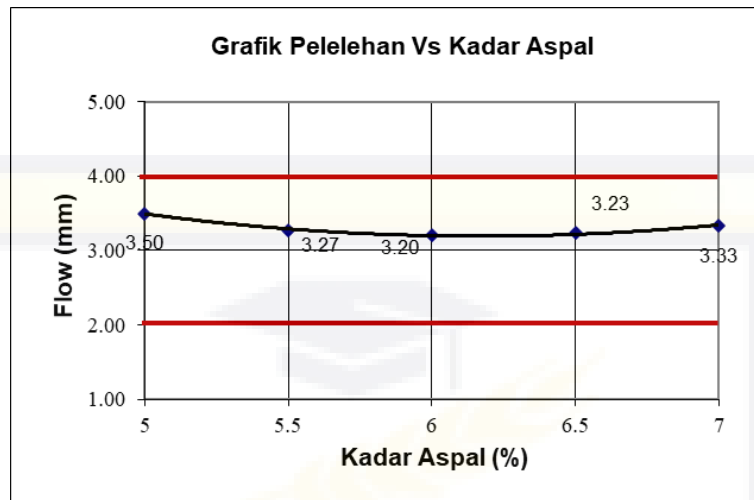
Ir. H. Abd Rahim Nurdin, MT

GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
5	2.40	970.55	3.50	282.8	7.38	16.87	56.25
5,5	2.40	1035.92	3.27	324.0	6.59	17.28	61.89
6	2.41	1136.50	3.20	363.5	5.68	17.60	68.15
6,5	2.41	1066.10	3.23	332.4	4.95	18.08	72.62
7	2.40	1000.72	3.33	301.8	4.56	18.84	75.82





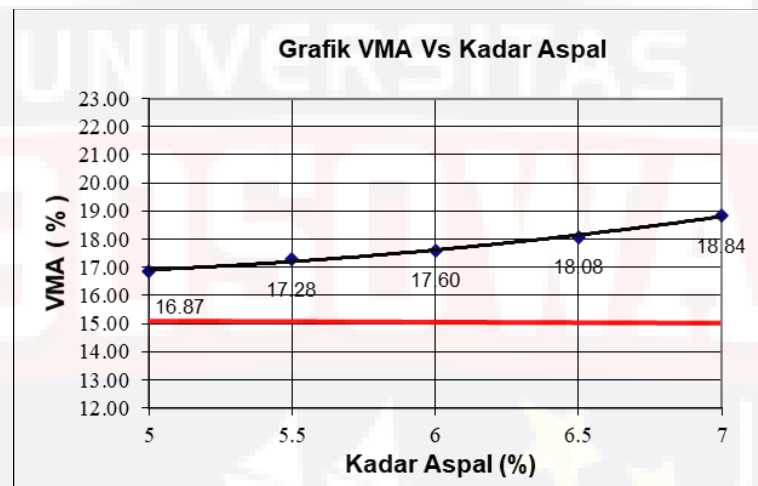
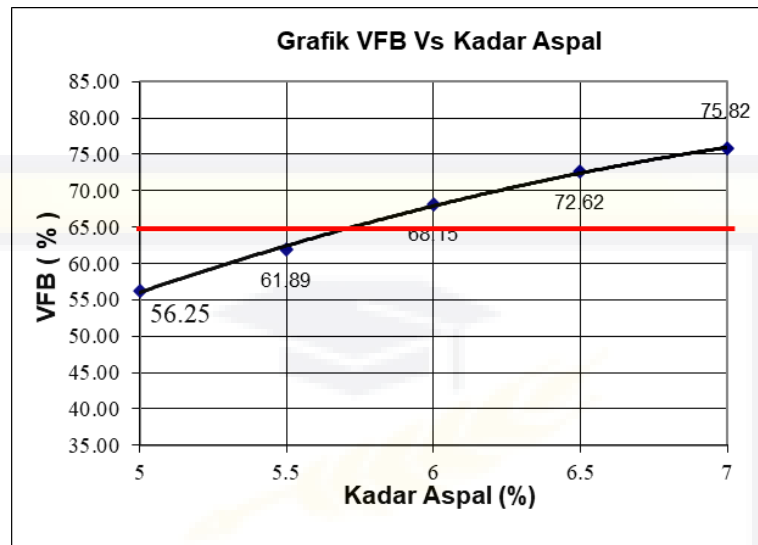


DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM

KEPADATAN (UNIT WEIGHT)									
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) (KG)									
PELELEHAN (FLOW) (MM)									
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) (%)									
MARSHALL QUOTIENT (KN/MM)									
RONGGA TERISI ASPAL (VFB) (%)									
RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) (%)									
KADAR ASPAL (%)	5	5.5	6	6.5	7.0				

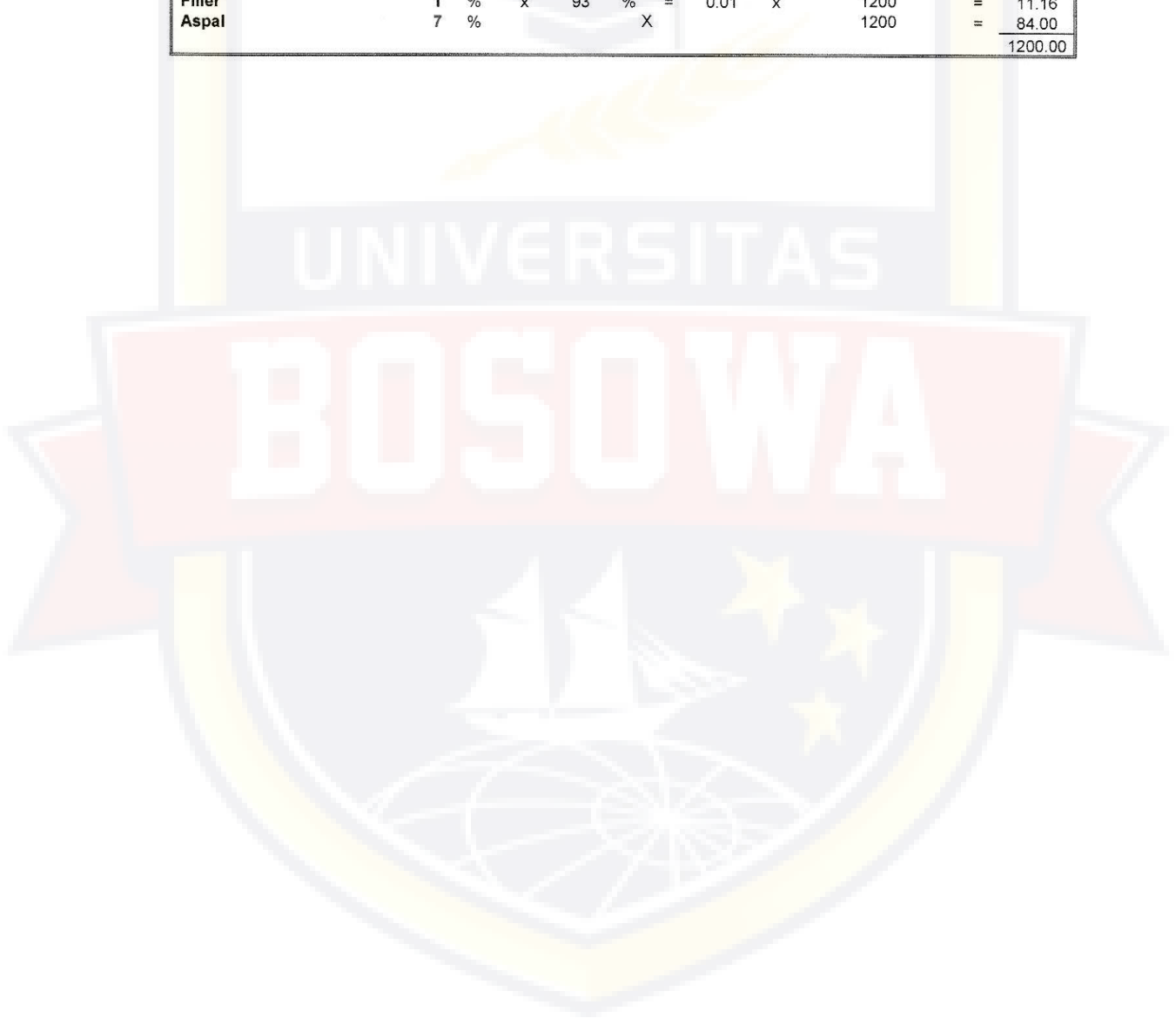
6.75

Kadar Aspal Optimum = $\frac{6,5 \% + 7 \%}{2} = 6,75 \% \Rightarrow 7 \%$

2

PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN ASPAL

Kadar Aspal		=	7	%		100	%	-	7	%	=	93
Hasil Combine												
Batu Pecah 1-2 cm	20	%	x	93	%	=	0.19	x	1200	=	223.20	
Batu Pecah 0.5-1 cm	45	%	x	93	%	=	0.42	x	1200	=	502.20	
Abu Batu	34	%	x	93	%	=	0.32	x	1200	=	379.44	
Filler	1	%	x	93	%	=	0.01	x	1200	=	11.16	
Aspal	7	%			X				1200	=	84.00	
											1200.00	





MARSHALL TEST
(AASHTO T. 245 - 97 (2003))

NAMA : Herman	PENETRATION GRADE OF BITUMENT		: 60/70
	SPECIFIC GRAVITY OF BITUMENT (T)		1,005 g/cc

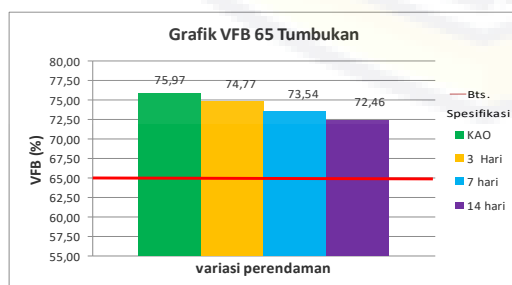
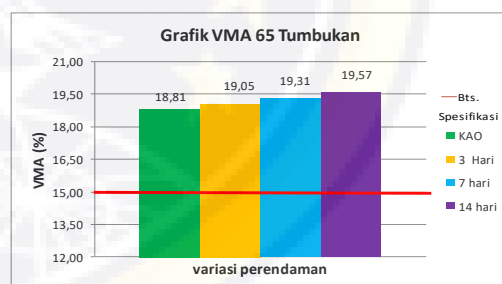
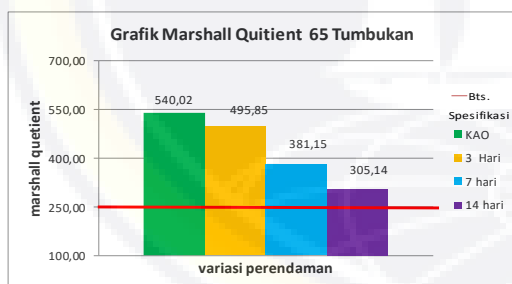
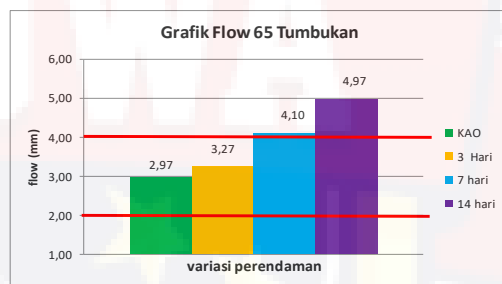
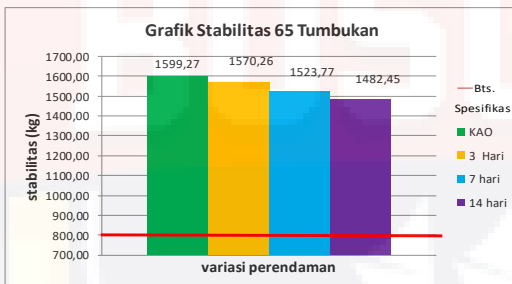
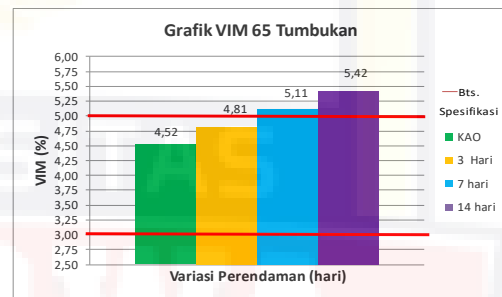
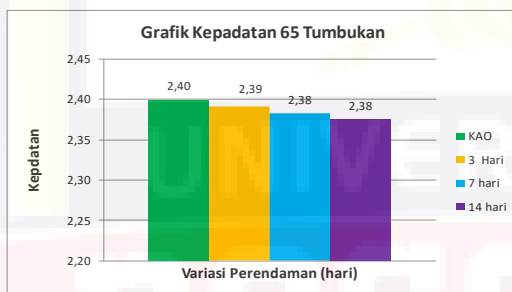
MIX : AC - WC Gradasi.....
PURPOSE : DMF
DATE OF TESTING :

No	AGGREGATE (ov dry)			
	a	b	c	d
a	Coarse Agregat (1 - 2)	2,63	2,77	
b	Coarse Agregat(0.5 - 1)	2,66	2,84	
c	Fine Agregat	2,86	3,12	
d	Filler			

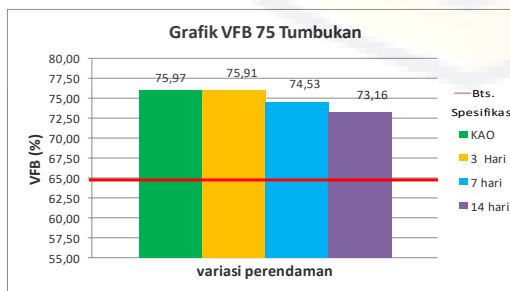
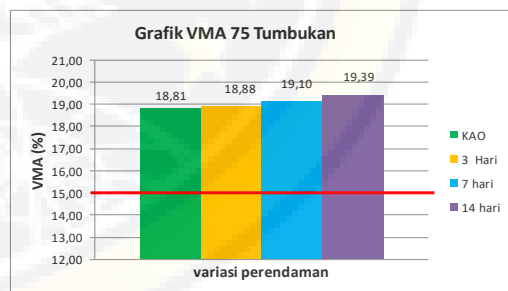
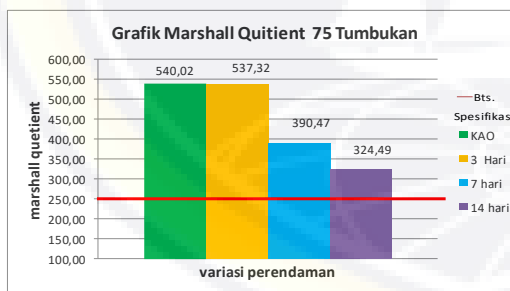
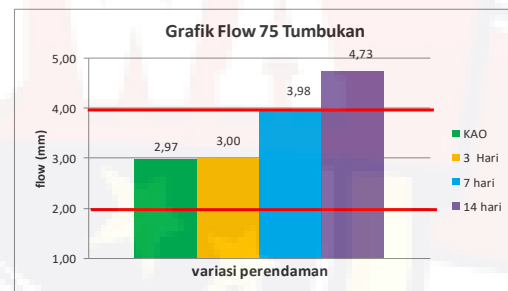
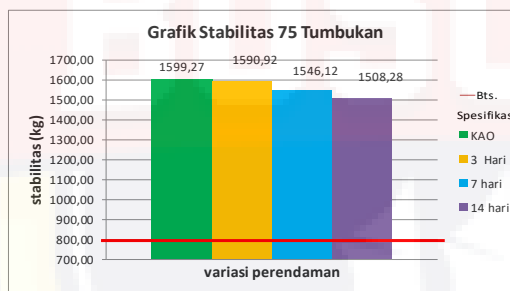
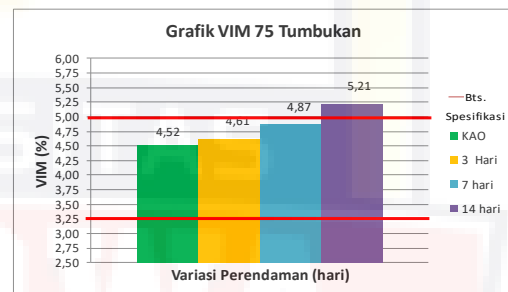
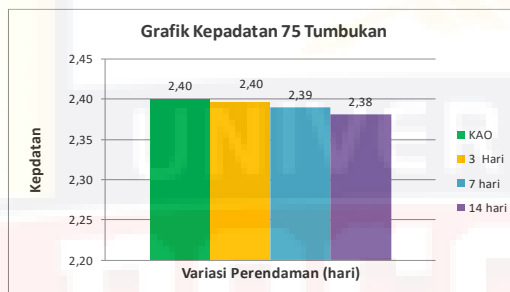
STATION

No	Mix Proportion (% by wt of total aggregate)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Bulk gab	Bj Efektif gab	Bj Max Campuran (GMM)	Berat (gr)			Volume benda uji	BJ Bulk CAMPURAN pematadatan	% V _{im}	Stability Kg		Flow (mm)	Marshall Quoten (kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
	a	b	c	d						A	B	C				D	E						
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K	
		A		B		C																	

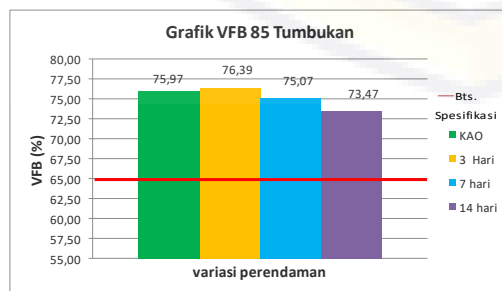
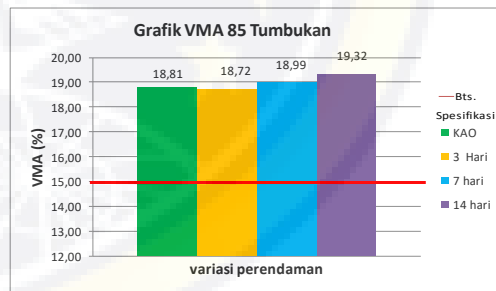
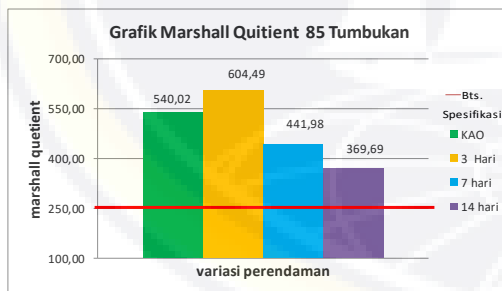
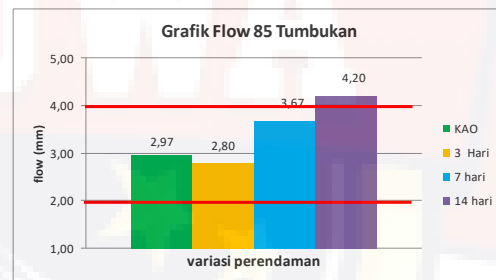
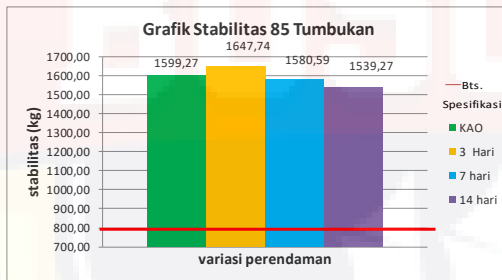
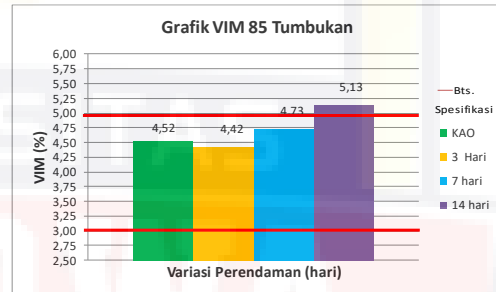
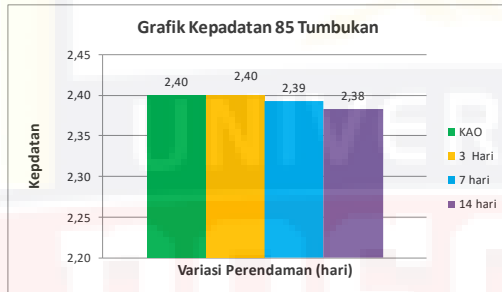
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	65 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,39	2,38	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1570,26	1523,77	1482,45	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3,27	4,10	4,97	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,81	5,11	5,42	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	19,05	19,31	19,57	Min 15
6	VFB (%)	75,97	74,77	73,54	72,46	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	495,85	381,15	305,14	Min 250



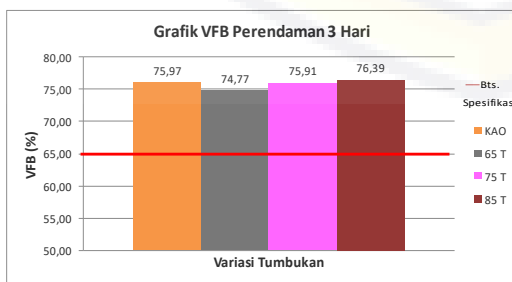
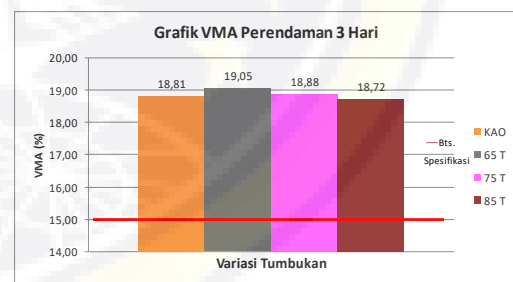
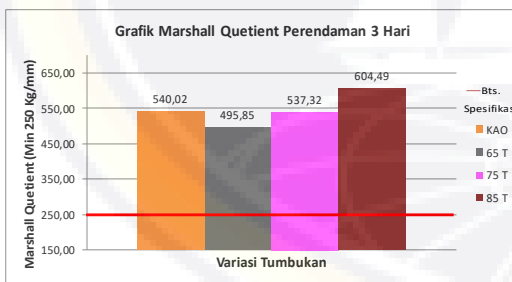
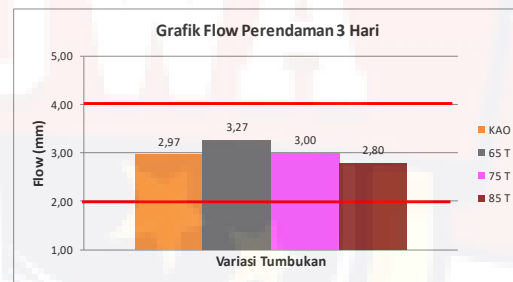
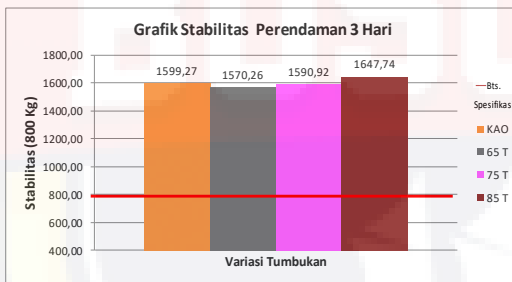
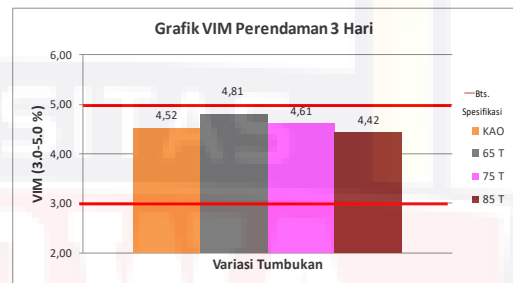
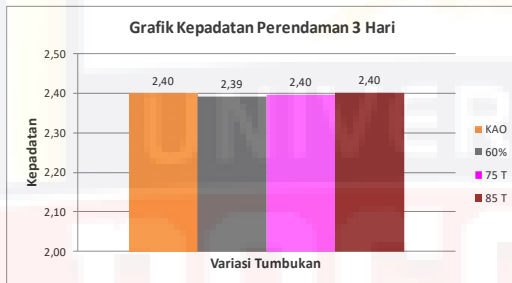
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	75 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1590,92	1546,12	1508,28	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3,00	3,98	4,73	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,61	4,87	5,21	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	18,88	19,10	19,39	Min 15
6	VFB (%)	75,97	75,91	74,53	73,16	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	537,32	390,47	324,49	Min 250



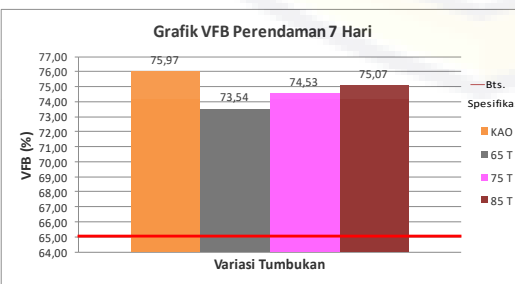
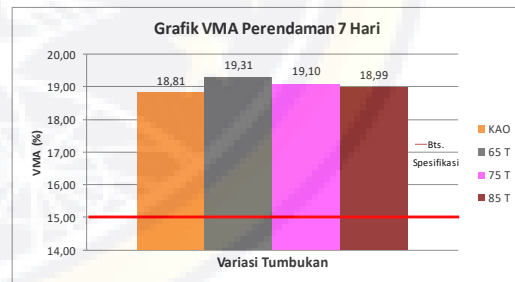
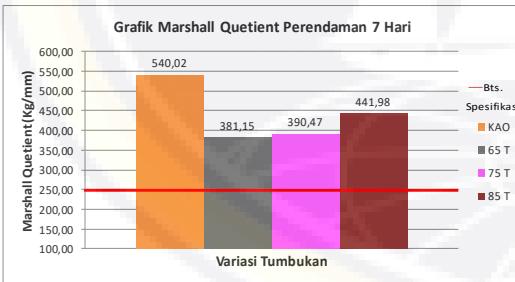
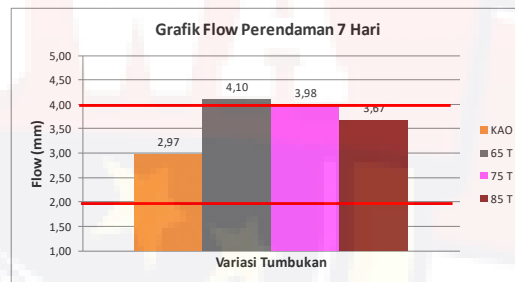
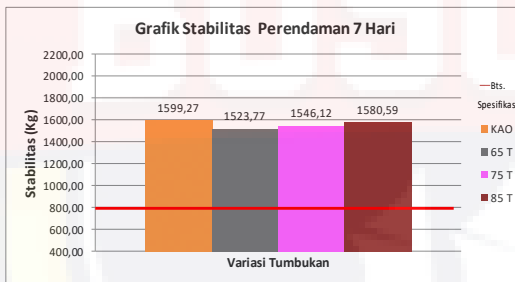
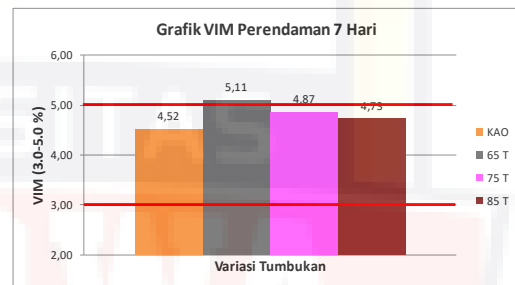
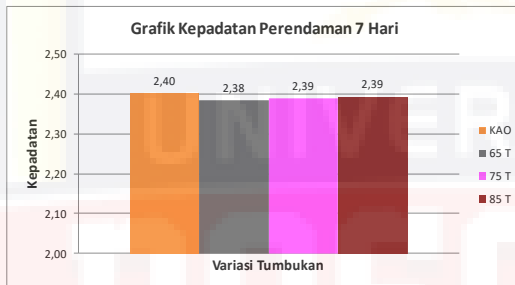
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	85 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1647,74	1580,59	1539,27	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	2,80	3,67	4,20	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,42	4,73	5,13	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	18,72	18,99	19,32	Min 15
6	VFB (%)	75,97	76,39	75,07	73,47	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	604,49	441,98	369,69	Min 250



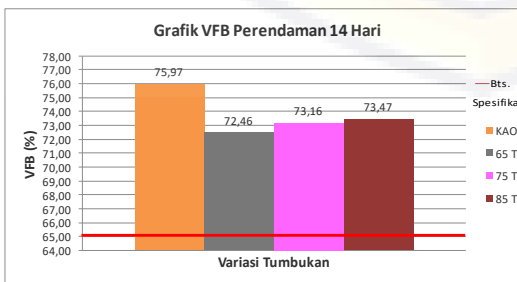
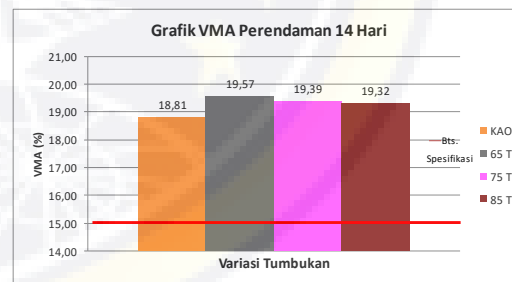
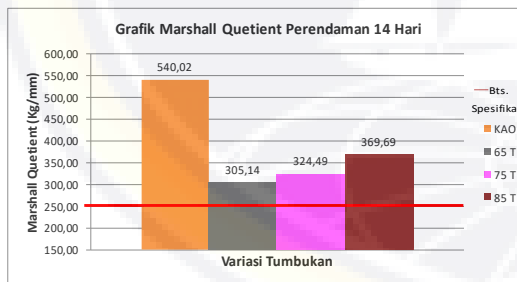
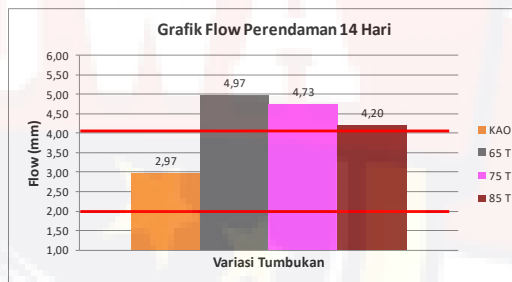
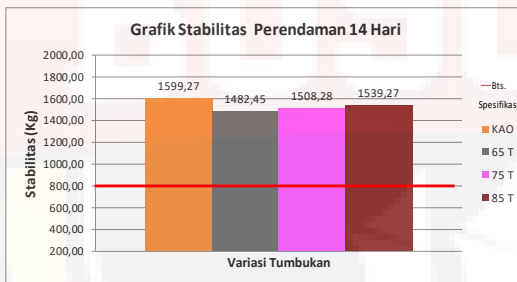
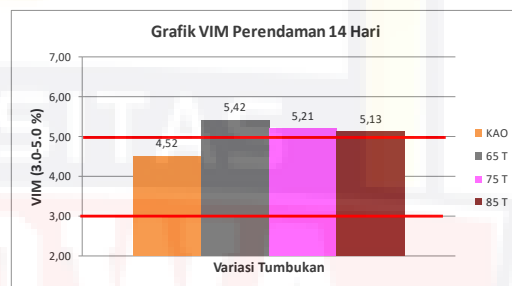
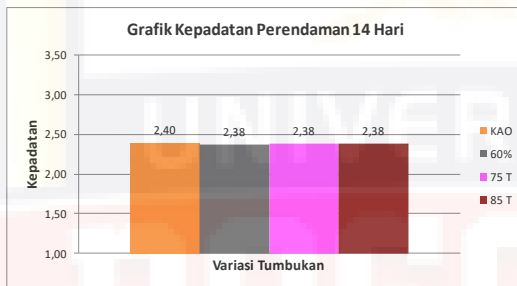
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 3 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,39	2,40	2,40	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1570,26	1590,92	1647,74	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3,27	3,00	2,80	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	4,81	4,61	4,42	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	19,05	18,88	18,72	Min 15
6	VFB (%)	75,97	74,77	75,91	76,39	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	495,85	537,32	604,49	Min 250



No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 7 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,38	2,39	2,39	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1523,77	1546,12	1580,59	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	4,10	3,98	3,67	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	5,11	4,87	4,73	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	19,31	19,10	18,99	Min 15
6	VFB (%)	75,97	73,54	74,53	75,07	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	381,15	390,47	441,98	Min 250



No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 14 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,38	2,38	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1599,27	1482,45	1508,28	1539,27	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	4,97	4,73	4,20	2 - 4
4	VIM (%)	4,52	5,42	5,21	5,13	3 - 5
5	VMA (%)	18,81	19,57	19,39	19,32	Min 15
6	VFB (%)	75,97	72,46	73,16	73,47	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	540,02	305,14	324,49	369,69	Min 250





ASPAL EMULSI

MARSHALL TEST
{ AASHTO T. 245 - 97 (2003) }

Nama : Herman
Aspal : Emulsi : 1,005 gr/cc
Berat Jenis Aspal : Herman :
di Tes Oleh :

No	Bj Buluk	Bj Semu
a	2,85	2,77
b	2,86	2,84
c	2,86	3,12
d	3,14	3,14

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)		Berat (Gram)		Bj Buluk Campuran (G/M)	Bj Elektif Gabungan	Bj Buluk Gabungan	Bj Elektif Gabungan	% Rongga Dalam Campuran (MM)	Stabilitas (Kg)		Lias Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)		
	a	b	c	d	Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Di Ubara Dalam Air (In Air)	Keiring Permukaan (SSD)						Kelebihan	Marshall Quotient						Pembacaan	Dissosiasi (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)
I	20	45	34	1	6,06	7	1182,80	685,50	2,51	2,83	2,75	2,83	4,00	71,00	1100,22	3,20	343,82	5,17	1,01	12,39	18,36	78,22
II	20	45	34	1	6,06	7	1186,90	697,70	2,51	2,83	2,75	2,83	3,84	64,00	991,74	3,30	300,53	5,17	1,01	12,39	18,23	78,92
III	20	45	34	1	6,06	7	1180,70	689,90	2,51	2,83	2,75	2,83	4,17	60,00	929,76	3,40	273,46	5,17	1,01	12,39	18,51	77,47
									2,51				4,00	65,00	1007,24	3,30	305,93	5,17	1,01	12,39	18,37	78,20
I	20	45	34	1	6,06	7	1179,50	679,90	2,51	2,83	2,75	2,83	6,61	62,00	990,75	3,40	282,57	5,17	1,01	12,39	20,58	67,89
II	20	45	34	1	6,06	7	1177,50	689,60	2,51	2,83	2,75	2,83	3,60	61,00	945,26	3,60	262,57	5,17	1,01	12,39	18,03	80,00
III	20	45	34	1	6,06	7	1175,00	685,80	2,51	2,83	2,75	2,83	3,17	71,00	1100,22	3,10	354,91	5,17	1,01	12,39	17,66	82,04
									2,51				4,46	64,67	1002,07	3,37	300,02	5,17	1,01	12,39	18,76	76,21
													Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250						Min 65

SPESIFIKASI

Stabilitas Sisa = $\frac{\text{Perendaman 30 menit}}{\text{Perendaman 24 jam}}$ = $\frac{1007,2}{1002,1}$ = 100,52 > 90

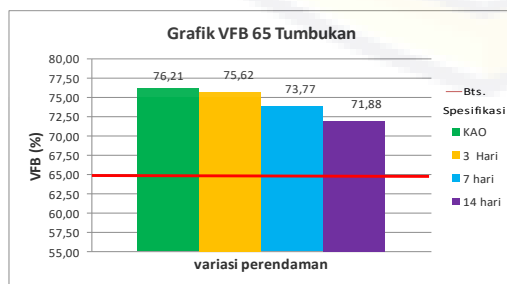
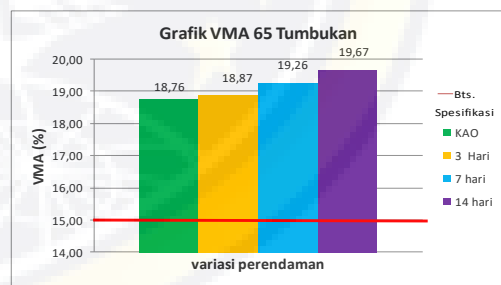
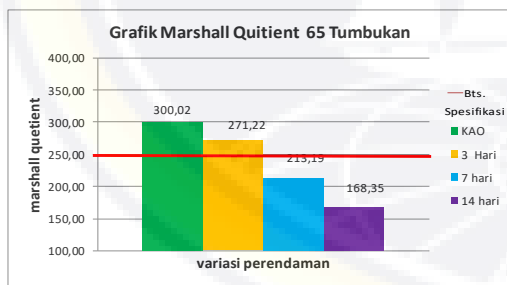
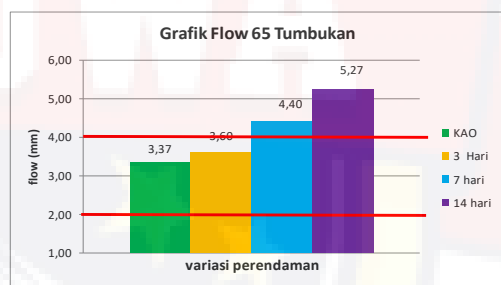
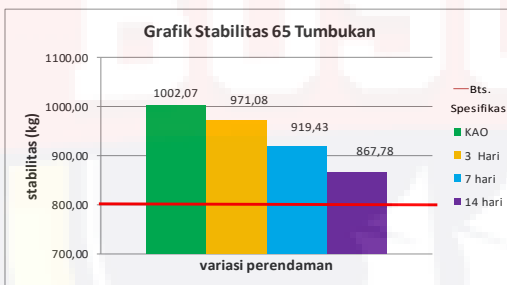
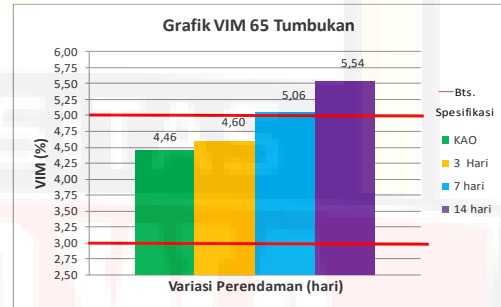
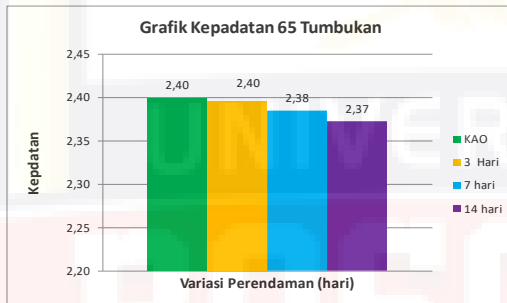
MARSHALL TEST

Nama : HERMAN
 Aspal Berat Jenis Aspal : Emulsi
 Berat Jenis Aspal : 1,005 g/cc

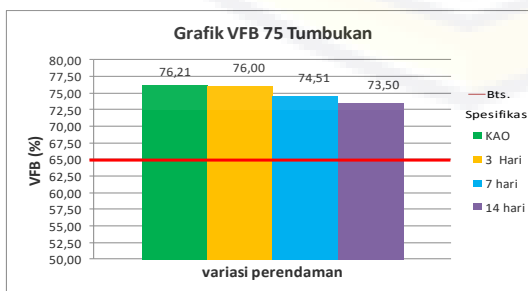
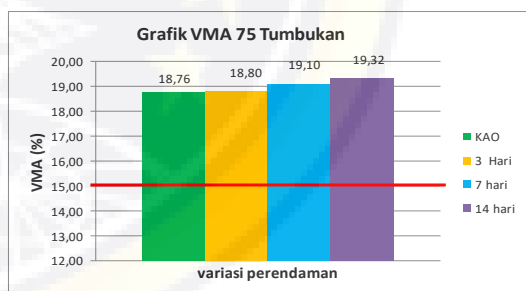
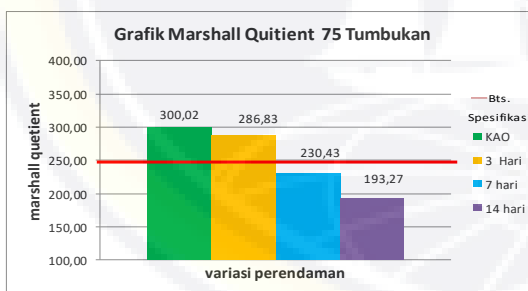
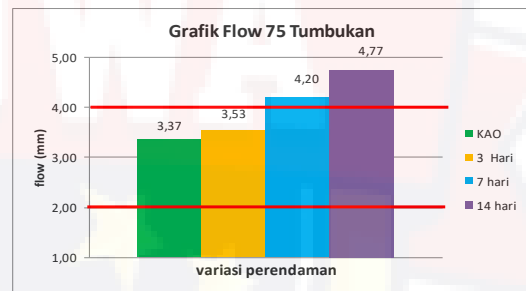
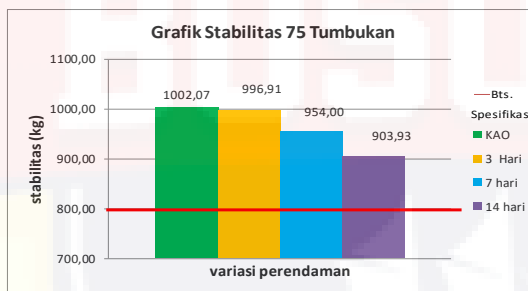
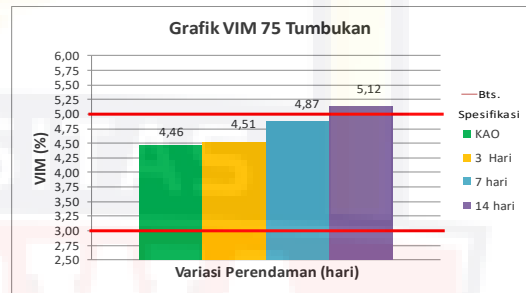
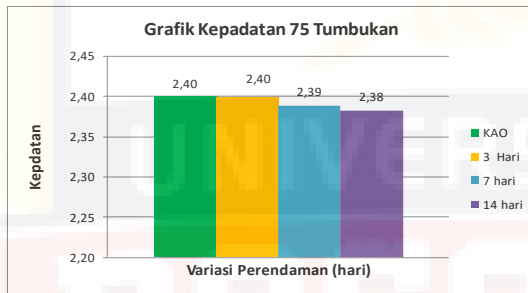
No	Bj Buluk Agregat	Bj Buluk B Semu
a	Batu Pasir 1-2	2,63
b	Batu Pasir 0,5-1	2,77
c	Batu Pasir 0,075-0,15	2,66
d	Batu Pasir 0,075-0,15	2,66
e	Batu Pasir 0,075-0,15	2,66
f	Batu Pasir 0,075-0,15	2,66
g	Filter	3,14
h	Filter	3,14

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)			Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal Efektif x (100-A)	Variasi Tambahan Kadar Aspal	Bj Buluk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Mekanismus Campuran (gmm)	Berat (Gram)			Kering Permutan (SSD)	Volume Berdiri Uj	Bj Buluk Campuran (kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (Vv)	Stabilitas (kg) Disesuaikan (kalkulasi Airt & Pelelehan Angka Koreksi)	Marshali Quotient	Luas Permutan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tenor Aspal (VFB)		
	a	b	c							d	e	f												g	h
IA	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1188,1	695,3	1188,9	493,60	2,40	4,56	62	960,75	3,80	25,83	5,17	1,01	12,39	18,84	75,80
IIA	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1186,6	691,8	1184,7	492,90	2,40	4,54	73	1131,21	3,40	32,71	5,17	1,01	12,39	18,83	75,86
IIIA	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1186,4	692,2	1188,5	495,30	2,39	4,70	53	821,29	3,60	28,14	5,17	1,01	12,39	18,86	75,20
Perendaman 3 Hari Suhu 60°C																									
IB	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1188,9	695,3	1192,9	497,60	2,39	4,86	52	805,79	4,90	16,45	5,17	1,01	12,39	19,10	74,54
IIB	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1186,6	691,8	1186,6	494,80	2,39	4,77	65	1007,24	3,80	26,06	5,17	1,01	12,39	19,02	74,90
IIIB	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1188,1	690,1	1188,8	498,70	2,37	5,13	61	945,26	4,50	21,06	5,17	1,01	12,39	19,67	71,86
Perendaman 7 Hari Suhu 60°C																									
IC	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1187,3	694,7	1192,7	498,00	2,38	5,07	52	805,79	5,90	16,57	5,17	1,01	12,39	19,27	73,71
IIC	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1184,9	686,2	1186,6	502,40	2,36	6,09	62	960,75	4,50	21,50	5,17	1,01	12,39	20,14	69,77
IIIC	20	45	34	1	6,06	7	65	2,75	2,83	2,51	1186,5	691,6	1190,9	499,30	2,37	5,46	54	836,78	5,40	15,96	5,17	1,01	12,39	19,80	72,16
Perendaman 14 Hari Suhu 60°C																									
IA	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1186,3	695,9	1190,1	494,20	2,40	4,42	72	1115,71	3,20	34,66	5,17	1,01	12,39	18,72	76,40
IIA	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1183,9	693,7	1188,3	494,60	2,39	4,69	58	888,77	4,00	24,69	5,17	1,01	12,39	18,96	75,26
IIIA	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1187,1	697,5	1192,1	494,60	2,40	4,43	63	976,25	3,40	29,13	5,17	1,01	12,39	18,73	76,35
Rata-rata																									
IB	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1188,7	698,8	1192,2	496,40	2,39	4,65	60	926,76	4,20	21,37	5,17	1,01	12,39	18,91	76,43
IIB	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1187,9	692,7	1190,5	497,80	2,39	4,98	66	1027,24	3,70	26,42	5,17	1,01	12,39	19,20	74,06
IIIB	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1185,5	690,3	1187,1	496,80	2,39	4,98	56	909,50	4,70	19,51	5,17	1,01	12,39	19,20	74,06
Rata-rata																									
IC	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1188,8	693,6	1192,3	498,70	2,38	5,08	64	991,74	4,10	24,89	5,17	1,01	12,39	19,28	73,65
IIC	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1185,7	689,3	1188,1	496,80	2,38	5,18	60	929,76	5,00	26,93	5,17	1,01	12,39	19,32	73,47
IIIC	20	45	34	1	6,06	7	75	2,75	2,83	2,51	1185,5	690,8	1188,5	497,70	2,38	5,15	51	790,30	5,20	21,96	5,17	1,01	12,39	19,34	73,86
Rata-rata																									
IA	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1186,9	690,8	1182,3	491,50	2,40	4,33	62	960,75	3,10	30,92	5,17	1,01	12,39	18,64	76,76
IIA	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1183,7	695,5	1185,1	489,00	2,42	4,33	65	1007,24	4,00	25,81	5,17	1,01	12,39	18,73	79,43
IIIA	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1188,7	698,7	1190	491,30	2,42	3,66	70	1084,72	2,70	40,75	5,17	1,01	12,39	18,07	79,76
Rata-rata																									
IB	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1184,4	692,9	1187,3	490,80	2,41	3,91	65,67	1017,57	3,27	32,16	5,17	1,01	12,39	18,28	76,66
IIB	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1181,1	692,9	1187,3	494,40	2,40	4,63	69	1069,22	3,50	30,49	5,17	1,01	12,39	18,90	76,49
IIIB	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1192,8	698,2	1192,8	497,40	2,40	4,43	65	1007,24	4,00	25,81	5,17	1,01	12,39	18,73	76,33
Rata-rata																									
IC	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1186,9	693,4	1194,2	500,80	2,38	5,39	60	929,76	4,90	18,75	5,17	1,01	12,39	19,95	72,42
IIC	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1185,6	696,9	1193,6	496,70	2,39	4,80	65	1007,24	3,80	26,06	5,17	1,01	12,39	19,95	74,79
IIIC	20	45	34	1	6,06	7	85	2,75	2,83	2,51	1192,8	699,2	1196,1	496,90	2,40	4,42	56	867,78	4,50	19,84	5,17	1,01	12,39	18,72	76,41
Rata-rata																									
SPESIFIKASI															Min 3,0 - 5,0	4,67	Min 800	min 2-4	Min 250	Min 15	Min 65				

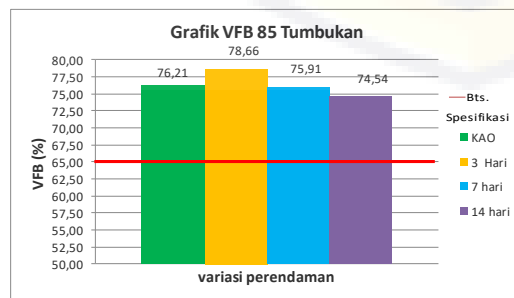
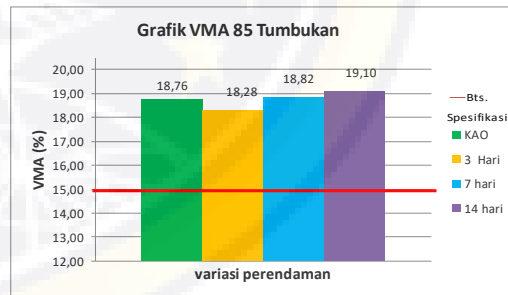
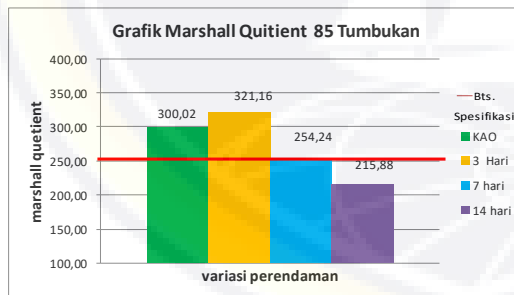
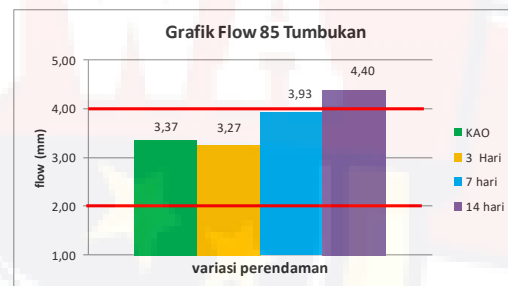
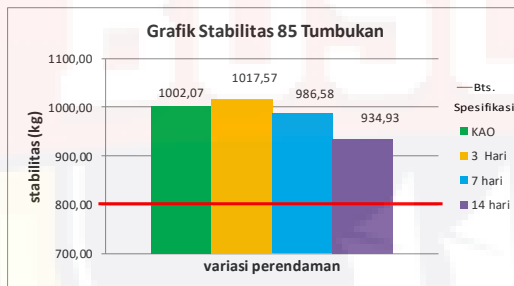
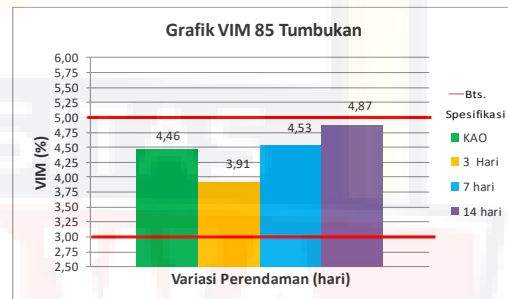
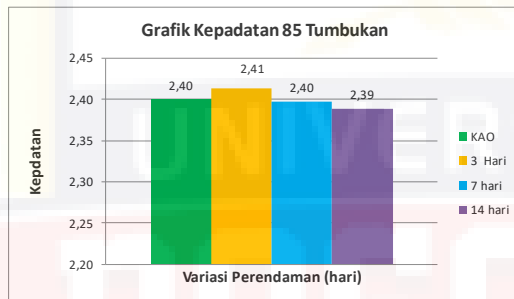
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	65 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,38	2,37	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	971,08	919,43	867,78	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,60	4,40	5,27	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	4,60	5,06	5,54	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,87	19,26	19,67	Min 15
6	VFB (%)	76,21	75,62	73,77	71,88	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	271,22	213,19	168,35	Min 250



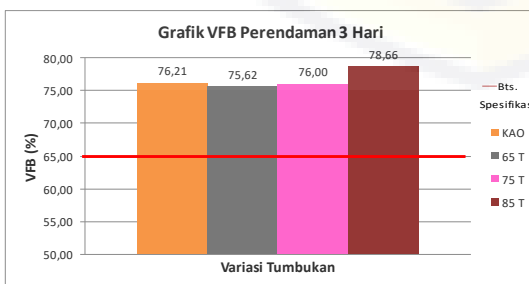
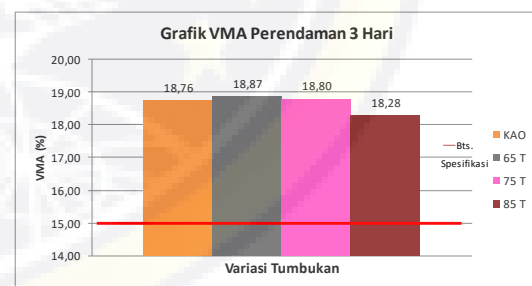
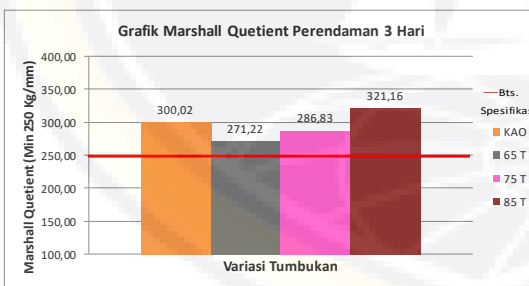
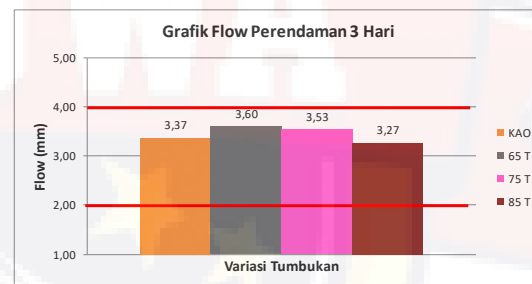
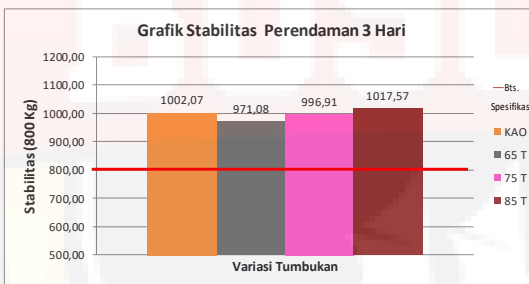
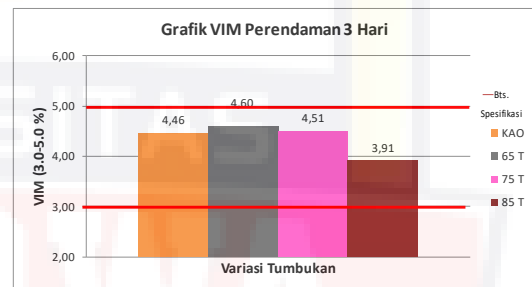
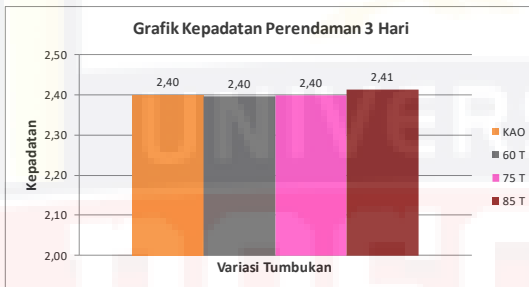
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	75 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,39	2,38	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	996,91	954,00	903,93	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,53	4,20	4,77	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	4,51	4,87	5,12	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,80	19,10	19,32	Min 15
6	VFB (%)	76,21	76,00	74,51	73,50	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	286,83	230,43	193,27	Min 250



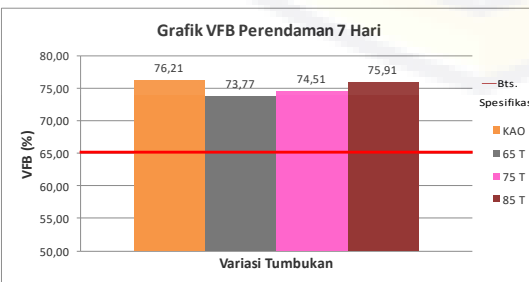
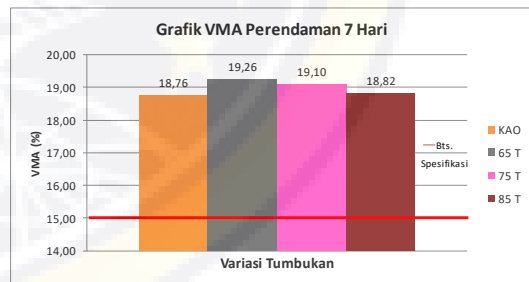
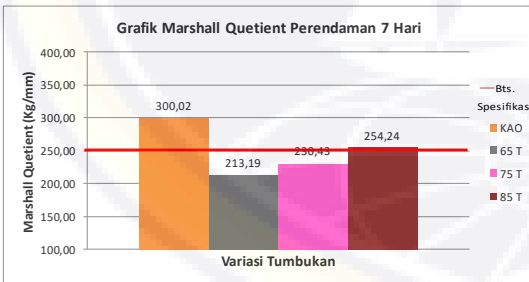
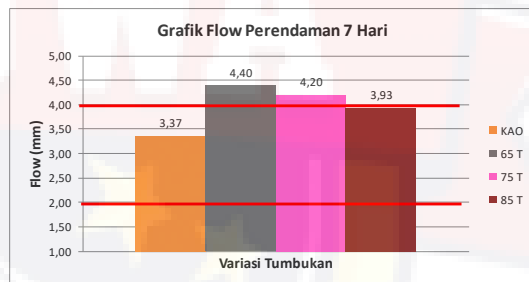
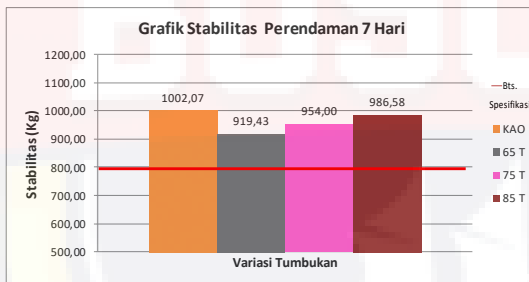
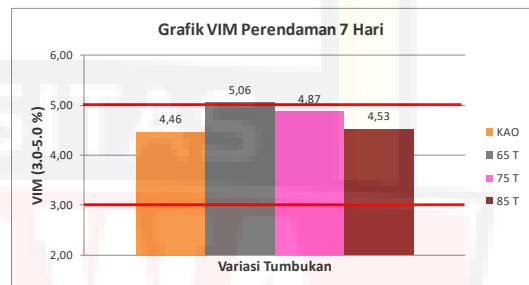
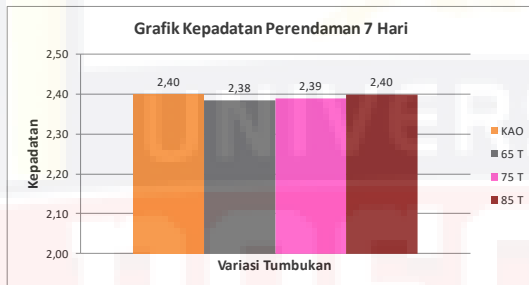
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	85 Tumbukan			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2,40	2,41	2,40	2,39	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	1017,57	986,58	934,93	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,27	3,93	4,40	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	3,91	4,53	4,87	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,28	18,82	19,10	Min 15
6	VFB (%)	76,21	78,66	75,91	74,54	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	321,16	254,24	215,88	Min 250



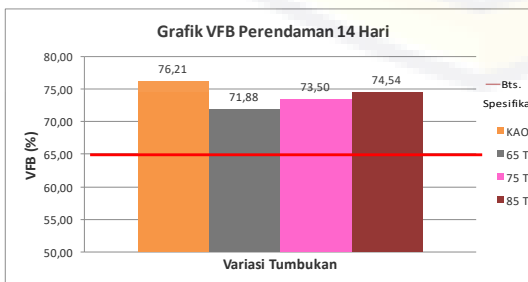
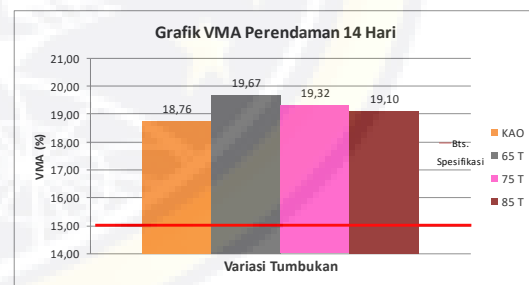
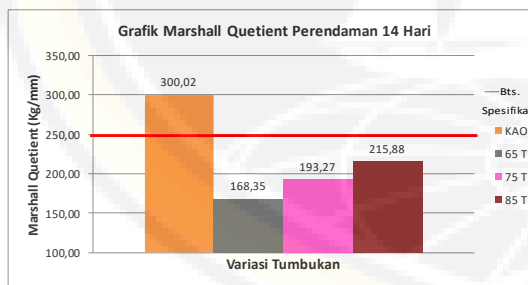
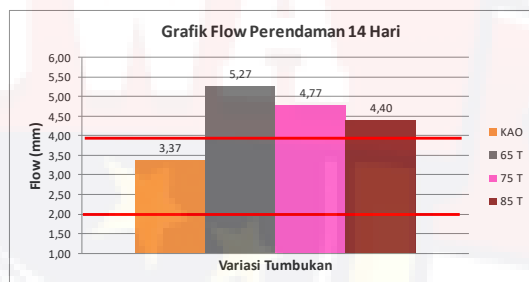
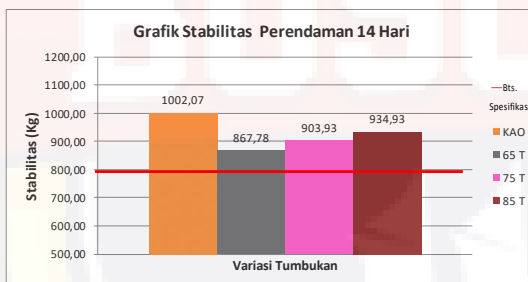
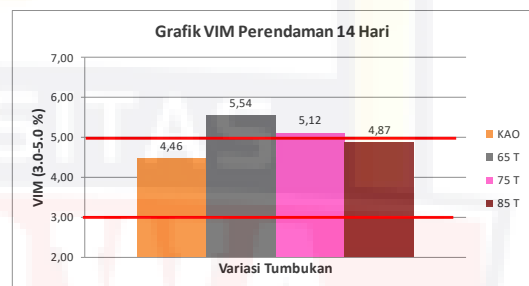
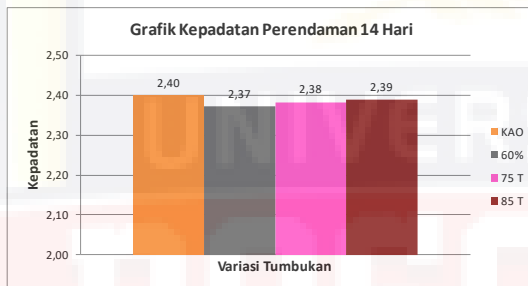
No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 3 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,40	2,40	2,41	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	971,08	996,91	1017,57	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	3,60	3,53	3,27	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	4,60	4,51	3,91	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	18,87	18,80	18,28	Min 15
6	VFB (%)	76,21	75,62	76,00	78,66	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	271,22	286,83	321,16	Min 250



No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 7 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,38	2,39	2,40	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	919,43	954,00	986,58	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	4,40	4,20	3,93	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	5,06	4,87	4,53	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	19,26	19,10	18,82	Min 15
6	VFB (%)	76,21	73,77	74,51	75,91	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	213,19	230,43	254,24	Min 250



No	Pemeriksaan	KAO 7 %				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %	Perendaman 14 Hari			
			65 T	75 T	85 T	
1	Kepadatan	2,40	2,37	2,38	2,39	-
2	Stabilitas (Kg)	1002,07	867,78	903,93	934,93	Min 800
3	Flow (mm)	3,37	5,27	4,77	4,40	2 - 4
4	VIM (%)	4,46	5,54	5,12	4,87	3 - 5
5	VMA (%)	18,76	19,67	19,32	19,10	Min 15
6	VFB (%)	76,21	71,88	73,50	74,54	Min 65
7	MQ (Kg/mm)	300,02	168,35	193,27	215,88	Min 250



**D
O
K
U
M
E
N
T
A
S
I**





Proses penimbangan material pembuatan sampel



Proses Sangrai Material



Penambahn aspal Pada material



Sangrai Material Dan Aspal



Proses memasukan material ke dalam mol briket



Proses meratakan material dan aspal menggunakan spatula



Pengukuran suhu pematangan



Proses Pematangan Briket



Proses Mengeluarkan mol briket



Proses Mengeluarkan briket



Briket Aspal



Timbang Kering Benda uji



Proses Perendaman



Proses SSD Pada Briket



Timbang SSD



Proses Timbang Dalam Air



Timbang Dalam Air



Proses Perendaman Dalam Waterbath



Proses Uji Marshall



Proses Uji Marshall