

“TUGAS AKHIR”

“Pengaruh Variasi Penurunan Suhu Pemadatan Beton Aspal (AC-WC) Ditinjau Dari Sifat Campuran Aspal Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut”

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Mencapai Gelar S- 1



Oleh

MUH. SAID

45 18 041 040

**JURUSAN SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA
MAKASSAR**

2023



UNIVERSITAS
BOSOWA

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Gd. 2 Lt 6
Makassar – Sulawesi Selatan 90231
Telp. 0411 452 901 – 452 789 ext. 116
Faks. 0411 424 568
<http://www.universitaspbosowa.ac.id>

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Judul : "Pengaruh Variasi Penurunan Suhu Pemadatan Beton Aspal (AC-WC)
Ditinjau Dari Sifat Campuran Aspal Dengan Perendaman Berulang
Menggunakan Air Laut "

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : MUH. SAID
STB : 45 18 041 040

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 :

Mengetahui,

Pembimbing 1 : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT

Pembimbing 2 : Ir. Nurhadijah Yuniarti, ST.MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa Makassar

Ketua Program Studi Teknik Sipil
FT. Universitas Bosowa

(Dr. H. Nasrullah, ST, MT, IAI)
NIDN 0908077301

(Dr. Ir. Andi Rumpang MT.)
NIDN 0001056502



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa

Nomor : A.827/FT/UNIBOS/IX/2023 Tertanggal 19 September 2023, perihal
Pangkat Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Selasa / 19 September 2023

Nama : Muh. Said

Nim : 4518 041 040

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Judul : "PENGARUH VARIASI PENURUNAN SUHU PEMADATAN
BETON ASPAL (AC-WC) DITINJAU DARI SIFAT
CAMPURAN ASPAL DENGAN PERENDAMAN BERULANG
MENGUNAKAN AIR LAUT"

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua / Ex. Officio : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT

Sekretaris / Ex. Officio : Ir. Nur Hadijah Yuniati, ST, MT

Anggota : Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

: Dr. Ir. Ahmad Yauri Yunus, ST, MT

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Makassar,

2023

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. H. Nasrullah, ST., MT.

NIDN : 09 080773 01

Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT.

NIDN : 00 010565 02

SURAT PERNYATAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : **Muh. Said**

Nomor Stambuk : **4518041040**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Variasi Penurunan Suhu Pemadatan Beton Aspal (AC-WC) Ditinjau Dari Sifat Campuran Aspal Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut.**

Mengatakan 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 Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar menyimpan, mengalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base , mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

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

Makassar, 2023

Yang membuat pernyataan



Muh. Said
Muh. Said

45 18 041 040

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 Penurunan Suhu Pemadatan Beton Aspal (AC-WC) Ditinjau Dari Sifat Campuran Aspal Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut”***. 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. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan.
2. Orang tua saya yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga Tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian transportasi.

4. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, ST. MT Selaku Dosen Pembimbing I saya, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Nurhadijah Yulianti, 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. Teman – Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2018 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama hampir 5 Tahun, Semogah kalian juga cepat menyusul.
10. 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, Oktober 2023

Muh. Said

Pengaruh Variasi Penurunan Suhu Pematatan Beton Aspal (AC-WC) Ditinjai Dari Sifat Campuran Aspal Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut

Muh. Said¹, Tamrin Mallawangeng², Nurhadijah Yuniarti³
Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa Makassar
saidmuh804@gmail.com

Abstrak. daya tahan campuran aspal beton dalam kaitannya dengan kemampuannya untuk menahan kerusakan akibat air dan suhu. Kerusakan perkerasan sering terjadi karena perubahan suhu atau adanya air dalam campuran aspal selama pematatan. Tingkat keasaman pada air laut lebih tinggi dibandingkan air tawar, yang dapat melemahkan daya rekat aspal dan agregat serta mempercepat oksidasi, sehingga menyebabkan kerusakan dini pada permukaan jalan. Penelitian ini menggunakan variasi penurunan suhu pematatan 140°C, 120°C, 100°C, 80°C dan waktu perendaman berulang 3 hari, 6 hari, dan 9 hari. Penelitian sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 menggunakan metode Marshall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan suhu pematatan mempengaruhi kinerja lapisan perkerasan aspal, yang menghasilkan peningkatan nilai Kepadatan 3 hari 2.337, 6 hari 2.340, 9 hari 2.342, Flow 3 hari 3.73, 6 hari 3.83, 9 hari 3.90 dan FVB 3 hari 74.87, 6 hari 75.49, 9 hari 76.88, sedangkan nilai VIM 3 hari 4.36, 6 hari 4.23, 9 hari 3.95, Stabilitas 3 hari 1430.40, 6 hari 1415.30, 9 hari 1337.82, MQ 3 hari 385.74, 6 hari 370.13, 9 hari 342.94 dan VMA 3 hari 17.36, 6 hari 17.20, 9 hari 17.08 mengalami penurunan karna semakin lama aspal terendam dengan air laut aspal melunak dan mudah retak.

Kata Kunci : AC-WC, Suhu Pematatan, Air Laut, Perendaman Berulang

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN TUTUP.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-3
1.3.1 Tujuan Penelitian	I-3
1.3.2 Manfaat Penelitian	I-4
1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah Penelitian.....	I-4
1.4.1 Pokok Bahasan Penelitian.....	I-4
1.4.2 Batasan Masalah Penelitian	I-4
1.5 Sistematika Penulisan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Jalan	II-1

2.1.1. Struktur Jalan	II-9
2.1.2. Perkerasan Jalan	II-11
2.1.3. Jenis Perkerasan	II-12
2.1.4. Pembebanan Pada Perkerasan jalan	II-15
2.2. Aspal	II-17
2.2.1. Fungsi Aspal	II-18
2.2.2. Suhu Dan Visikositas Aspal	II-18
2.2.3. Sifat Sifat Aspal.....	II-20
2.2.4. Sifat Kimiawi Aspal.....	II-21
2.2.4.1. Asphalten	II-22
2.2.4.2. Malten.....	II-22
2.2.5. Tes Standar Bahan Aspal	II-23
2.3. Aspal Beton.....	II-26
2.3.1. Jenis-Jenis Aspal Beton	II-27
2.3.2. Karakteristik Campuran Aspal Beton.....	II-29
2.4. Material Aspal Beton	II-32
2.4.1. Agregat	II-32
2.4.2. Sifat-Sifat Fisik Agregat.....	II-35
2.4.3. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya	II-39
2.4.4. Bahan Pengisi <i>Filler</i>	II-41
2.4.5. Gradasi Agregat.....	II-42
2.5. Marshal Test	II-45

2.5.1. Stabilitas (<i>stability</i>)	II-46
2.5.2. Pelelehan (<i>Flow</i>)	II-47
2.5.3. Kerapatan (<i>density</i>).....	II-48
2.5.4. VIM (<i>Void In The Mix</i>).....	II-49
2.5.5. VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>).....	II-51
2.5.6. VFB (<i>Void Filled With Bitument</i>).....	II-52
2.5.7. Marshal Quotient (MQ).....	II-53
2.6. Air Laut	II-54
2.6.1. Pengertian Air Laut	II-54
2.6.2. Karakteristik Air Laut	II-55
2.7. Penelitian Terdahulu	II-56
 BAB III Metodologi Penelitian	
3.1 Metode Penelitian	III-1
3.2 Bagan Alir Penelitian	III-2
3.3 Lokasi Material	III-4
3.4 Lokasi Penelitian	III-4
3.5 Bahan Penelitian	III-4
3.6 Waktu Pelaksanaan	III-5
3.7 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel	III-5
3.7.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat	
Kasar dan Halus	III-6
3.7.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Kasar	III-6

3.7.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Halus	III-7
3.7.4. Pemeriksaan Abrasi	III-7
3.7.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-8
3.7.6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	III-8
3.7.7. Pengujian Bahan Pengisi Filler.....	III-9
3.8. Pemeriksaan Aspal	III-9
3.8.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.....	III-9
3.9. Penentuan Jumlah Dan Pembuatan Benda Uji.....	III-10
3.9.1. Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-10
3.9.2. Perancangan Agregat Gabungan.....	III-11
3.9.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	III-12
3.9.4. Pembuatan Briket (Benda Uji)	III-13
3.10. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall	III-14
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1. Penyajian Data	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat.....	IV-1
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak.....	IV-4
4.1.3. Analisa Rencana Campuran.....	IV-5

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	...IV-8
4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)	.....IV-8
4.2.2. Penentuan Berat Agregat Dan Aspal Dalam Campuran	.....IV-9
4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	.....IV-10
4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	.....IV-11
4.4. Pembuatan Benda uji Dengan Variasi Penurunan Suhu Pemadatan Pada Perendaman Berulang	.....IV-17
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Variasi Penurunan Suhu Pemadatan	.....IV-17
4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshal Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	.....IV-17
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu Pemadatan 140°C Pada Campuran Aspal Beton AC-WC	.....IV-20
4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu Pemadatan 120°C Pada Campuran Aspal Beton AC-WC	.....IV-29
4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu Pemadatan 100°C Pada Campuran Aspal Beton AC-WC	.....IV-37
4.4.6. Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu Pemadatan 80°C Pada Campuran Aspal Beton AC-WC	.....IV-43
4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS	.....IV-50
4.6. Hubungan Sifat Karakteristik Berdasarkan Perbandingan Variasi Hari Perendaman	.....IV-52
4.6.1. Perendaman 3 Hari	.....IV-52
4.6.2. Perendaman 6 Hari	.....IV-55
4.6.3. Perendaman 9 Hari	.....IV-58
4.7. Hubungan Sifat Karakteristik Berdasarkan Perbandingan	

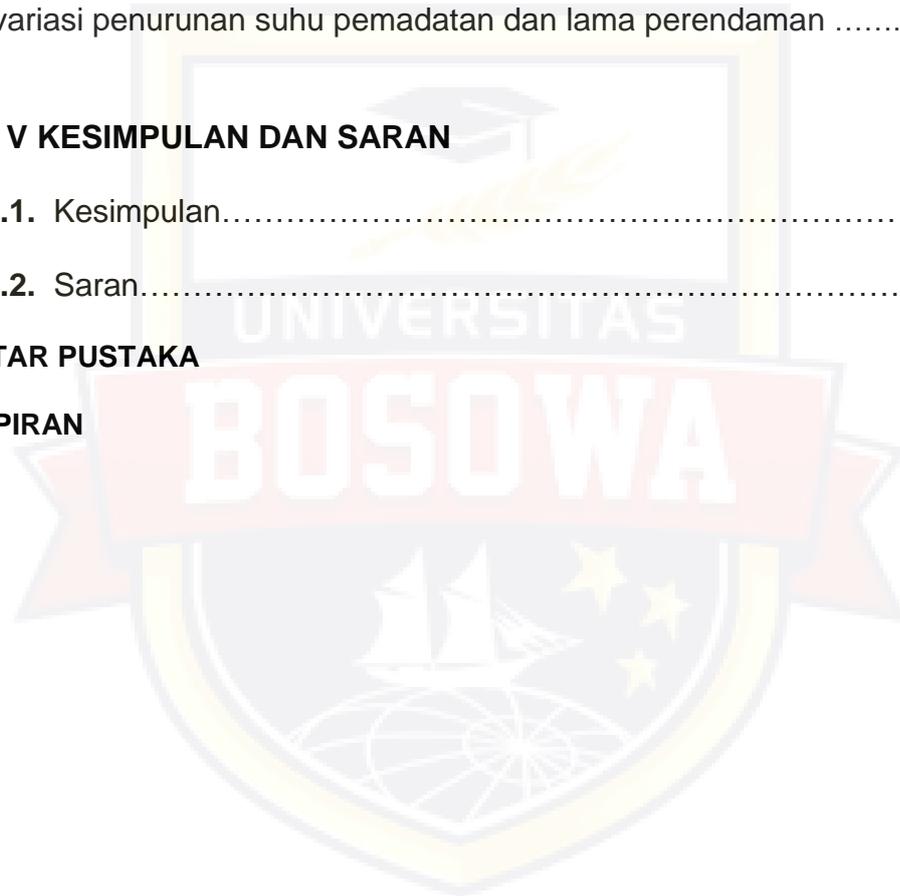
Variasi Penurunan Suhu Pematatan.....	IV-61
4.7.1. Variasi Penurunan Suhu Pematatan 140°C.....	IV-61
4.7.2. Variasi Penurunan Suhu Pematatan 120°C.....	IV-64
4.7.3. Variasi Penurunan Suhu Pematatan 100°C.....	IV-67
4.7.4. Variasi Penurunan Suhu Pematatan 80°C.....	IV-70
4.8. Grafik gabungan sifat karakteristik berdasarkan perbandingan variasi penurunan suhu pematatan dan lama perendaman	IV-73

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

➤ Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku	II-15
➤ Tabel 2.2 Ketentuan Viskositas Dan Temperatue Aspal	II-20
➤ Tabel 2.3 Pengujian Aspal Keras.....	II-26
➤ Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar.....	II-33
➤ Tabel 2.5. Ketentuan Agregat Halus	II-34
➤ Tabel 2.6 Ukuran Gradasi Filler	II-42
➤ Tabel 2.7. Ketentuan Filler.....	II-42
➤ Tabel 2.8 Gradasi Agregat Untuk Campuran Apal	II-45
➤ Tabel 2.9 Hasil Analisis Marshall Komvensional	II-56
➤ Tabel 2.10 Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Marshal.....	II-59
➤ Tabel 2.11 Rekapitulasi Karakteristik Marshall.....	II-60
➤ Tabel 3.1 Perhitungan Benda uji.....	III-10
➤ Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat.....	IV-1
➤ Tabel 4.2 Pengujian Keausan Agregat (Abrasi)	IV-2
➤ Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1).....	IV-3
➤ Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-4
➤ Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	IV-5
➤ Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC	IV-7
➤ Tabel 4.8. Komposisi campuran AC-WC	IV-9

- Tabel 4.8. Berat Aspal dan agregat pada campuran
aspal Panas AC-WC Standar..... IV-10
- Tabel 4.9 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.. IV-10
- Tabel 4.10 Hasil Marshall tes KAO IV-11
- Tabel 4.11. Komposisi campuran dengan variasi suhu pemadatan
140,120,100,80 IV-17
- Tabel 4.12. Hasil Uji Marshall Sisa KAO dengan perendaman
selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C..... IV-18
- Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu
pemadatan 140° dengan perendaman berulang kemudian di rendam
selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-18
- Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu
pemadatan 120° dengan perendaman berulang kemudian di rendam
selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-19
- Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu
pemadatan 100° dengan perendaman berulang kemudian di rendam
selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-19
- Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu
pemadatan 80° dengan perendaman berulang kemudian di rendam
selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-20
- Tabel 4.17 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS
Aspal Beton AC– WC IV-51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Konstruksi Perkerasan Kaku.....	II-13
Gambar 2.2 Gambar Konstruksi perkerasan lentur.....	II-13
Gambar 2.3 Gambar perkerasan komposit.....	II-14
Gambar 2.4 Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.....	II-50
Gambar 2.5 Pengertian Tentang VIM,.....	II-51
Gambar 2.6 Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM.....	II-51
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	III-3
Gambar 3.2 Agregat	III-4
Gambar 3.3 Aspal AC 0/70.....	III-5
Gambar 3.4 Air Laut.....	III-5
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC.....	IV-8
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall Penentuan KAO.....	IV-12
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall Penentuan KAO.....	IV-12
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall Penentuan KAO.....	IV-13
Gambar 4.2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall Penentuan KAO.....	IV-13
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall Penentuan KAO.....	IV-14

Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall	
Penentuan KAO.....	IV-14
Gambar 4.2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall	
Penentuan KAO.....	IV-15
Gambar 4.3. Diagram Penentuan Kadar Aspal	
Optimum.....	IV-15
Gambar 4.1 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140° terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-21
Gambar 4.2 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-22
Gambar 4.3 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-23
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-25
Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-26
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit	

dengan suhu 60°C.....	IV-27
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-28
Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-30
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-31
Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-32
Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-33
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-34
Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-35

Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 120°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-36
Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-37
Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-38
Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-39
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-40
Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-41
Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-42

Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 100°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-43
Gambar 4.25 Diagram hubungan penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-44
Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-45
Gambar 4.27 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-46
Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-47
Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-48
Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-49

Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 80°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....IV-50



DAFTAR NOTASI

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

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 Curing cut 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

Jalan adalah salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan pembangunan di Indonesia, jalan juga merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobalitas penduduk. Maka dari itu sangat di perlukan perencanaan struktur perkerasan jalan yang kuat dan tahan lama, (wahyudi kusharjoko,2013)

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas jalan raya adalah air dan suhu pemadatan. Air laut merupakan salah satu penyebab kerusakan pada perkerasan. Tingkat keasaman pada air laut lebih tinggi di banding air tawar, air laut (rob) memiliki kandungan tingkat keasaman, klorida (Cl⁺), sulfat (SO₄²⁻), dan tingkat alkalinitas yang tinggi yang dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal dan agregat yang mempercepat terjadinya oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada lapisan permukaan jalan. Kondisi ini dapat di perparah apabila jalan terendam dalam waktu lebih dari 24 jam dan terbebani oleh beban kendaraan yang melebihi batas yang di tentukan hal ini dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal 70% dari seluruh permukaan dunia.

Air laut memiliki sifat asam yang sangat agresif dimana di dalam dunia konstruksi perkerasan jalan sifat agresif lingkungan pesisir pantai juga memberi pengaruh yang buruk terhadap konstruksi perkerasan jalan yang berada di daerah pinggiran pantai selain adanya masalah teknis dalam perencanaan tentu adanya pengaruh dari limpasan air pasang dari air laut. Maka dari itu apabila air laut pasang atau terjadi limpasan sehingga menggenangi badan jalan aspal hal itu mempengaruhi stabilitas, kelelahan (flow), durabilitas dan uji marshal. Permukaan air laut naik menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal, kerusakan berupa pelepasan butiran (*raveling*), yang menyebabkan kinerja jalan menjadi menurun dan umur jalan menjadi singkat. Laut Indonesia rata-rata terdapat 3,5% kandungan garam per 1 liter air laut. (sumber : Wikipedia).

Keawetan suatu campuran tentunya bagaimana kemampuannya untuk menahan kerusakan akibat pengaruh air dan suhu. Kerusakan yang terjadi di perkerasan jalan sering di sebabkan karna pada saat proses pemadatan hal ini terjadi karna pada saat di lakukan proses pemadatan campuran aspal panas mengalami penurunan suhu maka dari itu perlunya di lakukan penelitian terhadap pengaruh penurunan suhu pemadatan aspal beton, yaitu Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).

Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan penelitian pengaruh variasi penurunan suhu pemadatan campuran beton aspal (AC-WC) di

tinjau dari sifat campuran dengan perendaman berulang menggunakan air laut. Spesifikasi Bina Marga 2018 yang di uji dengan metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

Di indonesia di kenal dengan dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau, pada saat musim hujan mengakibatkan jalan terendam khususnya jalan beraspal apalagi keadaan cuaca yang sulit diprediksi kadang hujan yang terus-menerus dengan durasi waktu yang tidak bisa di prediksi menyebabkan jalanan aspal terendam berulang dan mengakibatkan kerusakan pada jalan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Apakah pengaruh variasi penurunan suhu Pemadatan berpengaruh pada sifat campuran aspal AC-WC?
2. Apakah pengaruh yang di timbulkan akibat perendaman berulang menggunakan air laut terhadap sifat campuran beton aspal ACWC?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah.

1. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variasi penurunan suhu pemadatan dengan perendaman air laut terhadap sifat campuran aspal AC-WC.

2. Untuk mengetahui dan menganalisis dampak perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat campuran aspal beton AC-WC.

1.3.2. Manfaat Penelitian

1. Untuk wawasan pembaca mengenai pengaruh variasi penurunan suhu pemadatan beton aspal (AC-WC) di tinjau dari sifat campuran dengan perendaman berulang menggunakan air laut.
2. Sebagai bahan referensi dalam mengambil kebijakan pada pengaruh variasi penurunan suhu pemadatan aspal (AC-WC) dengan perendaman berulang menggunakan air laut.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Bahasan

1. Membahas pengujian agregat
2. Membahas pengaruh variasi penurunan suhu pemadatan beton aspal (AC-WC)
3. Membahas dampak perendaman air laut secara berulang
4. Pengujian di lakukan dengan uji marshal

1.4.2. Batasan masalah

1. Variasi penurunan suhu pemadatan 140°, 120°, 100°, 80° C
2. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston (AC-WC) *Asphalt Concrete-Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2018.

3. Permasalahan yang diamati adalah variasi penurunan suhu pemadatan terhadap uji marshal dengan metode perendaman berulang menggunakan air laut.
4. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70.
5. Dilakukan perendaman berulang dengan menggunakan air laut variasi 3, 6, dan 9 hari.
6. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI.
7. Material yang di gunakan di ambil dari Bantaeng , Kab. Bantaeng Sulawesi selatan.
8. Pengujian dilakukan dengan Metode Marshall.
9. Air laut yang di gunakan di ambil dari Center Point Of Indonesia (CPI) Makassar.
10. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tinjauan Pustaka

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

Bab III Metode Penelitian

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

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.

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.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan Negara. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi orang, barang atau jasa secara aman dan nyaman

Menurut UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan dan perlengkapannya di peruntukan bagi lalu lintas umum , yang berada pada permukaan tanah , di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan atau air , serta di atas permukaan air kecuali jalan rel dan jalan kabel.

Untuk terpenuhinya peranan jalan sebagaimana mestinya, pemerintah mempunyai hak dan kewajiban menyelenggarakan jalan. Agar penyelenggaraan jalan dapat dilaksanakan secara berdaya guna dan berhasil guna, diperlukan keterlibatan masyarakat. Dalam ketentuan umum UU 38 tahun 2004 tentang Jalan, ada beberapa Jalan yang berada dalam lingkup pengaturan UU 38 tahun 2004 tentang Jalan ini adalah:

Jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas jalan umum, jalan khusus dan jalan tol. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum. Jalan umum dikelompokkan menurut sistem, fungsi, status, dan kelas. Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri. Sedangkan Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunanya diwajibkan membayar tol.

1. Jalan Menurut Sistem

Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dan dengan memperhatikan keterhubungan antarkawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan perdesaan. Berdasarkan sistem jaringan jalan, maka dikenal 2 istilah, yaitu:

a. Sistem Jaringan Jalan primer

Jaringan jalan primer di susun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:

- menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan.
- menghubungkan antar pusat kegiatan nasional.

Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan yang menghubungkan antarkawasan perkotaan, yang diatur secara berjenjang sesuai dengan peran perkotaan yang dihubungkannya. Untuk melayani lalu lintas menerus maka ruas-ruas jalan dalam sistem jaringan jalan primer tidak terputus walaupun memasuki kawasan perkotaan.

b. Sistem Jaringan Jalan Sekunder

Jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan yang menghubungkan antarkawasan di dalam perkotaan yang diatur secara berjenjang sesuai dengan fungsi kawasan yang dihubungkannya.

2. Jalan Berdasarkan Fungsi

Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

1. Jalan Arteri

Sesuai UU Nomor 38 Tahun 2004, jalan arteri adalah jalan umum yang dapat di gunakan oleh kendaraan angkutan, ciri-ciri dari jalan ini

memiliki perjalanan jarak jauh dengan kecepatan tinggi, hingga adanya pembatasan secara berdaya guna pada jumlah jalan masuk. Jalan arteri terbagi atas 2 klasifikasi yakni:

a. Jalan Arteri Primer

Jalan arteri primer merupakan jalan yang menghubungkan kegiatan nasional dengan wilayah dengan kecepatan kendaraan rendah 60 km/jam ukuran lebar jalan 11 m serta tidak boleh ada gangguan oleh lalu lintas, kegiatan lokal, dan tidak diizinkan terputus di daerah perkotaan.

b. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan Kawasan primer dengan sekunder. Begitu juga untuk Kawasan jalan sekunder kesatu kedua. Kecepatan paling rendah di sini 30 km/jam lebar badan jalan juga minimal 11 m dan tidak boleh terganggu oleh kendaraan lain.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah menurut UU Nomor 38 Tahun 2004 jalan kolektor adalah jalan umum yang di tujukan untuk kendaraan angkutan pengumpul atau pembagi ciri utama dari jalan kolektor ialah jalan perjalanan sedang kecepatan kendaraan sedang dan jumlah jalan masuk di batasi. Jalan kolektor terbagi atas 2 yakni:

a. Jalan kolektor primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan secara berdaya guna antara kegiatan nasional dengan kegiatan wilayah dengan kecepatan kendaraan paling rendah 40 km/jam dengan ukuran badan jalan 9 m dan dilakukan pembatasan pada jalan masuk.

b. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan Kawasan sekunder kedua dengan jalan sekunder ketiga dengan kecepatan paling rendah adalah 20 km/jam dengan ukuran badan jalan minimal 9 m dan lalulintas cepat tidak boleh di ganggu oleh lalulintas lambat.

3. Jalan Lokal

Berdasarkan UU Nomor 28 Tahun 2004 jalan Lokal adalah jalan umum yang di tujukan untuk kendaraan angkutan lokal dengan jarak tempuh dekat, kecepatan rendah hingga adanya pembatasan pada jalan masuk. Jalan lokal terbagi atas 2 yakni:

a. Jalan lokal primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan antara kegiatan nasional dengan kegiatan lingkungan dengan ukuran badan jalan 7,5 m dengan kecepatan 20 km/jam dan jalan tidak boleh terputus pada area pedesaan,

b. Jalan lokal sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan Kawasan sekunder kesatu ,kedua dan ketiga dengan Kawasan perumahan ukuran badan jalan ialah 7,5 m. Dengan kecepatan paling rendah 10 km/jam.

4. Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan adalah jalan umum yang di tujukan untuk kendaran angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan dekat dan kecepatan rendah. Jalan lingkungan terbia ata 2 yaitu:

- a) Jalan lingkungan primer merupakan jalan yang menghubungkan kegiatan di pedesaan dengan lingkungan Kawasan pedesaan dengan lebar badan jalan 6,5 meter dengan kecepatan kendaran paling rendah 15 km/jam.
- b) Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan kegiatan di menghubungkan kegiatan dikawasan pedesaan dengan Kawasan perkotaan dengan kecepatan kendaran paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan 6,5 m.

3. Jalan Menurut Status

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.

1. Jalan Nasional

Jalan nasional sebagaimana dimaksud pada ayat 1 merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer

yang menghubungkan antar ibu kota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.

2. Jalan Provinsi

Jalan provinsi sebagaimana dimaksud pada ayat 1 merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/ kota, atau antar ibu kota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

3. Jalan Kabupaten

Jalan kabupaten sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk pada ayat (2) dan ayat (3), yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

4. Jalan Kota

Jalan kota sebagaimana dimaksud pada ayat (1) adalah jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antarpersil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

5. Jalan desa

Jalan desa sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar-permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

4. kelas Jalan

Pembagian kelas jalan diatur sesuai dengan ketentuan peraturan perundangan-undangan di bidang lalu lintas dan angkutan jalan. Pengaturan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas jalan bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil.

1. Jalan Bebas Hambatan

Jalan bebas hambatan (*Freeway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus/tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, dan tanpa adanya persimpangan sebidang, serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah dan dilengkapi dengan median.

2. Jalan Raya

Jalan Raya (*highway*) adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 (dua) lajur setiap arah.

3. Jalan sedang

Jalan sedang (*Road*) adalah jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 7 (tujuh) meter.

4. Jalan Kecil

Jalan kecil (*Street*) adalah jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 (dua) lajur untuk 2 (dua) arah dengan lebar paling sedikit 5,5 (lima setengah) meter.

2.1.1. Struktur Jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut (Suprpto, 2004) :

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

a. Lapis Aus Permukaan (*Wearing Course*)

Lapis Aus (*Wearing Course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*Binder Course*) .

Fungsi Lapisan Aus adalah (Nono, 2007) :

- 1) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air
- 2) Menyediakan permukaan yang halus
- 3) Menyediakan permukaan yang kesat

b. Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*Binder Course*) adalah bagian dari perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*Base Course*) dan lapis aus (*Wearing Course*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono 2007)

- 1) Mengurangi tegangan
- 2) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup

2. Lapisan Pondasi Atas (LPA)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah

- a) Lapis pendukung bagi lapis permukaan
- b) Pemikul beban horizontal dan vertikal
- c) Lapis perkerasan bagi pondasi bawah

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah adalah :

- a) Penyebar beban roda
- b) Lapis peresapan
- c) Lapis pencega masuknya tanah dasar ke lapis pondasi
- d) Lapis pertama pada pembuatan perkerasan jalan

4. Tanah Dasar (TD) Subgrade

Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang di padatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Tanah dasar mempunyai fungsi:

- a) Mempersiapkan lapisan di atasnya
- b) Mendukung beban perkerasan dan beban yang akan melalui perkerasan

2.1.2. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan di padatkan di atas tanah dasar. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama pelayanannya di harapkan tidak terjadi kerusakan. Agar perkerasan jalan agar sesuai dengan mutu yang di harapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat di perlukan. (Silvia Sukiman, 2003)

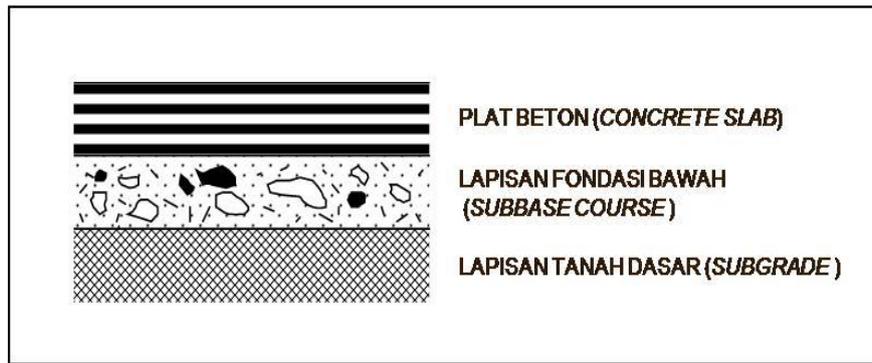
Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, maka dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

1. Daya dukung tanah dasar
2. Beban lalu lintas
3. Keadaan lingkungan
4. Masa pelayanan atau umur rencana
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi
6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada
7. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu di lakukan secara periodic sehingga umur rencana dapat tercapai

2.1.3. Jenis Perkerasan

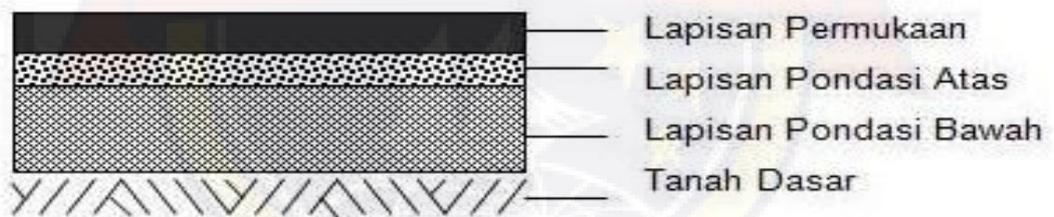
Menurut (Silvia Sukirman, 2003) berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan raya dibedakan atas 3 (tiga) jenis yaitu :

- a. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



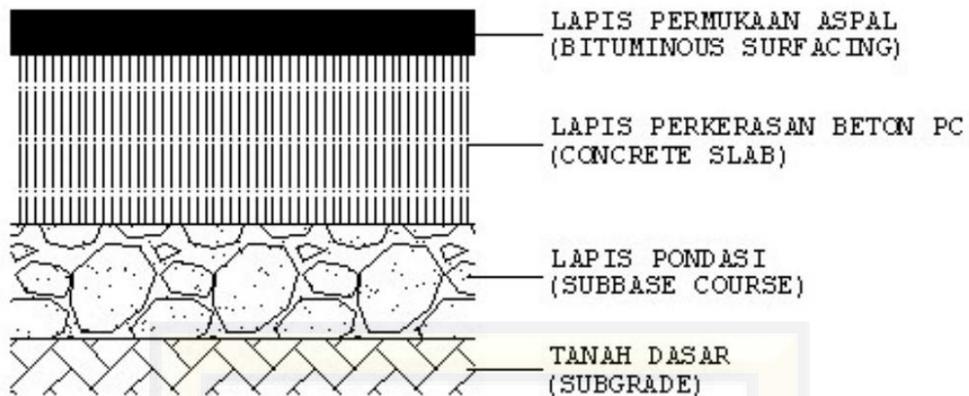
(2.1 Gambar Kontruksi Perkerasan Kaku)
 (Sumber: <http://google.gambar.perkerasan kaku.co.id>)

- b. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).



(2.2 Gambar Kontruksi Perkerasan Lentur)
 (sumber : [perkerasan lentur - Bing images](#))

- c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan yang dikombinasikan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku ataupun sebaliknya.



(2.3 Gambar kontruksi perkerasan komposit)
 (Sumber: <http://google.gambar.perkerasan komposit.co.id>)

Konstruksi perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan bagian bawah, karena tekanan makin menyebar maka tekanan yang ditimbulkan pada perkerasan bagian atas lebih berat dari pada perkerasan bagian bawah.

Di Indonesia biasa menggunakan dua jenis konstruksi perkerasan yaitu konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) dan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*). Perbedaan dari dua jenis konstruksi perkerasan ini dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

NO		Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1.	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi Beban	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4.	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah.Timbul tegangan dalam kecil	Modulus kekakuan tiak berubah timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, s.,(1992)

2.1.4. Pembebanan Pada Perkerasan Jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung pada arah vertikal (*Tegangan Statis*) yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan. Ketika kendaraan bergerak, timbul tambahan tegangan dinamis pada arah horisontal akibat akselerasi pergerakan kendaraan serta pada arah vertikal akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena perkerasan yang tidak rata. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramida dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan.

Mekanisme retak yang terjadi di lapangan terjadi karena adanya gaya tarik yang ditandai dengan adanya retak awal pada bagian bawah perkerasan yang mengalami deformasi kemudian retak ini lama kelamaan

akan menjalar kepermukaan perkerasan jalan yang dapat mengakibatkan kerusakan dan ketidak nyamanan.

Banyak hal yang menyebabkan rusaknya perkerasan jalan, salah satunya adalah karena beban tarik. Beban tarik sering menyebabkan adanya retak, terutama diawali dengan adanya retak awal (*Crack Initiation*) pada bagian bawah lapisan perkerasan yang kemudian akan menjalar kepermukaan-permukaan.

Untuk mengetahui karakteristik material perkerasan lentur di lapangan mulai dikembangkan dengan analisa di laboratorium agar tercapai mix desain yang tepat. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi :

- a) Muatan kendaraan yang berupa gaya vertikal.
- b) Gaya rem atau gaya inersia percepatan pada kendaraan berupa gaya horizontal.
- c) Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Oleh karena itu sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja

2.2. Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (cementious) yang

akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).

Aspal sebagai bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat limpasan atau air pasang air laut adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut.

Aspal memiliki sifat Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah. Aspal mempunyai sifat Thixotropy, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Terdapat bermacam – macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

2.2.1. Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
- b. 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.

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).

2.2.2. Suhu dan viskositas aspal

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki Bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Suatu benda yang dalam keadaan panas dikatakan memiliki suhu yang tinggi, dan sebaliknya, suatu benda yang dalam keadaan dingin dikatakan memiliki suhu yang rendah. Perubahan

suhu benda, baik menjadi panas atau dingin biasanya diikuti dengan perubahan bentuk atau wujudnya.

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu atau temperature, karna aspal adalah material yang termoplastis aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperature bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur yang berbeda-beda, karna kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal. Walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu.

Aspal memiliki struktur molekul yang sangat kompleks dan memiliki ukuran yang bervariasi serta jenis ikatan kimia yang berbeda-beda. Semua jenis molekul berinteraksi satu dengan yang lainnya dengan cara yang berbeda-beda, cara berinteraksi antar molekul ini sangat berpengaruh tidak saja sifat kimia aspal tetapi juga fisik dari aspal tersebut perubahan molekul dalam aspal sangat mempengaruhi sifat fisik aspal.

Tabel 2.7. Ketentuan viskositas dan temperatur aspal

No	Prosedur pelaksanaan	Viskositas aspal (pa.s)	Perkiraan temperature Aspal
			Tipe 1
1	Pencampuran benda uji marshal	0,17±0,02	155±1
2	Pemadatan benda uji marshal	0,28±0,03	145±1
3	Pencampuran, rentang temperature sasaran	0,2-0,05	145-155
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	±0,5	135-155
5	Pemasokan ke alat penghampar	0,5-10	130-150
6	Pemadatan awal (roda baja)	1-2	125-145
7	Pemadatan antara (roda karet)	2-20	100-125
8	Pemadatan akhir (roda baja)	<20	>95

Spesifikasi Umum 2018

2.2.3. Sifat sifat aspal

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

a. 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.

b. 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.

c. 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.

d. 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.

2.2.4. 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:

2.2.4.1. 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. Besar kecilnya kandungan aspalten dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologi aspal tersebut.

2.2.4.2. 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.

2.2.5. 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.

a. 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.

b. Titik Lembek

Titik nyala adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang di letakkan horizontal didalam larutan air atau gliserin yang di panaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola

baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu atau angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat di gunakan untuk menentukan kepekaan terhadap suhu. Adapun hasil yang di laporkan adalah temperatur setiap bola menyentu pelat dasar.

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

d. 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

e. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat penting, yaitu: kepekaan, ketahanan, lama atau ketahanan terhadap pelapukan.

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. Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan, ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan.

Tabel 2.8 . Pengujian 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	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas 135°C (Cst)	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100
6	Titik Lembek (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232
7	Larutan dlm Toluene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥ 1.0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456-2011	≥ 54
12	Indeks Penetrasi 4	-	≥ -1.0
14	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 50
15	Temperatur ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber : Spesifikasi Umum 2018, divisi 6. Perkerasan Aspal : Hal 40.

2.3. Aspal Beton

Lapis aspal beton (Laston) adalah suatu lapis pada konstruksi 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 Departement 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.

2.3.1. Jenis-Jenis Aspal Beton

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

1. Aspal beton campuran panas (*Hot Mix*)
2. Aspal beton campuran sedang (*Warm Mix*)
3. Aspal beton campuran dingin (*Cold Mix*)

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

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan –jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*) karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm 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 perata, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm.
 - c. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete – Base*). Tebal minimum AC-Base adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:
- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
 - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan – jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa juga disebut SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*). Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:

- a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 1,5 cm
 - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 2 cm. Gradasi agregat HRSS-B lebih kasar
4. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf.
- L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC – WC (L), AC – BC (L), AC – base (L), dan seterusnya.

2.3.2. 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 (*Silvia Sukirman, 2012*) adalah :

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. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan internal dan kohesi.

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 kedap airnya 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 repitisi 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 kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimit 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. Material Aspal Beton

2.4.1. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan suatu komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*Filler*).

Agregat untuk campuran AC-WC harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perlu diadakan pemeriksaan terhadap sifat-sifat dari agregat yang akan digunakan. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat agregat tersebut merupakan dasar dalam merencanakan komposisi campuran serta sangat menentukan kualitas dari campuran tersebut.

Kualitas agregat kasar dan halus juga berpengaruh terhadap kekuatannya. Sedangkan fungsi agregat halus pada beton aspal adalah sebagai bahan pengisi (*Filler*) yang akan mengurangi bahkan menutupi rongga-rongga udara atau rongga kosong diantara agregat kasar.

1. Agregat Kasar (*Chipping*)

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8. (2,36 mm) Dimana agregat yang digunakan terdiri dari batu

pecah atau kerikil dalam keadaan kering, bersih dari lempung, kotoran-kotoran, bahan organik, dan material asing lainnya. Serta memenuhi persyaratan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode pengujian	Nilai
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	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Maks. 90%
Butir pecah pada agregat kasar	Maks. 90%	SNI 7619-2012	100/90*)
	Lainnya		95/90**)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan no 200		SNI ASTM C177:2012	Maks. 1%

Sumber : *Spesifikasi Umum* 2018. Perkerasan aspal, divisi 6. hal 37

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan No.8 (2.36 mm) dan tertahan pada saringan NO. 200 (74 mm). Agregat halus

dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya. Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel.

Sifat-sifat khusus yang diperlukan dari agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik. Agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2022	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.

3. Ukuran Agregat

Ukuran dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Semakin besar ukuran

maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

4. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi di tentukan dengan melewatkan sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke ukuran kecil dan menimbang berat material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran di nyatakan dalam persen berat agregat.

2.4.2 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.

1. 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 almah 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.

2. 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.

3. 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 pekerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

4. 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.

5. 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 melekat pada

permukaan yang kasar sehingga akan menghasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

6. 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 porous memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porous.

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.

7. Kelekatan agregat terhadap aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, meyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrophobik 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.

2.4.3. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

Berdasarkan proses pengolahannya agregat 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 digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil.

b. Agregat Melalui Proses

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 mengurugi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Penyaringan yang dilakukan 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*)

2.4.4. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah bahan pengisi yang merupakan material ringan yang digunakan pada lapisan aspal beton yang berfungsi sebagai material kadar air dan penstabil lapisan, untuk mengeraskan aspal yang menyelimuti partikel-partikel agregat sehingga diperoleh kedudukan agregat yang lebih stabil dan kuat dalam campuran karena filler dapat mengisi rongga-rongga yang lebih kecil lagi dan menambah bidang kontak antara butir agregat. Filler juga merupakan material yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, Portland semen, abu batu dan abu sekam padi. Terlampaui tinggi kadar *filler* maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Pada sisi lain kadar *filler* yang terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperature yang relative tinggi.

Tabel 2.4. Ukuran Gradasi Filler

Ukuran saringan	Filler % Lolos
No.30 (0,59 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149 mm)	90-100
No.200 (0,074 mm)	70-100

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LATASTON)

Tabel 2.5. Ketentuan Filler

NO.	KARAKTERISTIK	METODE PENGUJIAN	PERSYARATAN
1.	Berat Jenis	AASHTO T-85 – 81	-
2.	Material Lolos Saringan No.200	SNI M-02-1994-03	MIN 70 %

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LATASTON)

2.4.5. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½inci, 3inci, 2½inci, 2inci, 1½inci, 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.

Gradaasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang di hitung 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 menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat berukuran kecil. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka karena mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga /

ruang kosong antar agregat. Campuran gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi.

b. Gradasi rapat (*Dense Graded*)

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

c. Gradasi senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang.

Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan di atas. Gradasi yang di tentukan pada spesifikasi bina marga 2018 dapat di lihat di tabel. di bawah ini.

Tabel 2.6 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat				
		HRS		WC		
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	77-90	72-90	52-71
No.4	4,75	-	-	53-69	66-82	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
No.200	0,75	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

2.5. Marshall Test

Pengujian dengan alat marshal di lakukan sesuai dengan prosedur bina marga. Pengujian ini di maksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal.

Hubungan antara ketahanan (*Stabilitas*) dan kelelahan plastis (flow) adalah berbanding lurus. Semakin besar stabilitas maka semakin besar pula flow nya dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitanya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian

juga sebaliknya. Dan jika flow semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.

Dari hasil pengamatan pada pengujian Marshall kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal (VFA), presentase rongga dalam campuran (VIM), kelelahan (flow), stabilitas, dan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (MQ). Berikut ini penjelasan dari kata-kata di atas :

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.

Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. 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. Kerapatan (*density*)

Density 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)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

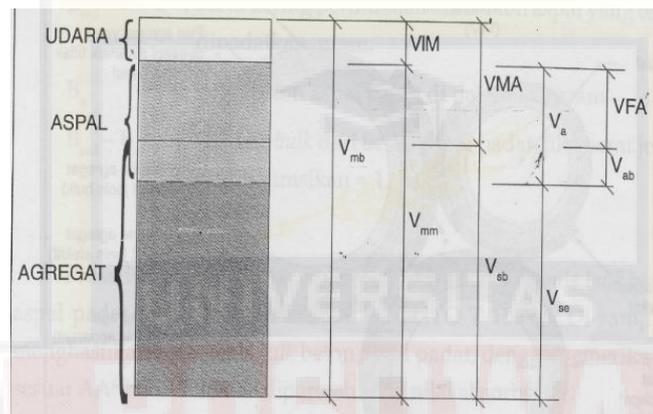
$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, presentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).



Gambar 2.6. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal
(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas)

V_{mb} = volume bulk dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} = volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat).

V_{se} = volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian masif + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing–masing butir agregat).

VMA = volume pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat.

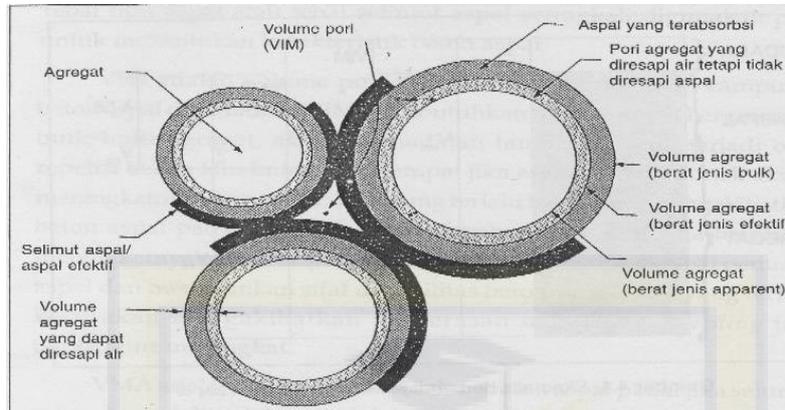
V_{mm} = volume tanpa pori dari beton aspal padat.

VIM = volume pori dalam beton aspal padat.

V_a = volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

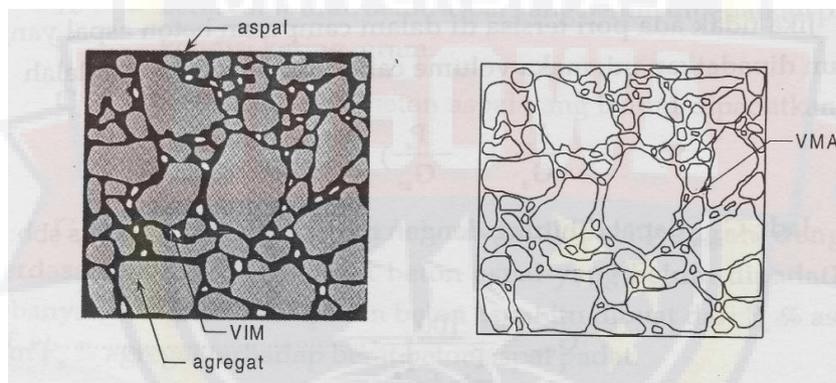
V_{ab} = volume aspal yang terabsorbsi ke dalam agregat dari beton aspal padat.



Gambar

2.7. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorbsi

(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas)



Gambar 2.8. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM.
(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas)

2.5.5. VMA (Void In Mineral Agregate)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat

agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 \times \left(\frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, presentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat, (gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \times 100 \right) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, presentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat, (gr/cc)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

2.5.6. VFB (Void Filled With Bitument)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \left(\frac{VMA - VIM}{VMA} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

VFA : Rongga udara yang terisi aspal, presentase dari VMA, (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

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. Air Laut

2.6.1. Pengertian Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat banyak dan luas di permukaan bumi yang memisahkan dan menghubungkan suatu benua dengan benua lainnya dan suatu pulau dengan pulau lainnya. Laut merupakan wilayah yang paling luas dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia dan memiliki sifat korositas yang sangat agresif. Secara umum derajat keasaman air laut berkisar antara 8,2 sampai dengan 8,4 dimana mengandung air sebanyak 96,5% sedangkan material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5% material yang terlarut tersebut 89% terdiri dari garam chlor sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium, dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik, dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*Hydrothermal Vents*) di laut dalam

Beberapa hal yang menyebabkan air laut sangat bersifat agresif dan sangat merusak adalah sebagai berikut (Ellen Tjandra, Mengenal Lautan Lepas ,Pakar Media Bogor ,2011) :

1. Air laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi
2. Mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi
3. Ion klorida yang terkandung pada air laut merupakan ion agresif.

Setelah mengambil sampel agregat maka dilakukan pengujian agregat dan aspal kembali untuk di periksa sesuai standar kementerian PU DIRJEN Bina Marga 2018, setelah pemeriksaan agregat dan aspal maka tahap selanjutnya membuat komposisi material yang akan di gunakan dalam pembuatan benda uji marshal, diikuti dengan pengujian Marshal untuk mendapatkan kadar optimum sebagai acuan penggunaan kadar aspal pada pembuatan benda uji selanjutnya.

Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis benda uji tersebut akan di gunakan untuk proses pengujian marshall setelah perendaman benda uji dalam air laut yang mempunyai variasi penurunan suhu pemadatan dengan Perendaman berulang.

2.6.2. Karakteristik Air Laut

Karakteristik massa air di perairan Indonesia umumnya di pengaruhi oleh system angin muson yang bertiup di wilayah Indonesia dan adanya arus lalu lintas Indonesia yang membawa massa air lautan pasifik utara dan selatan menuju lautan india. Pengaruh tersebut mengakibatkan suhu

permukaan perairan di Indonesia lebih dingin dengan salinitas yang lebih tinggi sebagai pengaruh terjadinya upwelling di beberapa daerah selama musim timur dan juga akibat dari masuknya massa air lautan pasifik, sedangkan pada musim barat, suhu permukaan perairan lebih hangat dengan salinitas yang lebih rendah.

Rendahnya salinitas akibat pengaruh massa air dari Indonesia bagian barat dan banyak muara sungai-sungai besar, dibawah ini merupakan karakteristik air laut secara umum, (Ellen Tjandra, mengenai lautan lepas, Pakar Media, Bogor, 2011).

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Andri Rombe Seppo, Rais Rachman, Nur Ali, dengan judul "Variasi Suhu Pematatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara" Hasil dari pengujian karakteristik Marshall konvensional yang meliputi VIM, stabilitas, VFB, flow dan VMA. Berikut adalah hasil parameter Marshall terhadap variasi pematatan.

Tabel . Hasil analisis Marshall konvensional

Kadar Aspal 6%	VIM(%) 3 – 5%	Stabilitas(Kg) Min 800 Kg	VFB (%) Min 65%	Flow(mm) 2-4 mm	VMA(%) Min 14%
90°C	4.732	1239.91	73.384	3.45	17.78
100°C	4.332	1313.56	75.149	3.22	17.43
110°C	3.839	1403.59	77.429	303	17.04
120°C	3.404	1469.06	79.429	2.78	16.65
130°C	3.026	1522.29	81.444	2.65	16.31

Sumber : Hasil Pengujian Oleh Andri Rombe Seppo, Rais Rachman, Nur Ali,

VIM (Void In Mix) Rongga dalam campuran (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara dalam campuran dengan satuan persen volume (%) (Sukirman, 2013). Hasil penelitian menunjukkan semakin bertambah suhu pemadatan, volume rongga dalam campuran semakin semakin berkurang. Berkurangnya volume rongga disebabkan karena semakin tinggi suhu, aspal semakin mencair sehingga aspal dapat mengisi rongga-rongga yang masih kosong. Persyaratan spesifikasi untuk VIM adalah 3% sampai dengan 5%, sedangkan hasil analisis nilai VIM yang terjadi adalah antara 3,026% sampai dengan 4,732%.

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis dengan satuan kilogram atau pound (Sukirman, 2013) Pada penelitian ini stabilitas cenderung meningkat sampai dengan suhu pemadatan 130oC. Nilai stabilitas yang didapatkan adalah antara 1239,91 kg sampai dengan 1552,26 kg. Kenaikan stabilitas

ini dikarenakan, pada suhu yang tinggi aspal akan mencair sehingga dapat menyelimuti agregat dengan sempurna dan ikatan antara aspal dan agregat semakin kuat.

VFB (Void Filled with Bitumen) Rongga terisi aspal (VFB) adalah bagian volume rongga dalam agregat (VMA) yang terisi aspal efektif dalam satuan % (Sukirman, 2013). Hasil pengujian VFB menunjukkan nilai antara 73,38% sampai dengan 81,44% dimana pada pengujian ini, semakin bertambah suhu pemadatan nilai VFB juga semakin bertambah. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi suhu pemadatan, aspal akan bertambah cair dan aspal akan mengisi rongga secara keseluruhan. Persyaratan VFB sesuai dengan spesifikasi adalah minimum 65%.

Flow Pelelehan (flow) adalah perubahan bentuk plastis dari campuran aspal yang terjadi akibat beban yang diterima sampai pada batas runtuh campuran tersebut yang dinyatakan dalam mm atau 0,01" (Sukirman, 2013). Hasil pengujian campuran aspal menunjukkan bahwa semakin bertambah suhu pemadatan nilai flow semakin berkurang. Nilai flow berkisar antara 2,65 mm sampai dengan 3,45 mm sedangkan persyaratan pada spesifikasi adalah antara 2 mm sampai dengan 5 mm. Flow kecil akan mengakibatkan kelenturan campuran semakin menurun sehingga campuran semakin padat dan keras begitu sebaliknya. Rongga didalam agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan termasuk rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif dengan satuan %

(Sukirman, 2013). Hasil pengujian VMA dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu pemadatan nilai rongga dalam agregat semakin berkurang. Pada suhu pemadatan 90°C nilai VMA sebesar 16,31%, sampai pada suhu pemadatan 130°C nilai VMA menurun sampai dengan 17,78%. Hal ini disebabkan rongga didalam agregat akan terisi oleh cairan aspal yang semakin panas, aspal semakin mencair. Persyaratan VMA sesuai dengan spesifikasi adalah minimum 14%.

Adapun penelitian yang terkait juga dilakukan oleh Gunawan Tarigan, Dengan Judul “Pengaruh Temperatur Pemadatan Terhadap Marshall Properties”. Hubungan antara temperatur pemadatan dengan density campuran AC-WC dapat dilihat pada:

Kadar Aspal %	Density	VIM(%) 3,5-5,5 %	Stabilitas(Kg) Min 800 Kg	VFA (%) Min 65%	Flow(mm) 2 mm	VMA(%) Min 18%	MQ (%) Min.200
50°C	2,293	6,966	787,71	62,214	2,62	18,429	301,04
70°C	2.306	6,461	825,07	64,337	2,73	17.986	301,85
90°C	2,319	5,931	878,56	66,196	2,92	17.521	301,22
110°C	2,331	5,415	931,33	68,296	3,12	17.069	298,82
130°C	2,350	4,663	956,53	71,621	3,17	16.410	302,06

Tabel . Temperatur pemadatan terhadap Nilai Marshall

Sumber : Hasil Pengujian Oleh Gunawan Tarigan

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran AC-WC didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi. Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test Marshall

tersebut diatas nilai-nilai yang memenuhi syarat untuk VMA >15% pada kadar aspal 4,5% - 6,5%, VFA > 65% pada kadar aspal 5,5% - 6,5% dan VIM 3,5% - 5,5% pada kadar aspal 5,5% - 6%, dari hasil analisis void dan uji stabilitas dan fleksibilitas di atas, ditentukan kadar aspal optimum 5,70 %, . Selanjutnya dilaksanakan penelitian untuk mencari sifat-sifat Marshall dan Perendaman standar pada kadar aspal optimum, disiapkan masing-masing pada kondisi dry dan soaked, dengan pembuatan benda uji dengan berbagai macam temperatur pemadatan. Dari semua nilai parameter Marshall yang memenuhi persyaratan adalah pada rentang kadar aspal 5,50 – 6,00%, sehingga didapat kadar aspal optimum pada nilai tengah rentang batas di atas adalah sebesar 5,70%. Pengaruh temperatur pemadatan terhadap nilai karakteristik uji Marshall, memberikan hasil bahwa semakin turunnya temperatur nilai Stabilitas semakin turun dan untuk nilai flow nya semakin turun.

Adapun penelitian selanjutnya yang terkait juga dilakukan oleh Yohan Eko Bawono dengan judul "Pengaruh Variasi Penurunan Temperatur Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Sulfur Sebagai Zat Aditif" berikut adalah hasil penurunan temperatur pemadatan menggunakan sulfur dan tanpa sulfur. Dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel : Rekapitulasi Karakteristik Marshall

Karakteristik <i>Marshall</i>		Temperatur (°C)				
		80°C	95°C	110°C	125°C	140°C
<i>Stabilitas</i> (kg)	Tanpa sulfur	475,39	758,38	1097,16	1255,425	1909,72
	Dengan sulfur	428.715	753.690	861.815	953.705	909.675
<i>Flow</i> (mm)	Tanpa sulfur	5.233	5.90	4.40	3.850	3,55
	Dengan sulfur	6.35	5.925	5.15	5.25	4.825
VITM (%)	Tanpa sulfur	15.554	12.463	9.962	10.046	5.991
	Dengan sulfur	9.130	7.698	8.299	7.237	7.04
VFWA (%)	Tanpa sulfur	51.578	56.557	61.223	59.316	70.467
	Dengan sulfur	63 495	66.543	65.928	67.783	66.742
<i>MQ</i> (Kg/mm)	Tanpa sulfur	90.667	167.727	333.054	317.17	428.659
	Dengan sulfur	77.069	99.042	149.684	167.761	174.499
IP (%)	Tanpa sulfur	100.01	67.48	62.13	69.83	93.99
	Dengan sulfur	172.15	100.36	106.08	99.75	116.08

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya Ftsp Uii Oleh Yohan Eko Bawono

Dari hasil penelitian temperatur pemadatan baik pada campuran aspal beton dengan Sulfur maupun campuran aspal beton tanpa Sulfur, kemudian disesuaikan dengan spesifikasi dari Bina Marga terhadap persyaratan untuk aspal beton yang meliputi nilai stabilitas, flow, VITM dan VFWA menunjukkan bahwa pengaruh temperatur pemadatan pada campuran aspal beton menyebabkan perubahan nilai-nilai Marshall

sedangkan penambahan Sulfur pada campuran aspal beton tidak dapat dijadikan parameter perencanaan untuk menentukan batasan dalam menentukan temperatur pemadatan. hal ini disebabkan karena nilai *flow*, VITM, VFWA dan *Quotient Marshal* tidak terpenuhi.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UIR, tentang pengaruh variasi penurunan temperatur pada aspal beton dengan bahan tambah sulfur, dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa pada kedua campuran aspal beton dengan dan tanpa sulfur untuk setiap setiap penurunan temperatur nilai stabilitas akan terus turun. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada temperatur 140°C dengan nilai 1909,72 Kg. Sedangkan campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah daripada campuran aspal beton tanpa sulfur. Nilai stabilitas tertinggi pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur dicapai pada temperatur 140°C dengan nilai 909,675 Kg. Penurunan temperatur pemadatan mengakibatkan penurunan nilai flow. Campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur memiliki nilai flow yang lebih tinggi daripada campuran aspal beton tanpa sulfur. Nilai flow tertinggi pada campuran aspal beton yang ditambahkan sulfur dicapai pada temperatur 80°C yaitu 6,35 mm, sedangkan nilai flow tertinggi pada campuran aspal beton tanpa sulfur dicapai pada temperatur 95°C yaitu 5,90 mm.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

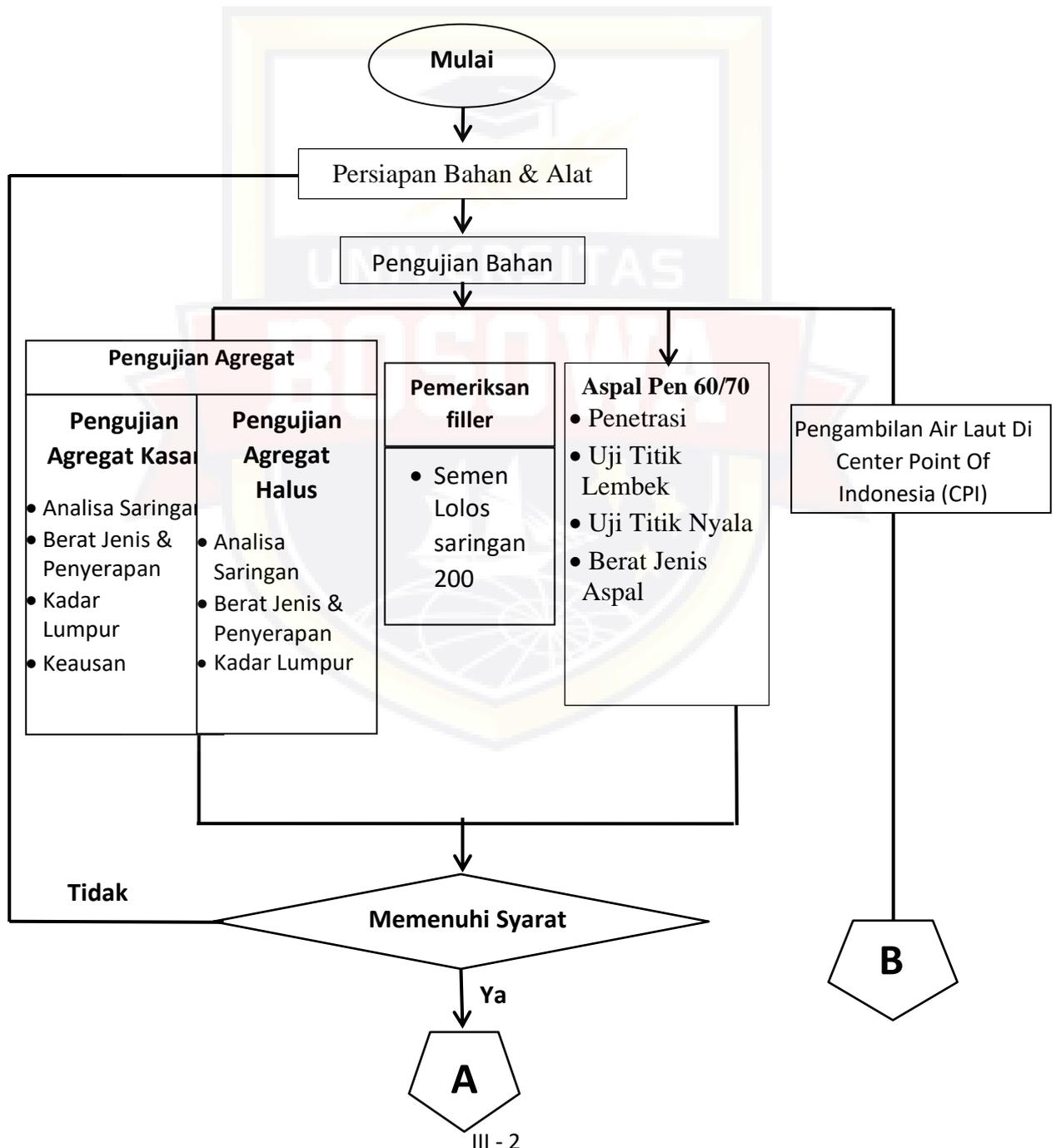
3.1 Metode Penelitian

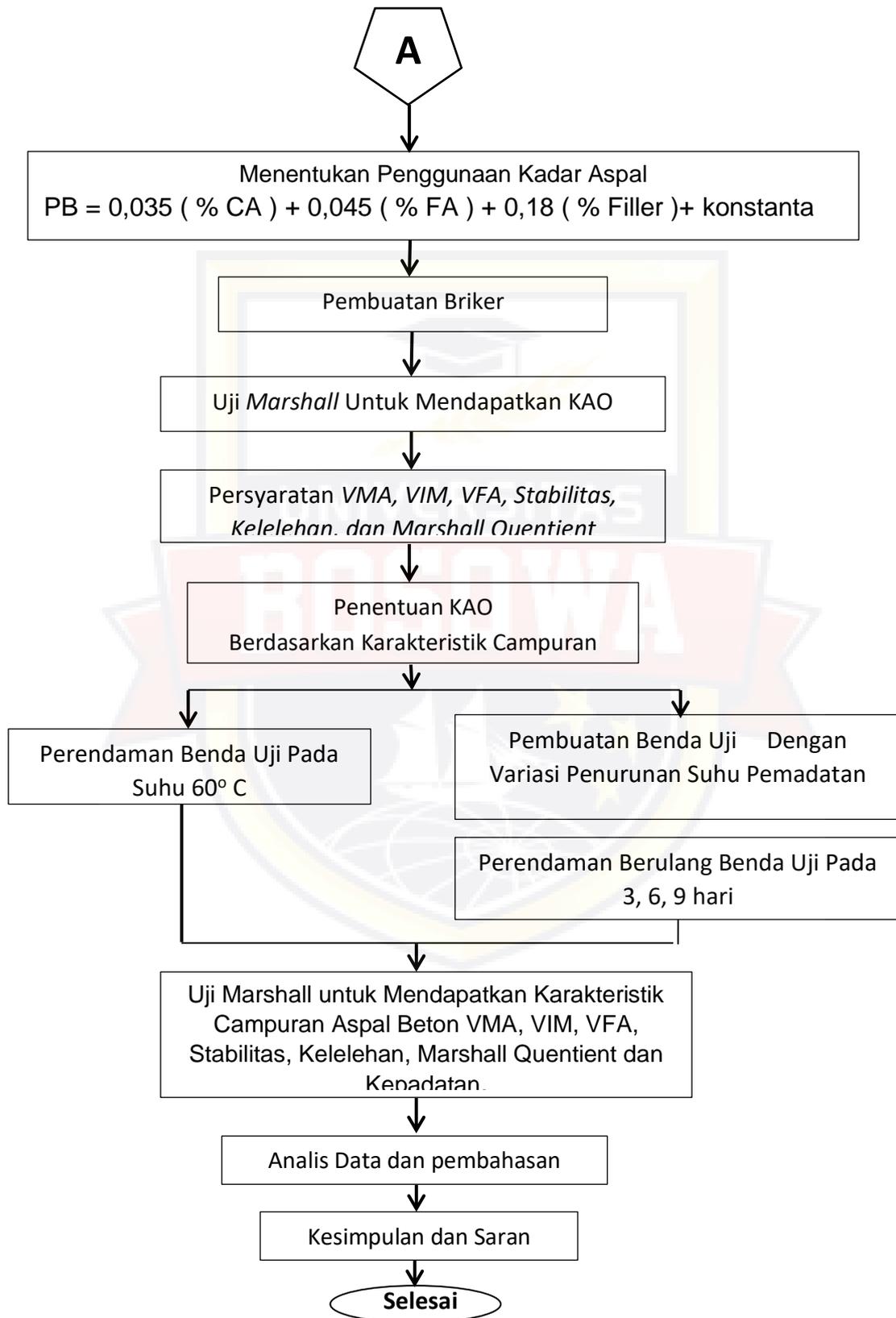
Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal beton dengan penetrasi 60/70 serta pencampuran agregat, aspal dan serbuk menggunakan metode kering yaitu agregat dan serbuk dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

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 penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menggunakan variasi penurunan suhu pemadatan dengan perendaman air laut dengan metode perendaman berulang. 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 InThe Mineral Agregat/VMA), Rongga di dalam campuran (Void In The Compacted Mixture/VIM), Rongga udara yang terisi aspal (Voids Filled with Asphalt/VFA), Hasil bagi Marshall/Marshall Quotient (MQ).

3.2 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.3 Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar dan agregat halus(Batu Pecah 1-2, Batu Pecah 0,5-1 dan abu batu) diperoleh dari Bantaeng Kab. Bantaeng – Sulawesi Selatan dan air laut di ambil dari Center Point Of Indonesia (CPI) Makassar.

3.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa Makassar.

3.5 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan yaitu:

- a) Batu Pecah 1- 2
- b) Batu Pecah 0,5 – 1
- c) Abu Batu



Gambar 3.2. Agregat

2. Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat dan antara sesame aspal. Aspal juga sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat. Aspal yang digunakan yaitu aspal AC 60/70.



Gambar 3.3. Aspal AC 60/70

3. Air Laut



Gambar 3.4. Air Laut

3.6. Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada Tahun 2023

3.7 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

Pada pemeriksaan ini penulis menggunakan metode persyaratan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (MPBJ)

3.7.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan satu set saringan.

b. Rumus :

$$\% \text{ tertahan per saringan} = \frac{\text{Berat Tertahan}}{\text{Total Agregat}} \times 100 \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan per saringan} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.7.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (Bulk), berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry = SSD), berat jenis semu (Apparent) dan prosentase air yang dapat diserap terhadap berat agregat kasar.

b. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots(3.6)$$

3.7.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

c. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat halus.

d. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B+SSD-B_t} \dots\dots(3.8)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{SSD}{B+SSD-B_t} \dots\dots(3.9)$$

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B+B_k-B_t} \dots\dots(3.10)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(SSD-B_k)}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

keterangan :

B_k = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

BT = Berat picnometer + air + benda uji

3.7.4. Pemeriksaan Keausan (Abrasi)

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan tersebut yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

b. Rumus :

$$\frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula

b = Berat benda uji tertahan saringan no. 12

3.7.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana :

A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.7.6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana :

A = Berat mula-mula (gram)

B = Berat tertahan saringan 200 (gram)

3.7.7. Pengujian Bahan Pengisi (*filler*)

Bahan Pengisi atau *filler* harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya *filler* harus bebas dari semua bahan-bahan lainnya. Bahan pengisi yang di tambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah pengayakan portland semen (PC) yang lolos saringan no. 200.

3.8. Pemeriksaan Aspal

3.8.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

b. Rumus yang digunakan :

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat pinometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat pinometer berisi aspal dan air (gram)

3.9. 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.

3.9.1. Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.1 Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian		Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum		
Variasi Kadar Aspal (%)	Benda Uji AC-WC	
4	3	3
4,5	3	3
5	3	3
5,5	3	3
6	3	3
Total Benda Uji		15
2. Pengujian stabilitas sisa (60⁰)		

Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)	AC-WC	Jumlah
KAO	30 Menit	3	3
KAO	24 Jam	3	3
Total Benda Uji			6

3.Variasi penurunan suhu pemadatan					
Kadar Aspal (%)	Variasi penurunan suhu	AC-WC			Jumlah
		Siklus (hari)			
		3	6	9	
Optimum	140°	3	3	3	9
Optimum	120°	3	3	3	9
Optimum	100°	3	3	3	9
Optimum	80°	3	3	3	9
Total Benda Uji					36

3.9.2. Perancangan Agregat Gabungan

Perancangan agregat gabungan adalah penentuan proporsi masing-masing gradasi agregat kemudian digabung dalam satu campuran. Merancang proporsi campuran dapat dilakukan dengan metode grafis diagonal.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta

2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1 : 2
3. Sumbu datar (X) digunakan untuk menunjukkan ukuran saringan, sumbu vertical (Y) digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan.
4. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan.
5. Masukkan presentase lolos saringan masing-masing material kedalam grafik tersebut.
6. Untuk menentukan presentase Batu Pecah 1-2, dilihat dari jarak antara grafik gradasi Batu Pecah 0,5-1 terhadap tepi atas yang mana nilainya harus sama dengan nilai Batu Pecah 1-2.
7. Setelah didapatkan garis yang sama maka tariklah garis bantu vertical sampai memotong diagonal yang kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekanan yang menunjukkan batas besarnya nilai presentase komposisi campuran untuk batu pecah 1-2.
8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai presentase komposisi campuran untuk Batu Pecah 0,5-1 dan abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana presentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan presentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol

apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

3.9.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$Pb = 0,035 (\% \text{ Agregat Kasar}) + 0,045 (\% \text{ Agregat Halus}) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + K.$$

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

K = Nilai konstanta 0,5 – 1 (AC-WC)

3.9.4. Pembuatan Briket (Benda Uji)

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya kita melakukan pembuatan benda uji dengan variasi penurunan suhu pemadatan 140°, 120°, 100°, 80°

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
3. Cetakan benda uji yang diameter 10 cm (4") dan tinggi 7.5 cm (3") lengkap dengan plat alas dan leher sambung
4. Alat penumbuk lengkap dengan pedestal yang mempunyai permukaan tumbuk rata terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
5. Spatula
6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan wajan sampai suhu 165°C
5. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata
6. Ukur temperatur pemadatan yaitu 140°, 120°, 100°, 80° C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
7. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

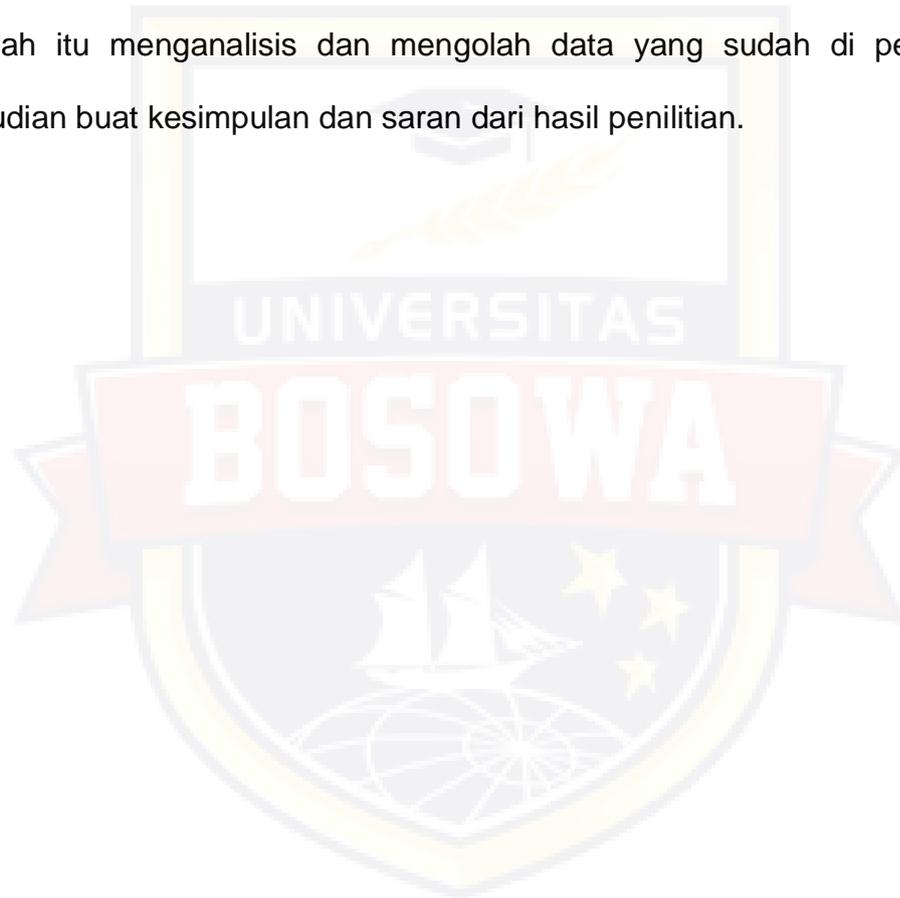
3.10. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall

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 melakukan perendaman berulang menggunakan air laut dengan 3, hari, 6, hari, dan 9, 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 6 hari

dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 12 hari dan perendaman 9 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 18 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 bantaeng dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT.Semen Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70.

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

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inc hi	m m	Grada si Batu Pecah 1-2	Grada si Batu Pecah 0,5-1	Ab u Bat u	Seme n
3/4"	19	66,30	100,00	100,00	100
1/2"	12,5	27,83	100,00	100,00	100
3/8"	9,5	23,48	91,44	100,00	100
No.4	4,75	9,22	55,86	99,08	100
No. 8	2,36	5,11	25,85	85,32	100
No. 16	1,18	2,20	19,10	60,73	100
No. 30	0,6	0.18	12,96	35,01	100
N0. 50	0,3	0.15	11,99	22,82	100
No.100	0,14	0.15	4,61	19,06	100
No.200	0,075	0.10	5,39	95,07	95.07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pengujian Keausan Agregat (ABRASI)

Rumus :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan tertahan saringan No. 12 (gram)

Tabel 4.2 Pengujian Keausan Agregat (Abrasi) SNI 2417:2008

UKURAN SARINGAN		BERAT AGREGAT
LOLOS	TERTAHAN	SAMPEL I
3/4"	1/2"	2500
1/2"	3/8"	2500
TOTAL		5000
JUMLAH BOLA BAJA		11
BERAT SEBELUM (A)		5000 gram
BERAT SETELAH DIAYAK SARINGAN No. 12 (B)		3802 gram
BERAT SESUDAH (A)-(B)		1198 gram
KEAUSAN = (A-B)/A x 100%		23,96 %

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

c. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah1-2 dan Batu Pecah 0,5-1)

Rumus:

Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	$= \frac{B_k}{B_j - B_a}$
Berat jenis kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	$= \frac{B_j}{B_j - B_a}$
Berat jenis semu (<i>Appernt Specific Gravity</i>)	$= \frac{B_k}{B_k - B_a}$
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$

Keterangan :

Bk = Berat benda kering oven

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

Ba = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 3 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)				
➤ Bulk	SNI 1969:2016	2,53	-	-
➤ SSD		2.60	-	-
➤ Semu		2.72	Min 2,5	-
➤ Penyerapan		2.79	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.52	-	-
2. SSD		2.60	-	-
3. Semu		2.73	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2,98	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

d. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

Bk = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

Bt = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4.4. 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	2.79	-	Gram
2. SSD		2.86	-	Gram
3. Semu		3.03	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.86	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.6. sebagai berikut :

Tabel 4. 5. 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	64,6	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	-	1,044	Gr/ml
4	Daktalitas (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 Pematatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rencana Campuran

- Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas AC-WC yaitu menentukan masing-masing persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

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

- Batu Pecah 1 – 2 = 20%
- Batu Pecah 0,5-1 = 50%
- Abu Batu = 29%
- Filler = 1%

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

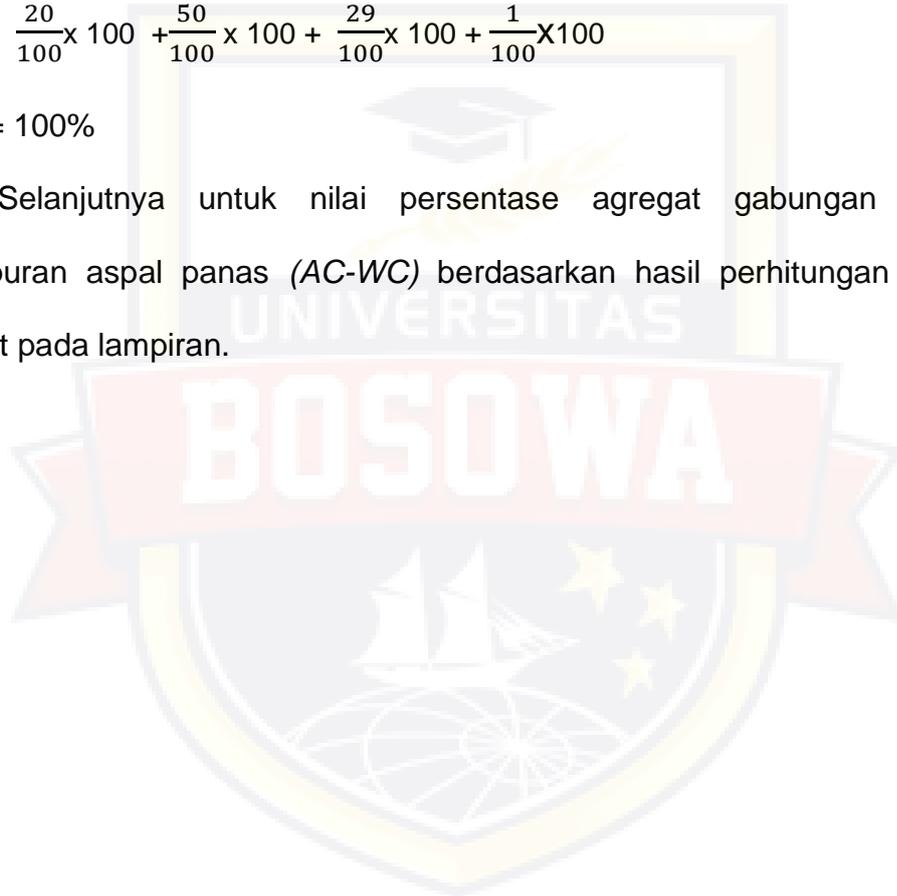
$$\text{Gradasi Penggabungan Agregat} = \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a +$$

$$\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d$$

$$= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{50}{100} \times 100 + \frac{29}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100$$

$$= 100\%$$

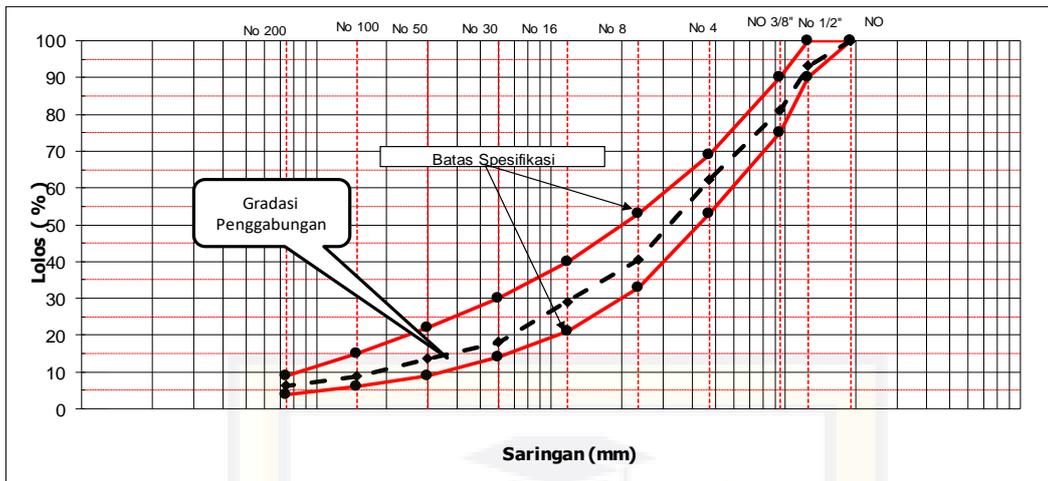
Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.



Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Sari Ngan	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	100.00	100.00	100	100.00		100
1/2"	66,30	100.00	100.00	100	93,26		90-100
3/8"	27,83	91,44	100.00	100	81,29		75-90
#4	23,48	55,86	99,08	100	62,36		53-69
#8	9,22	25,85	85,32	100	40,51		33-53
#16	5,11	19,10	60,73	100	29,18		21-40
#30	2,20	12,96	35,01	100	18,07		14-30
#50	0.18	11,99	22,82	100	13,65		9-22
#100	0.15	4,61	19,06	100	8,86		6-15
#200	0.10	5,39	9,21	95.07	6,34		4-9
Komposisi Penggabungan Agregat (%)							
	a. Batu pecah 1 - 2				20		
	b. Batu pecah 0,5 - 1				50		
	c. Abu batu				29		
	d. Filler				1		
	Total Luas Permukaan Agregat						
	(M ² /Kg)				5.59		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR



Gambar 4.8 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

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (59.49) + 0.045 (34.17) + 0.18 (6.34) + 0,75 \\
 &= 2.08 + 1.53 + 1.14 + 0.75 \\
 &= 5,5\% - 6.0\%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = #3/4" - #8

$$= 100 - 40,51$$

$$= 59.43$$

Agregat Halus = #8 - #200

$$= 40.51 - 6.34$$

$$= 34.17$$

Filler = #200

$$= 6.34$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6,0%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0,5 % maka nilai tersebut adalah 5,0 % ; 5,5 % ; 6.0 % ; 6,5 %; 7,0%. Agar nilai dalam grafik tidak keluar dari spesifikasi maka peneliti mengambil kadar aspal mulai dari 5.0 %

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 panas AC-WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 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 = 6 %		100 % - 6 %		= 94	
Hasil Combine					
BP 1- 2	20 %	x	94 %	=	0.19 x 1200 = 225.60
BP 0,5 - 1	50 %	x	94 %	=	0.47 x 1200 = 564.00
Abu Batu	29 %	x	94 %	=	0.27 x 1200 = 37.12
Filler	1 %	x	94 %	=	0.01 x 1200 = 11.28
Aspal	6 %	X			1200 = 72
					1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4.8. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas 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	570.00	567.00	564.00	561.00	558.00
Abu Batu	330.60	328.86	327.12	325.38	323.64
Semen	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60	66	72	78	84
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	2,53	2,72	2,62
Batu Pecah 0,5 – 1	2,52	2,73	2,72
Abu batu	2,81	3,03	2,92
Filler	3,17		
Aspal	1,044		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

- a. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,53}\right) + \left(\frac{50\%}{2,52}\right) + \left(\frac{29\%}{2,81}\right)} \\
 &= 2,62 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,72}\right) + \left(\frac{50\%}{2,73}\right) + \left(\frac{29\%}{3,03}\right)} \\ &= 2,83 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat(G}_{se}) = \frac{2,62+2,83}{2} = 2,72 \text{ gram}$$

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.

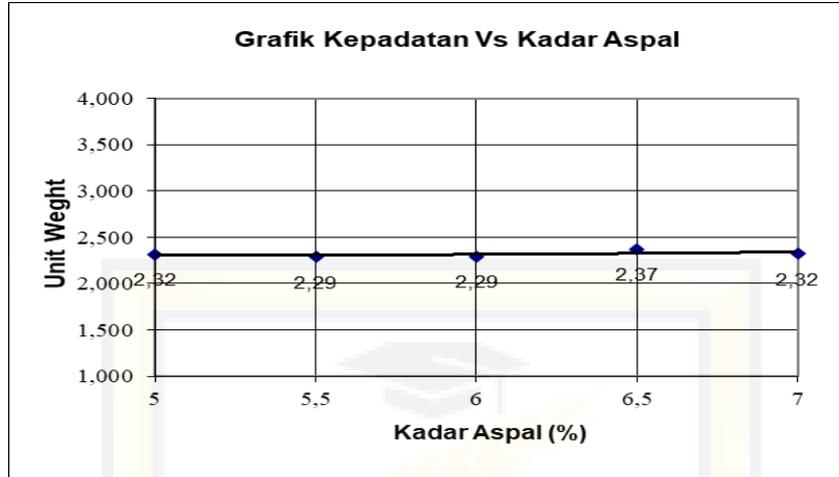
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.10 Hasil Marshall tes KAO

HASIL PENGUJIAN							
Kadar aspal	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	Vim (%)	VMA (%)	MQ (Kg/mm)	VFB (%)
5	2.32	1176.11	3.48	7.33	337.20	16.20	54.75
5.5	2.29	1514.83	3.58	8.00	433.01	17.57	54.52
6	2.29	1350.93	3.63	7.05	384.86	17.93	60.78
6.5	2.37	1430.80	3.80	4.87	378.89	15.56	68.76
7	2.32	1455.23	3.93	4.37	370.13	17.57	75.41
-	-	Min 800	2-4	3-5	Min15	Min 250	Min 65

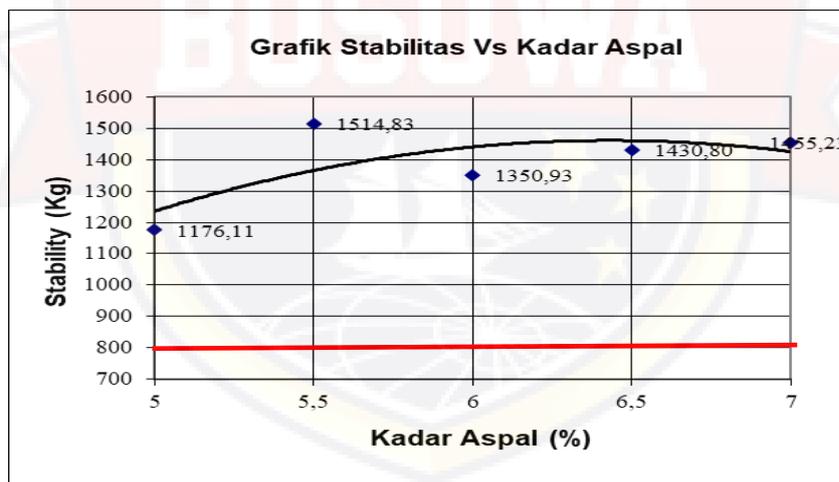
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2 dan 4.3.

Kepadatan



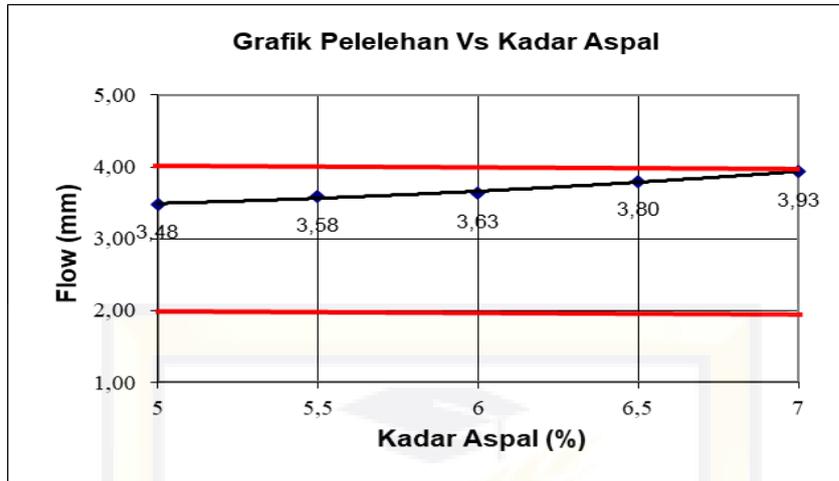
Gambar 4.9.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



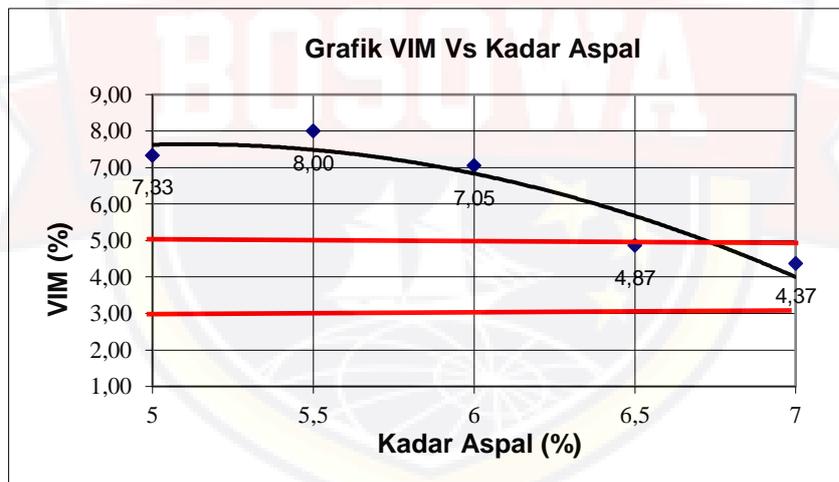
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



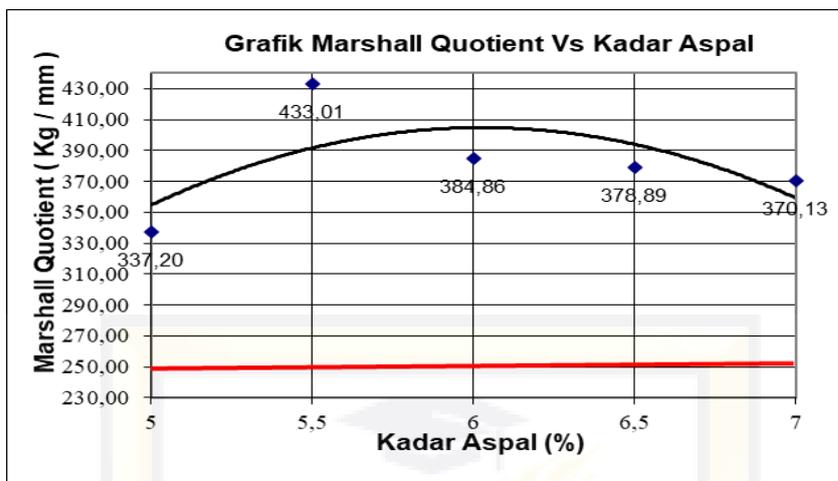
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



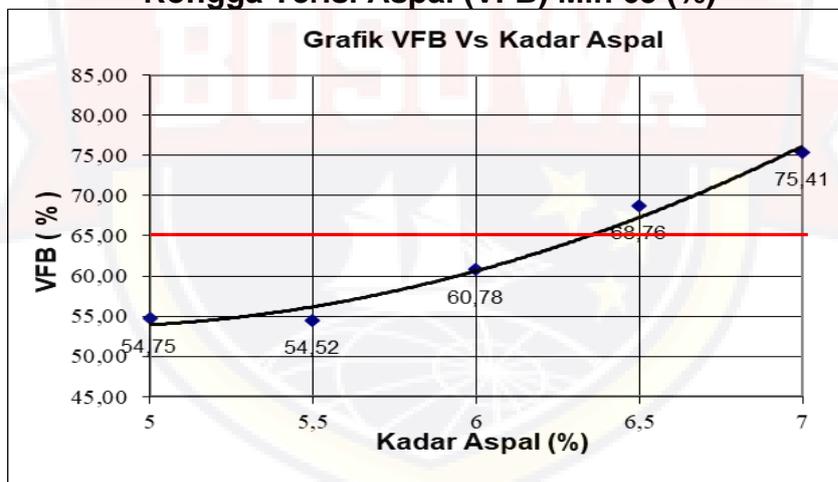
Gambar 4.2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



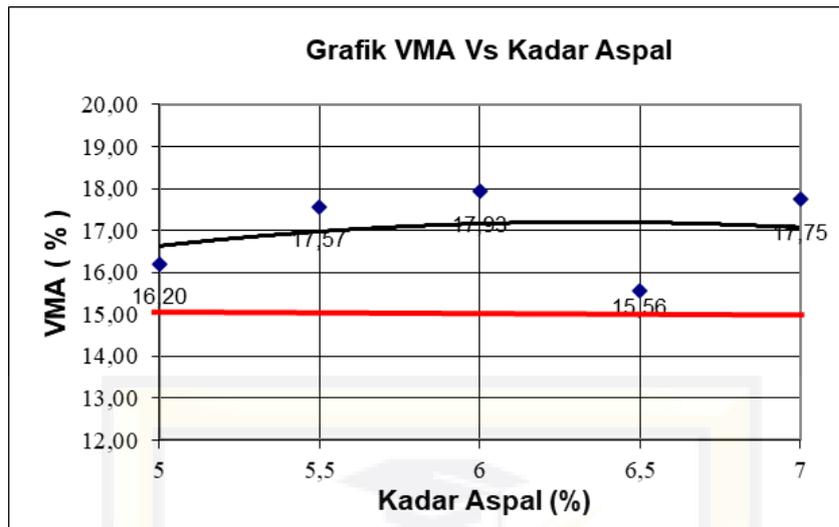
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

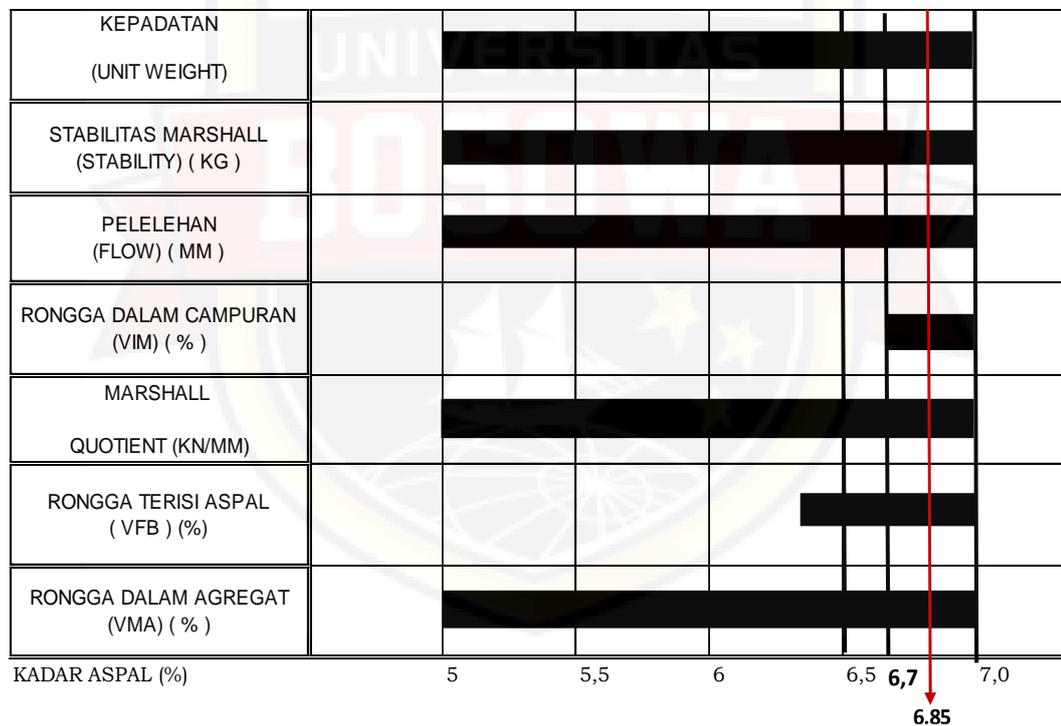


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4.2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.10 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6.7\% + 7.0\%}{2} = 6.85 \gg 7\%$$

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 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.

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

4.4 Pembuatan Benda Uji dengan variasi suhu pemadatan Pada Perendaman Berulang 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 variasi suhu pemadatan

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

Untuk campuran AC - WC dengan variasi suhu pemadatan dengan suhu 140° C, 120° C, 100° C, dan 80°C pada perendaman berulang, 3 hari, 6 hari dan 9 hari. didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.11. Komposisi campuran dengan variasi suhu pemadatan 140° C, 120° C, 100° C, 80 C °

Kadar Aspal Hasil Combine	=	7	%		100	%	-	7	%	=	93
BP 1-2	20	%	X	93	%	=	0.186	x	1200	=	223.20
BP 0.5-1	50	%	X	93	%	=	0.446	x	1200	=	558.00
Abu Batu	29	%	X	93	%	=	0.27	x	1200	=	323.64
Filler semen	1	%	X	93	%	=	0.01	x	1200	=	11.16
Aspal	7	%			X				1200	=	<u>84.00</u>
											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 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 4.12. Hasil Uji Marshall Sisa KAO 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	2.329	2.375	-
2	Stabilitas (Kg)	1509.87	1422.25	Min 800
3	VMA (%)	17.64	16.02	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	520.7	504.0	Min 250
5	Flow (mm)	2.87	2.90	2-4
6	VIM (%)	4.64	2.72	3-5
7	VFB (%)	73.72	83.19	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018
		KAO 7 %				
		Tanpa perendaman	Suhu 140°C			
			3 Hari	6 Hari	9 Hari	
1	Kepadatan	2.329	2.337	2.340	2.342	-
2	Stabilitas (Kg)	1509,87	1430.40	1415.30	133,82	Min 800
3	Flow (mm)	2.87	3.37	3.80	3,90	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.64	4.36	4.23	3.95	Min 3-5
5	VMA (%)	17.64	17.36	17.20	17.08	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	530,27	385.74	374.00	342,94	Min 250
7	VFB (%)	73.72	74.87	75.49	76.88	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018	
		KAO 7 %					
		Tanpa Perendaman	Suhu 120°C				
3 Hari	6 Hari		9 Hari				
1	Kepadatan	2.339	2.339	2.341	2.343	-	
2	Stabilitas (Kg)	1509,87	1343.78	1319.54	1317,67	Min 800	
3	Flow (mm)	2.87	3.67	3.71	3.87	Min 2-4	
4	VIM (mm)	4.64	4.09	4.09	3,95	Min 3-5	
5	VMA (%)	17.64	17.20	17.12	17.06	Min 15	
6	MQ (Kg/mm)	530.66	370.02	360.85	347.38	Min 250	
7	VFB (%)	73.72	76,25	76.40	76.84	Min 65	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4. 15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018	
		KAO 7 %					
		Tanpa Perendaman	Suhu 100°C				
3 Hari	6 Hari		9 Hari				
1	Kepadatan	2.329	2.341	2.349	2.356	-	
2	Stabilitas (Kg)	1509,87	1337,82	1299,63	1250,01	Min 800	
3	Flow (mm)	2.87	3.40	3.63	3.72	Min 2-4	
4	VIM (mm)	4.64	3.95	3.57	3.48	Min 3-5	
5	VMA (%)	17.64	17.05	16.59	16.47	Min 15	
6	MQ (Kg/mm)	530,27	368,66	359,82	338,40	Min 250	
7	VFB (%)	73.72	76,24	76.50	78,90	Min 65	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.16. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018	
		KAO 7 %					
		Tanpa perendaman	Suhu 80°C				
3 Hari	6 Hari		9 Hari				
1	Kepadatan	2.329	2.350	2.368	2.369	-	
2	Stabilitas (Kg)	1509.87	1387.94	1241.52	1185.44	Min 800	
3	Flow (mm)	2.87	3.27	3.57	3.57	Min 2-4	
4	VIM (mm)	4.64	3.82	3.37	3.33	Min 3-5	
5	VMA (%)	17.64	16.81	16.18	16.15	Min 15	
6	MQ (Kg/mm)	53027	366.30	359.33	334.37	Min 250	
7	VFB (%)	73.72	77.47	77.29	82.65	Min 65	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

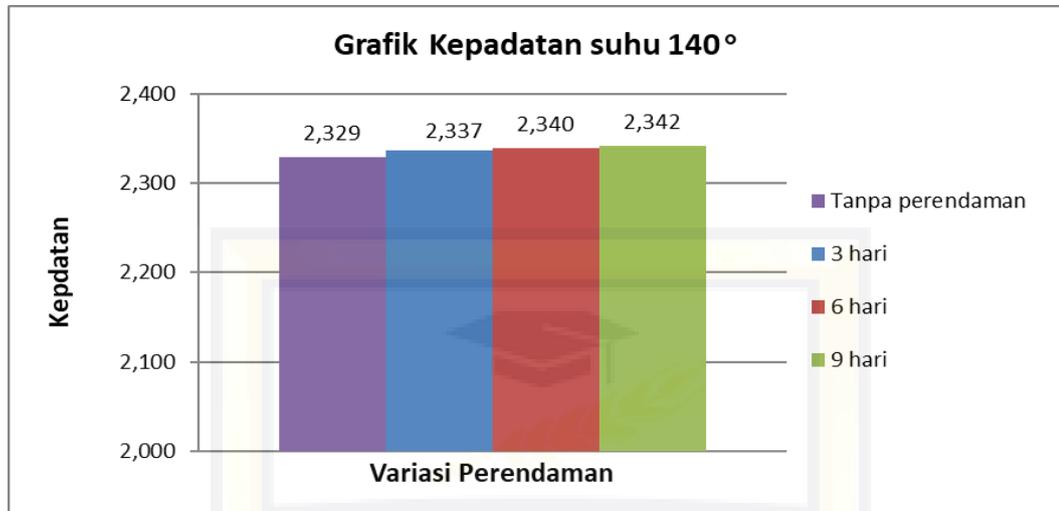
4.4.3 Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu pemadatan 140°C Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian 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 Suhu pemadatan 140° Celcius, dapat dilihat

pada gambar 4.4 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



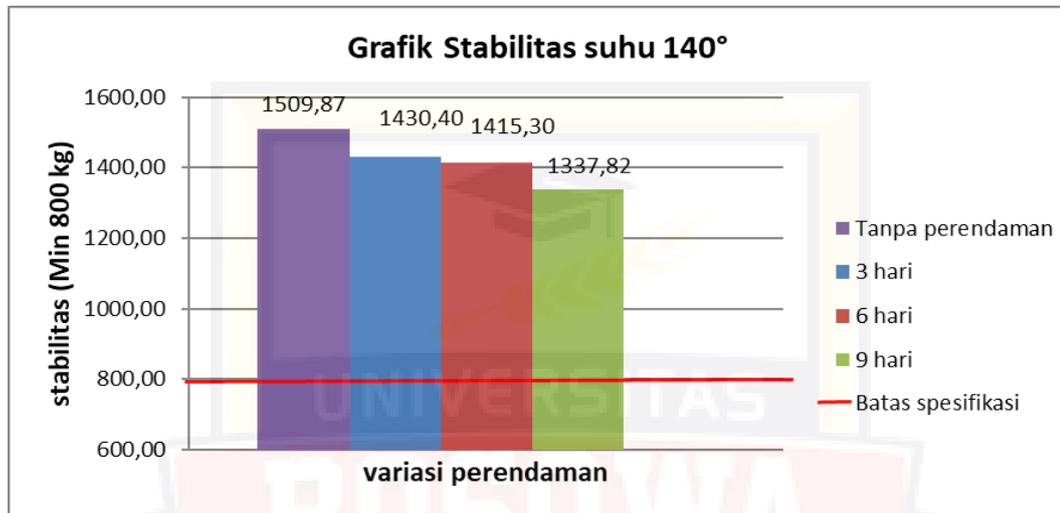
Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi penurunan Suhu pemadatan 140°C Celcius terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada Tanpa Perendaman adalah 2,359, pada hari ke 3 adalah 2,337, pada hari ke 6 adalah 2,340 dan pada hari ke 9 adalah 2,342 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena semakin rendah suhu yang digunakan maka semakin tinggi kepadatan.

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 berbagai variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



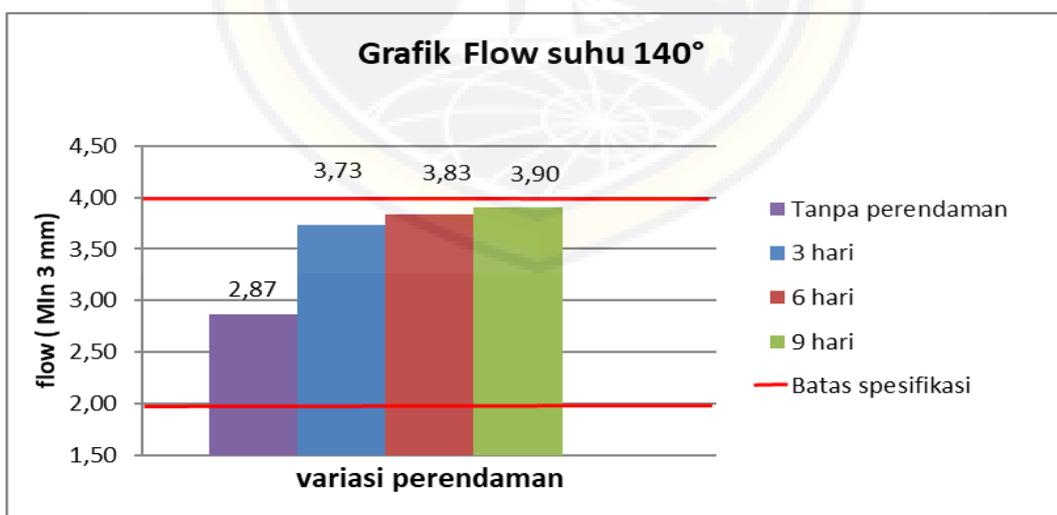
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang Nilai stabilitas mengalami mengalami penurunan pada nilai tanpa perendaman adalah 1509,87 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1430,40 Kg, pada perendaman ke 6 hari adalah 1415,30 Kg dan nilai pada perendaman ke 9 hari adalah 1337,82 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam air 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 terselimuti oleh aspal.

Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap 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 berbagai variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6

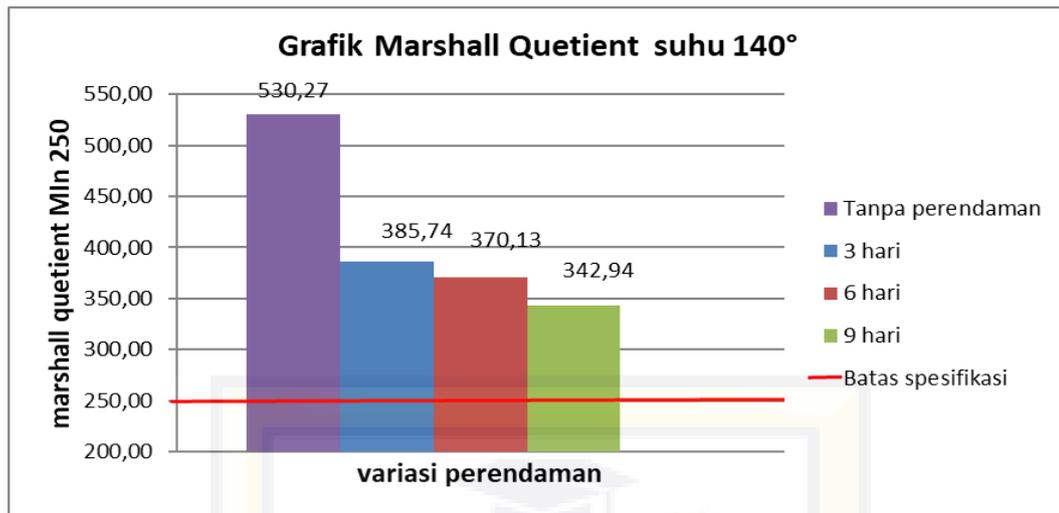


Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada tanpa perendaman adalah 2,87 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,73 mm, pada perendaman ke 6 hari adalah 3,83 mm dan pada perendaman ke 9 hari adalah 3,90 mm Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Marshall Quetient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quetient 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 4.7.



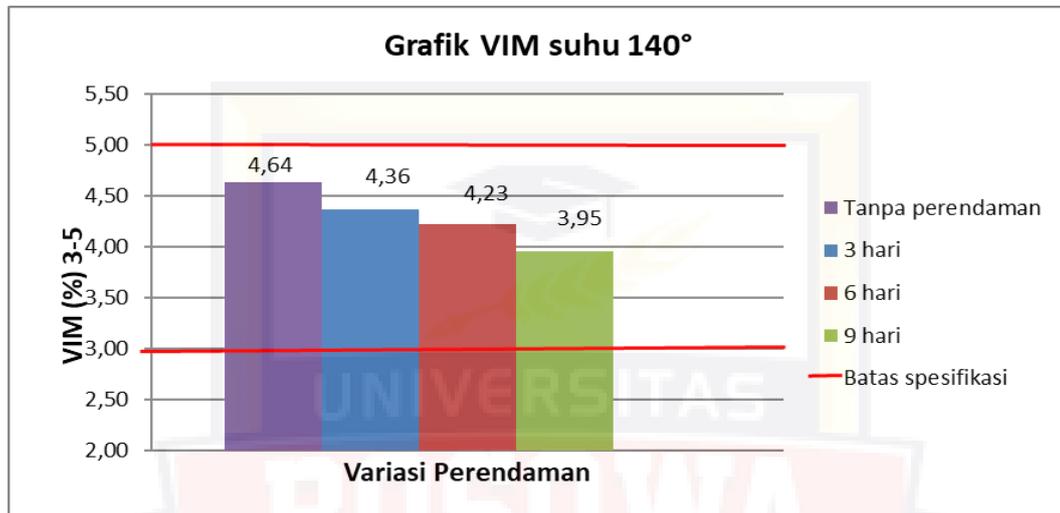
Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient pada tanpa perendaman adalah 530,27 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 385,74 Kg/mm, pada peredaman yang ke 6 hari adalah 370,13 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 9 hari adalah 342,94 Kg/mm. Dilihat dari tabel diatas bahwa suhu pemadatan dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi MQ. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air laut.

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 variasi penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.



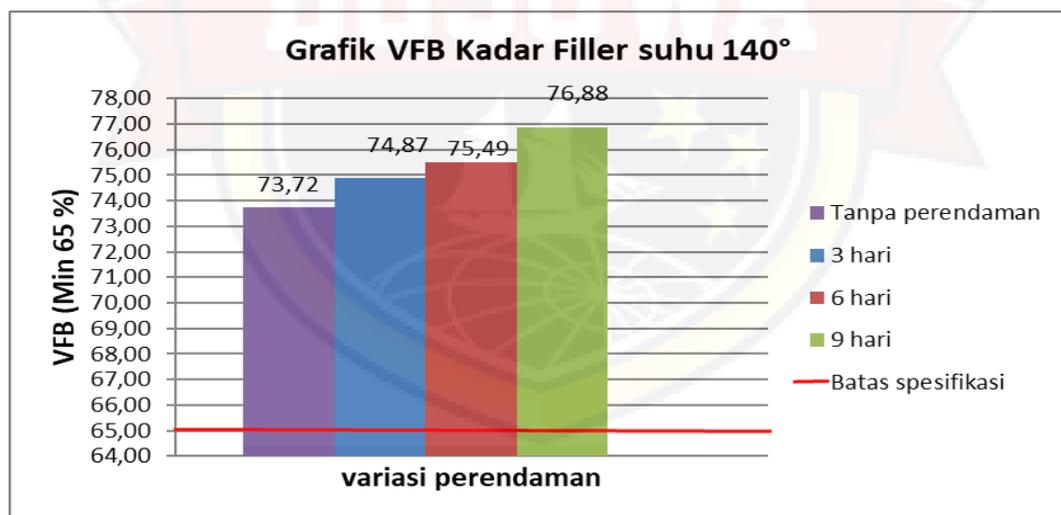
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan dalam campuran yang direndam secara berulang dapat berpengaruh nilai *VIM*. pada nilai tanpa perendaman adalah 4,64 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,36 % , pada peredaman yang ke 6 hari adalah 4.23 % dan pada perendaman yang ke 9 hari adalah 3,95 % . Semakin turunnya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal dipadatkan dengan penurunan suhu dan direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) 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 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang akan mengalami penurunan nilai *VFB* berubah. Hal ini di sebabkan karena

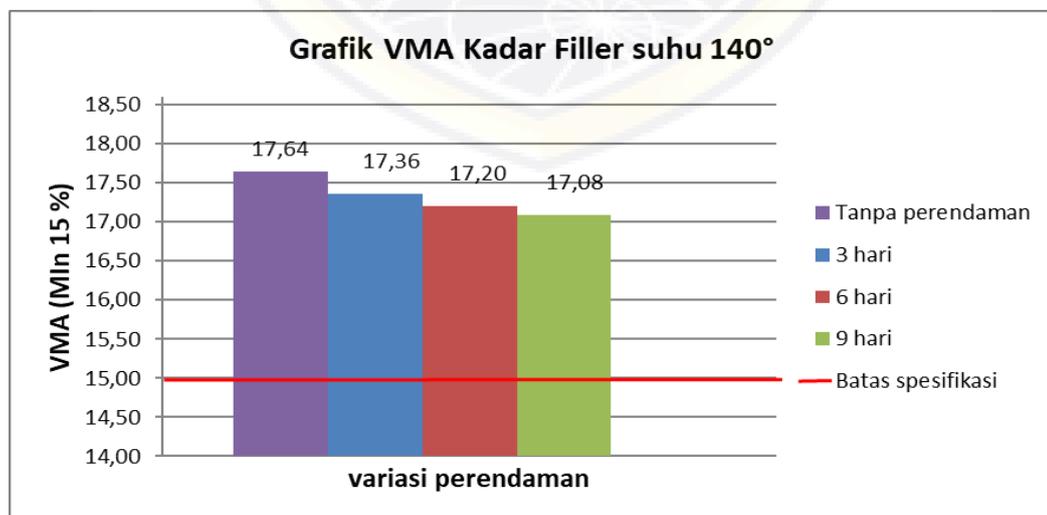
volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah persentase 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 variasi penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 140°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai VMA menurun. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Penurunan VMA pada campuran disebabkan tingginya suhu pemadatan yang digunakan dan daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

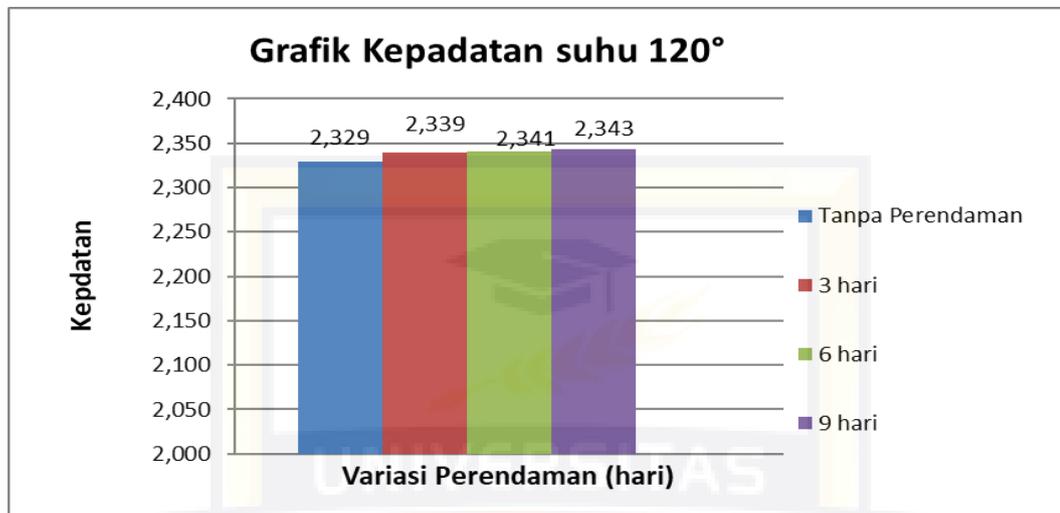
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian Dengan variasi suhu pemadatan 120°C Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian 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 penurunan suhu pemadatan 120° dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum



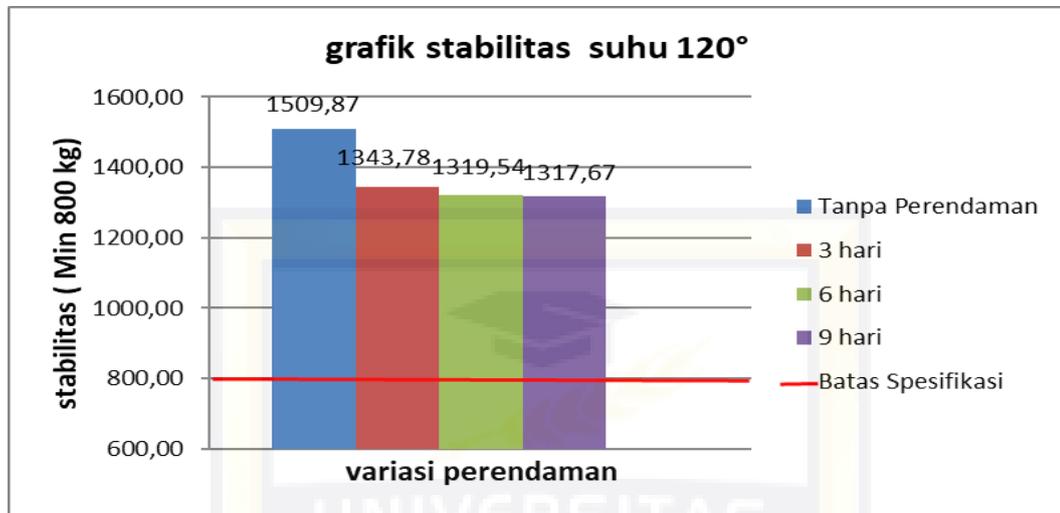
Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C. °

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa variasi penurunan suhu pemadatan yang dikukan perendaman tidak terlalu menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah. 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 lalulintas, 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 variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12



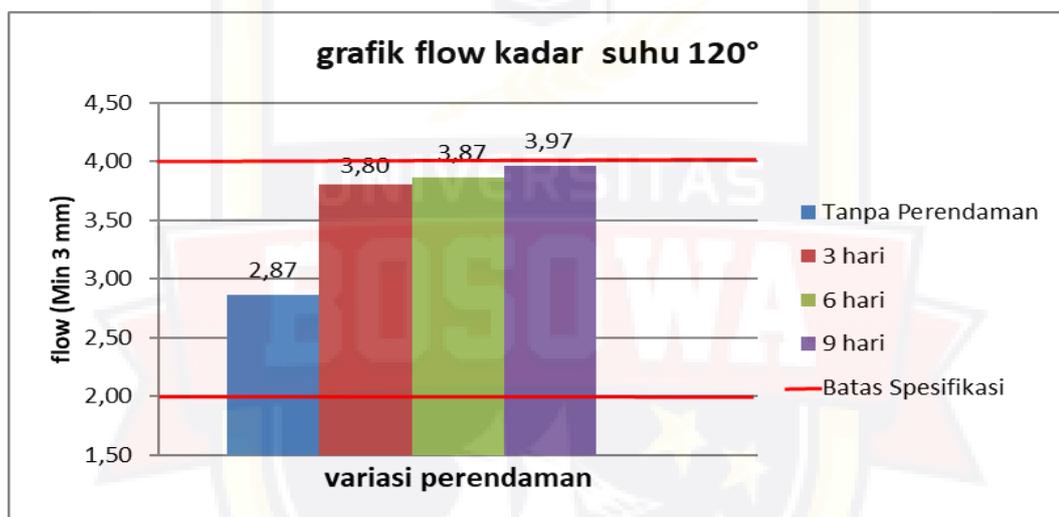
Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi penurunan suhu pemadatan yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas mengalami Penurunan pada tanpa perendaman nilainya adalah 1509,87 Kg pada perendaman 3 adalah 1443,78 Kg, pada perendaman 6 hari adalah 1319,54 Kg.dan pada perendaman 9 hari adalah 1317,67 Kg Ketika campuran aspal direndam dalam air laut dalam waktu yang lama, air laut akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian semakin lama campuran terendam dalam air laut, maka

daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13



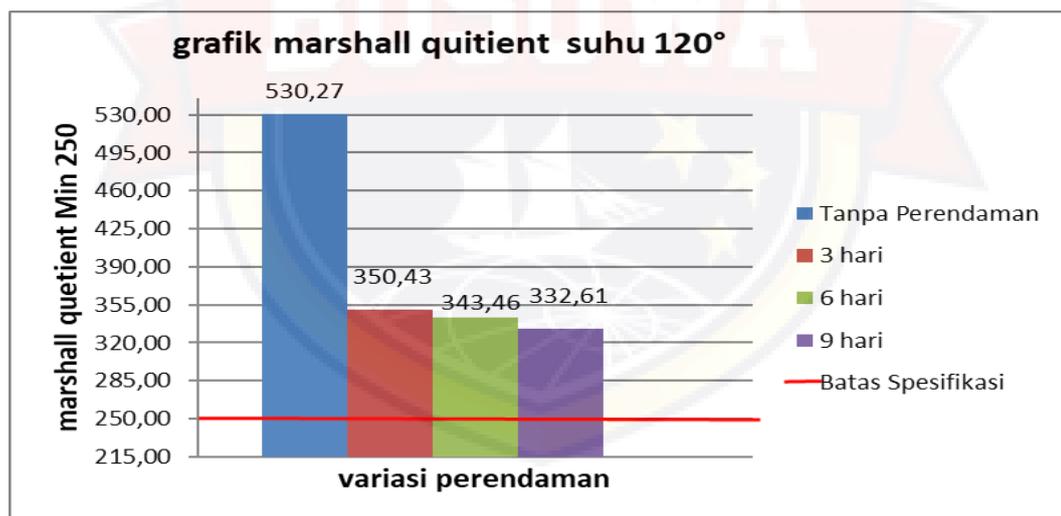
Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat. Semakin lama perendaman, air laut akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti

permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. *Marshall Quetient*

Marshall Quetient 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 campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14



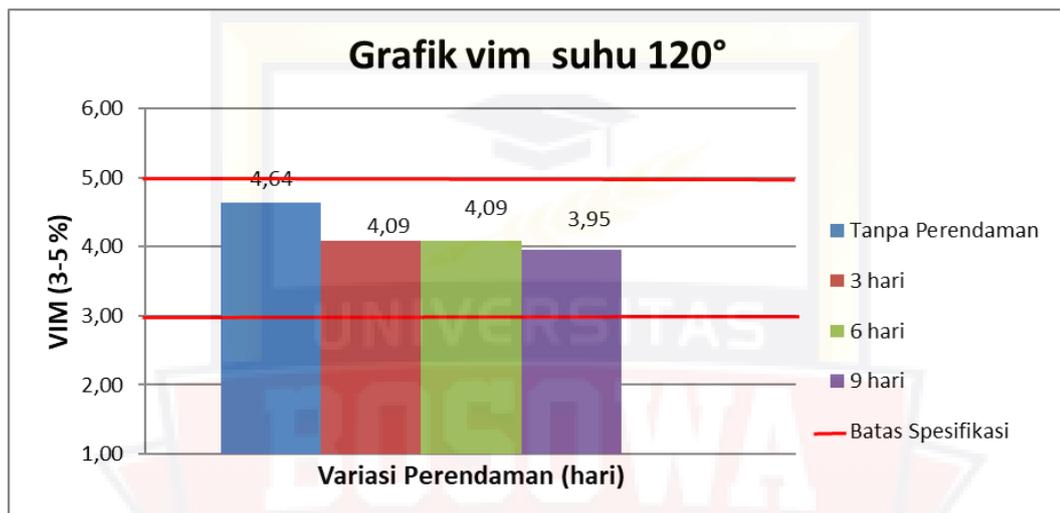
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dilihat dari tabel diatas bahwa penurunan suhu pemadatan dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena

kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air.

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

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15



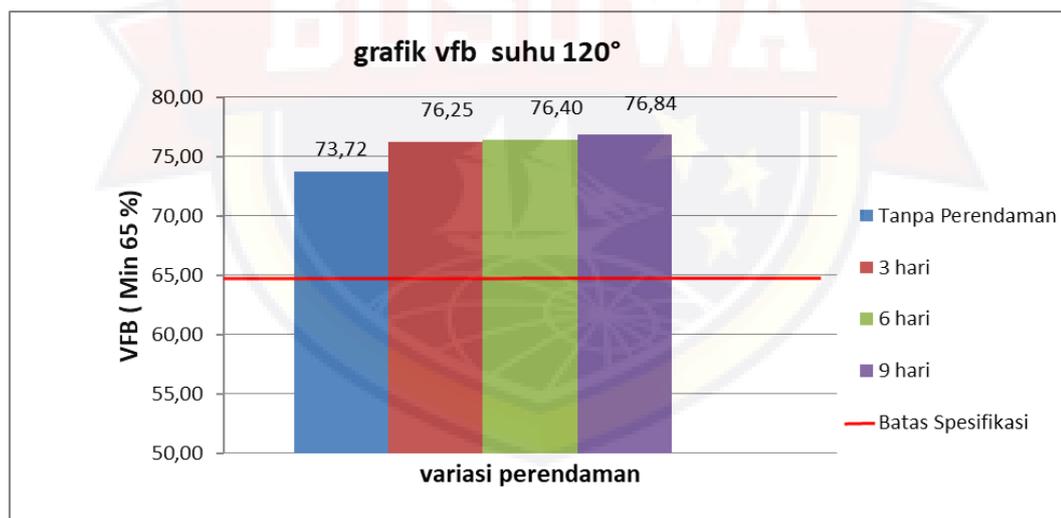
Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam menghasilkan nilai tanpa perendaman adalah 4.64 %, pada perendaman 3 hari adalah 4.09 %, pada hari ke 6 adalah 4.09 % dan pada perendaman ke 9 hari adalah 3.95 %. Semakin turunnya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat pemadatan menggunakan penurunan suhu dan campuran aspal direndam dalam air laut, semakin lama air laut akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air

(*water pressur*) 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 (%)

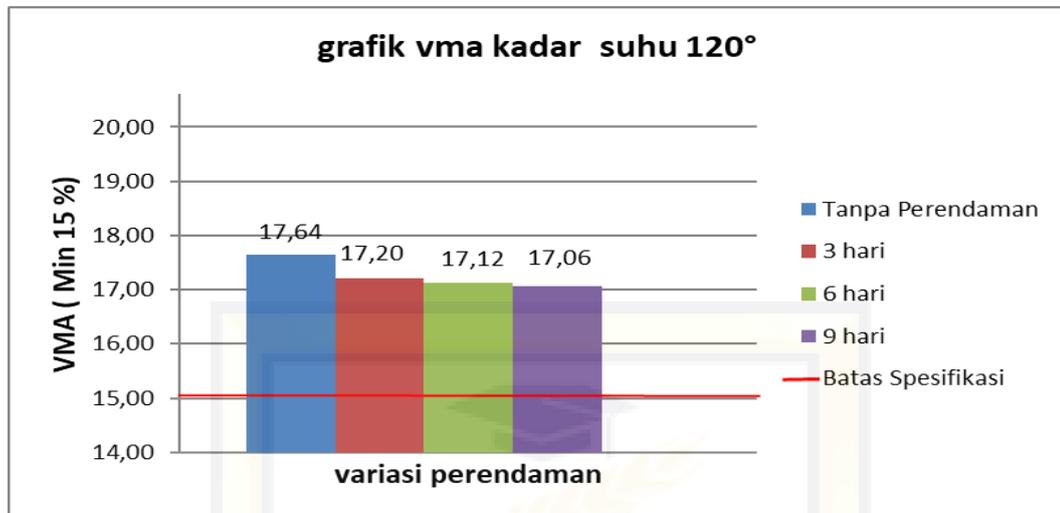
Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik ke permukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.



Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.16 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* berubah mengalami kenaikan

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15 %



Gambar 4.24 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 120°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

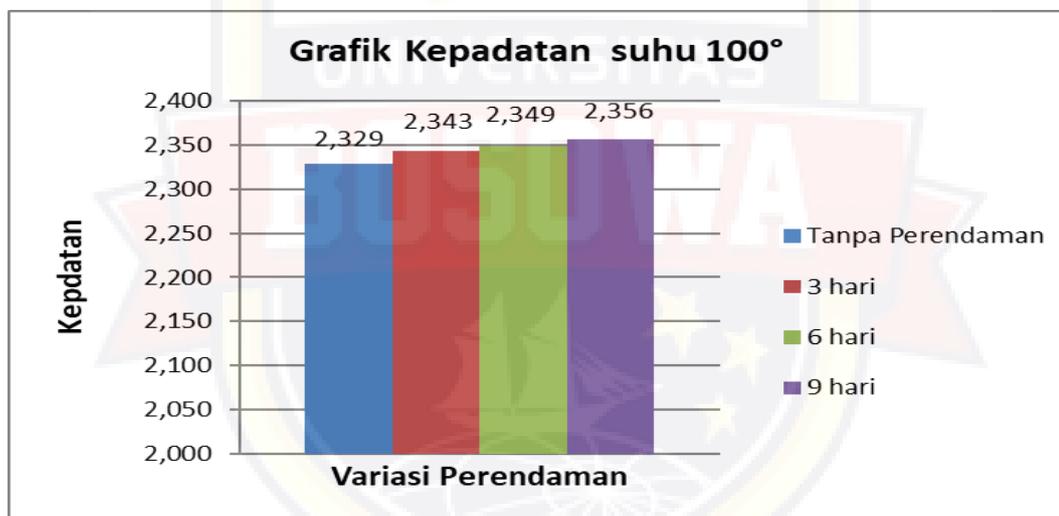
Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan ke dalam campuran yang direndam secara berulang mempengaruhi nilai VMA pada perendaman tanpa perendaman adalah 17,64 %, pada perendaman 3 hari adalah 17,20 %, pada perendaman ke 6 hari adalah 17,12 % dan pada perendaman ke 9 hari adalah 17,06 %. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. penurunan VMA pada campuran disebabkan penggunaan variasi suhu dan 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 Dengan penurunan suhu pemadatan 100°C Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut :

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan penurunan suhu pemadatan dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

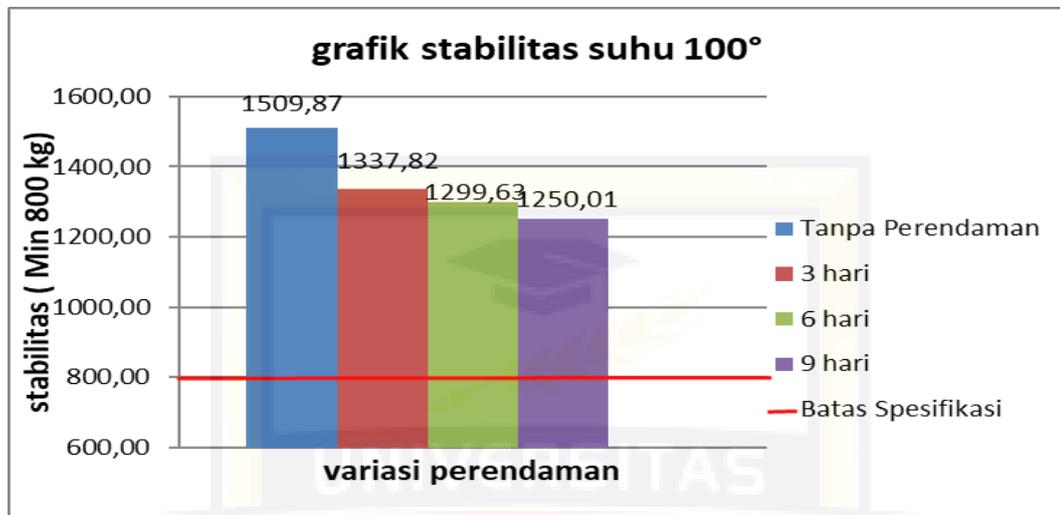


Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa dengan penurunan suhu pemadatan dengan perendaman berulang menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah yakni pada perendaman 3 hari adalah 2.343 dan mengalami kenaikan pada perendaman 6 hari adalah 2.349 dan perendaman 9 hari adalah 2.356.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.19.



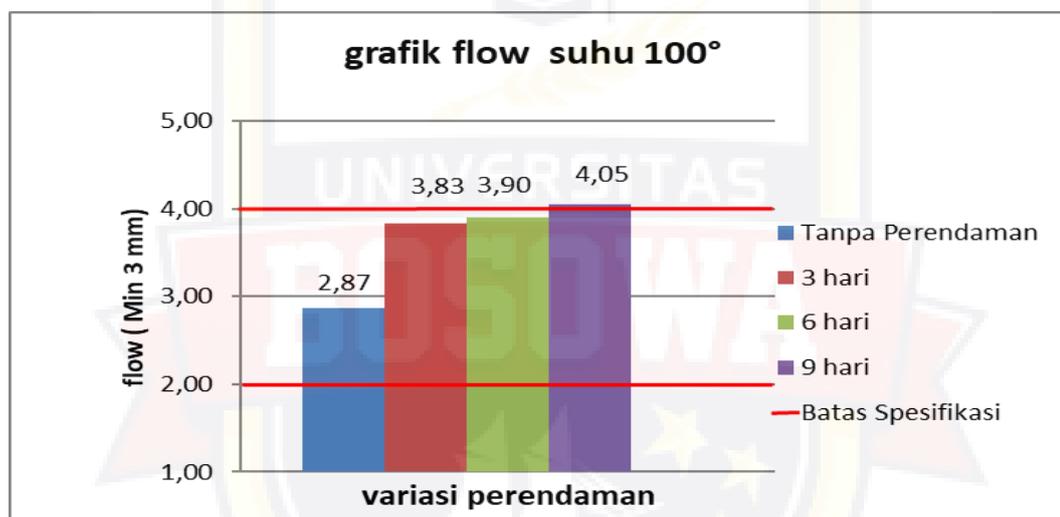
Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi penurunan suhu pemadatan dengan perendaman berulang mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan, yakni pada tanpa perendaman nilainya adalah 1509,87 Kg, pada perendaman 3 hari adalah 1337,8 Kg, pada perendaman yang ke 6 hari nilainya adalah 1250,01 kg dan pada perendaman yang ke 9 hari 1250,01 kg. nilai stabilitas mengalami penurunan. Ketika campuran aspal direndam dalam air laut dalam waktu yang lama, air laut akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat

pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air laut, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.



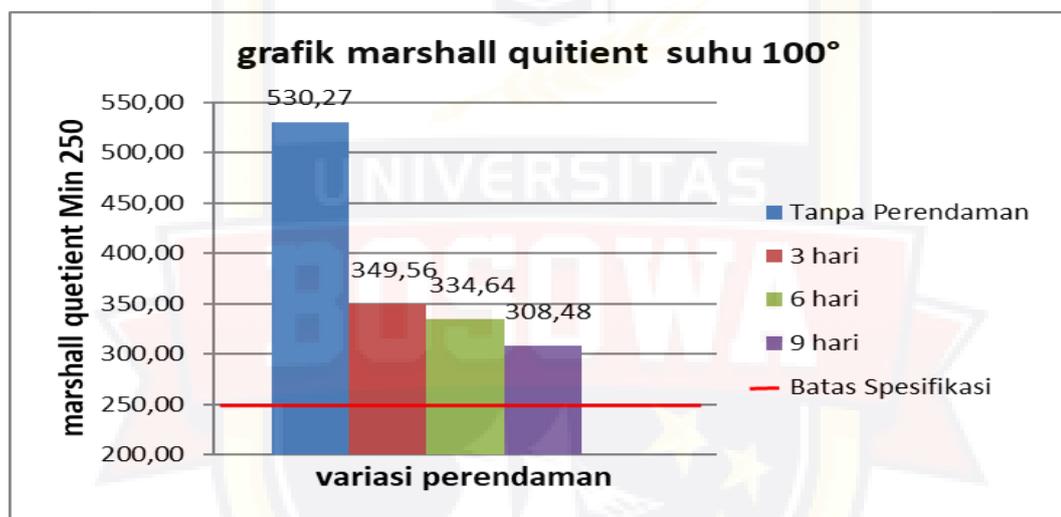
Gambar 4.27. Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada tanpa perendaman adalah 2.87 mm, pada perendaman 3 hari nilainya adalah 3.83 mm, pada perendaman yang ke 6 hari meningkat menjadi 3.90 mm dan pada perendaman ke 9 hari meningkat ke 4,05 mm. Semakin lama perendaman air laut akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan

material penyusun baik agregat maupun aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Marshall Quetient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut.



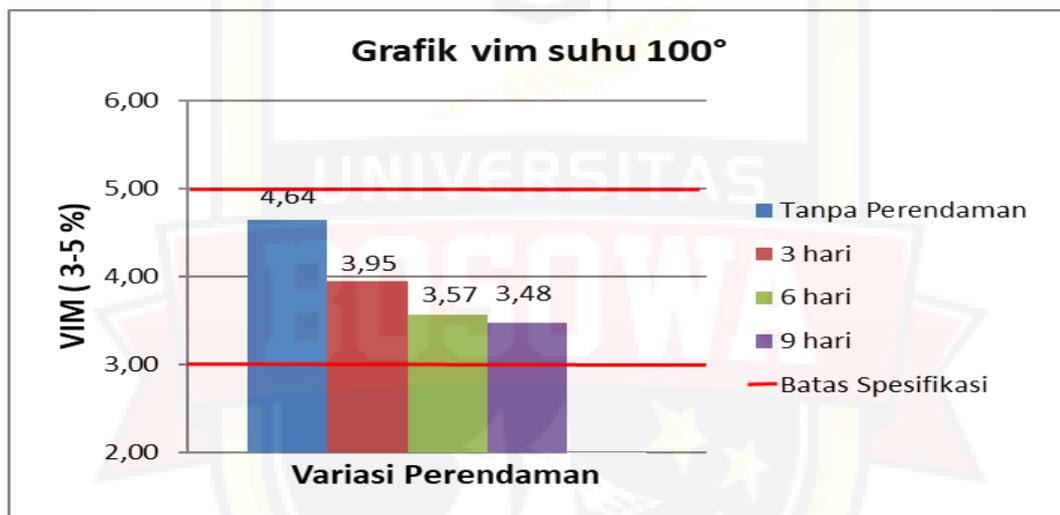
Gambar 4.28 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas terlihat bahwa nilai Marshall Quetient menurun pada tanpa perendaman adalah 530,27 Kg/mm pada perendaman 3 hari adalah 349,56 Kg/mm, pada perendaman yang ke 6 hari adalah 334,64 Kg/mm dan pada perendaman yang ke 9 hari adalah 308,48, namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

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

VIM (*void in mixture*) merupakan persentase 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.

Grafik nilai VIM campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22



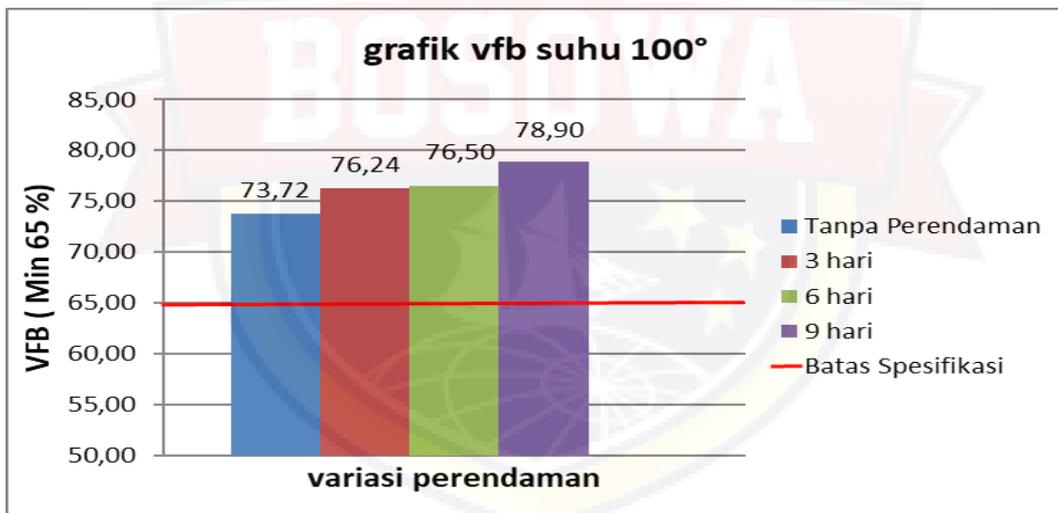
Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai VIM menurun. Yaitu pada tanpa perendaman adalah 4,64 % pada perendaman 3 hari adalah 3,95%, pada perendaman ke 6 hari adalah 3,57 %, dan pada perendaman 9 hari adalah 3,48 %. Semakin turunnya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan variasi penurunan suhu pemadatan dan campuran aspal direndam dalam air laut, semakin

lama air laut akan masuk kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) 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 (%)

Grafik nilai *VFB* Pada campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.23

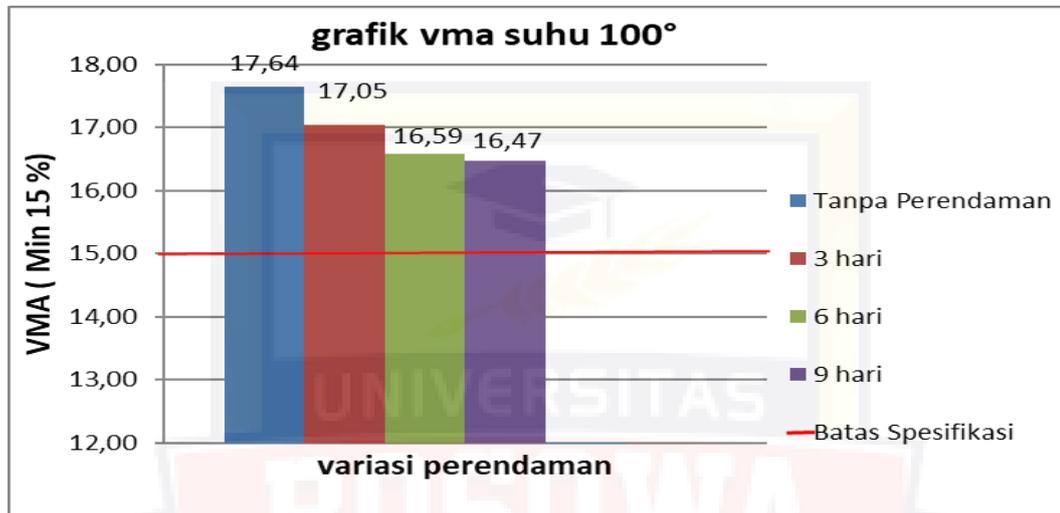


Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang cenderung menyebabkan nilai *VFB* mengalami kenaikan dan masih memenuhi spesifikasi.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24



Gambar 4.31 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 100°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

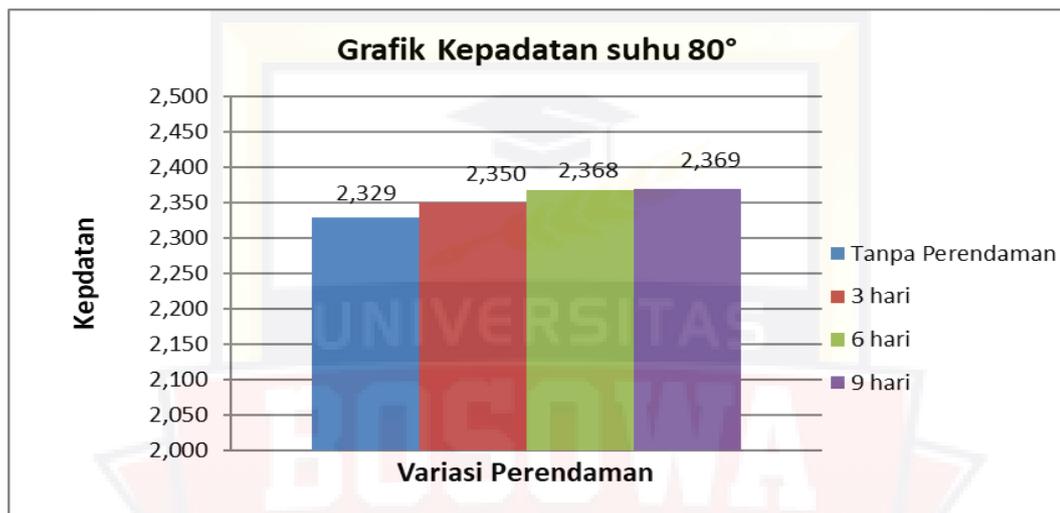
Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran berada pada yakni nilai tanpa perendaman adalah 17,64 %, pada hari ke 3 adalah 17.05 %, mengalami penurunan pada hari 6 adalah 16,59 % dan penurunan pada hari ke 9 adalah 16,47%.

4.4.6 Analisis Hasil Pengujian Dengan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian marshall akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut.

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan variasi penurunan suhu pemadatan dapat dilihat pada gambar 4.25 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



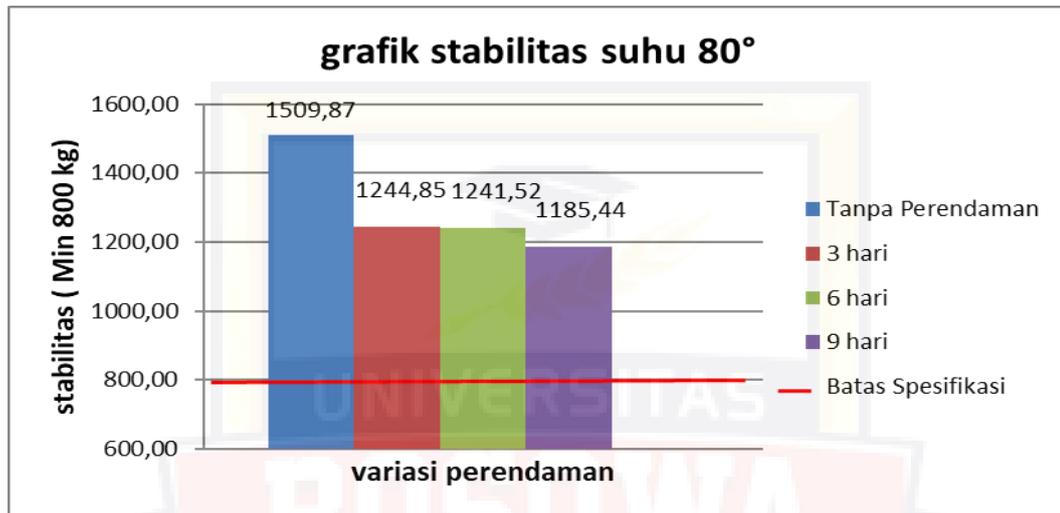
Gambar 4.32 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu memengaruhi nilai kepadatan (*density*) hal ini disebabkan karena campuran 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 variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.26



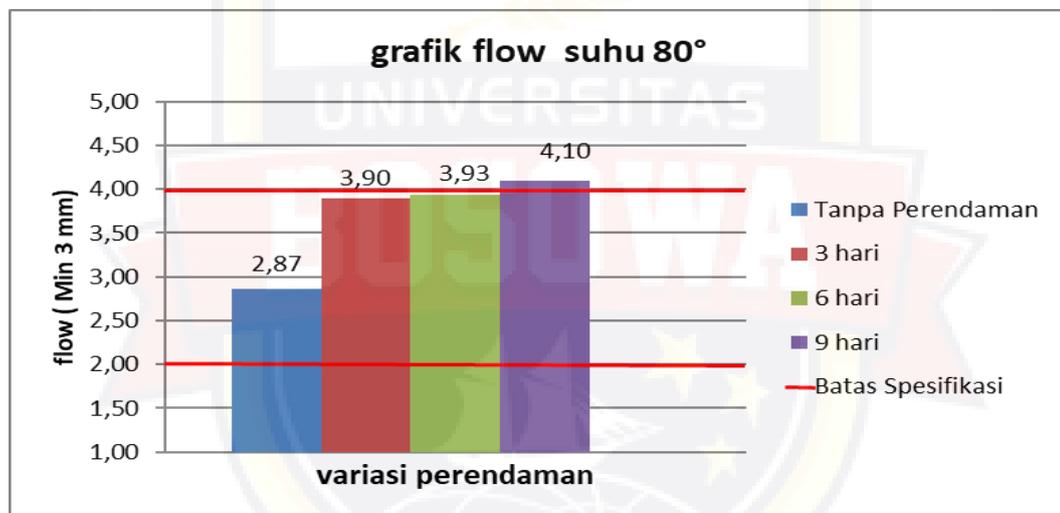
Gambar 4.33 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi penurunan suhu pemadatan kedalam campuran yang direndam secara berulang mengalami penurunan dimana nilai pada tanpa perendaman adalah 1509,87 Kg pada perendaman 3 hari adalah 1244,85 Kg, pada perendaman 6 hari adalah 1241,52 Kg, dan pada perendaman 9 hari adalah 1185,44 kg. Ketika campuran aspal direndam dalam air laut dalam waktu yang lama, air laut akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan

agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian semakin lama campuran terendam dalam air laut, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC pada variasi penurunan suhu pemadatan yang digunakan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.27



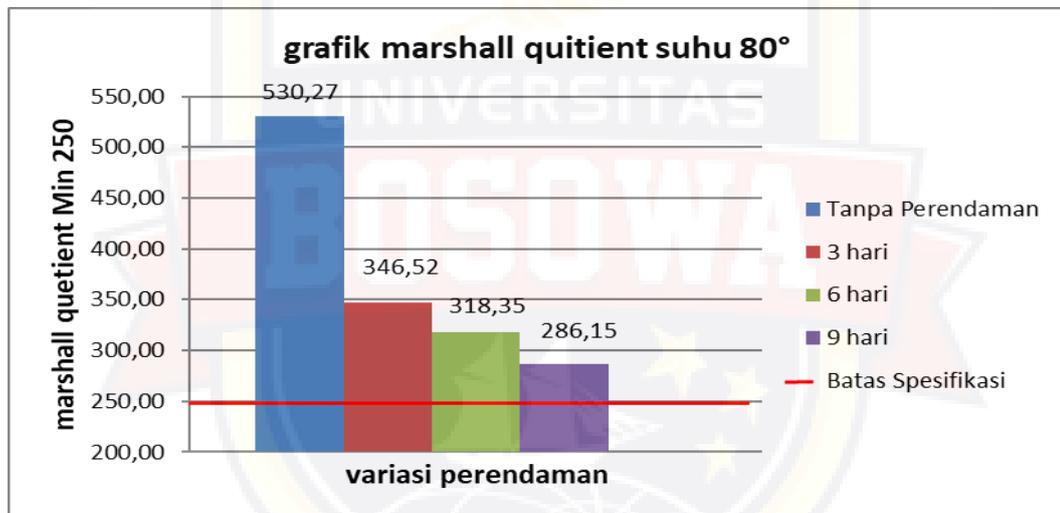
Gambar 4.34 Diagram hubungan Variasi suhu penurunan pemadatan 80°C terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.27 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada tanpa perendaman nilainya adalah 2,87 mm pada perendaman 3 hari adalah 3.90 mm, pada perendaman yang ke 6 hari adalah 3,93 mm, dan pada perendaman yang ke 9 hari nilai flownya adalah 4,10 mm. Semakin lama perendaman ,

air laut akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. *Marshall Quotient*

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.28



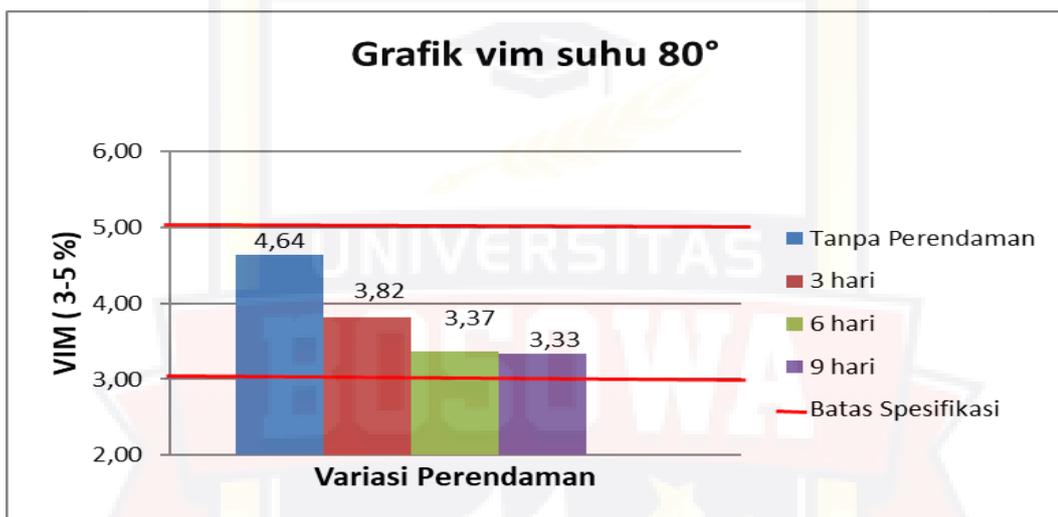
4.35 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan terhadap 80°C nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60

Gambar diatas menunjukkan bahwa lamanya perendaman mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* tanpa perendaman adalah 530,27 Kg/mm, pada perendaman 3 hari nilai yang diperoleh 346,52 Kg/mm, pada perendaman yang ke 6 hari nilai yang di peroleh yaitu 318,35 kg/mm, dan pada perendaman ke 9 hari adalah 285,15 Kg/mm. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kohesi atau gaya tarik menarik dalam

aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air laut. Selain itu juga kemungkinan adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

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

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi pemadatan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.29

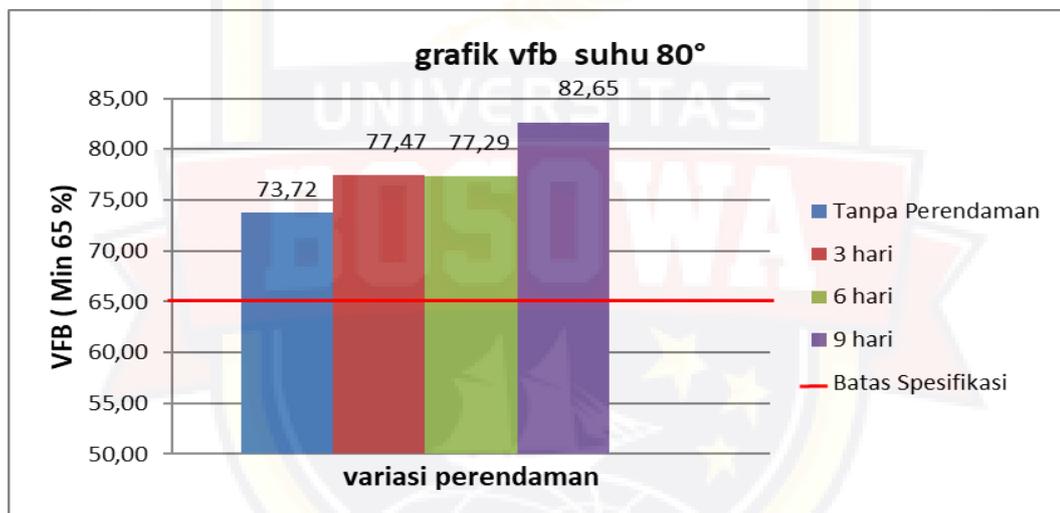


Gambar 4.36 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.29 menunjukkan bahwa penambahan variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VIM* menurun. Dimana untuk nilai tanpa perendaman adalah 4.64 %, untuk perendaman 3 hari adalah 3,82 %, untuk perendaman 6 hari adalah 3.37 % dan untuk perendaman ke 9 hari adalah 3.33 %.

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

Nilai VFB memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila VFB besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik ke permukaan yang kemudian terjadi bleeding.

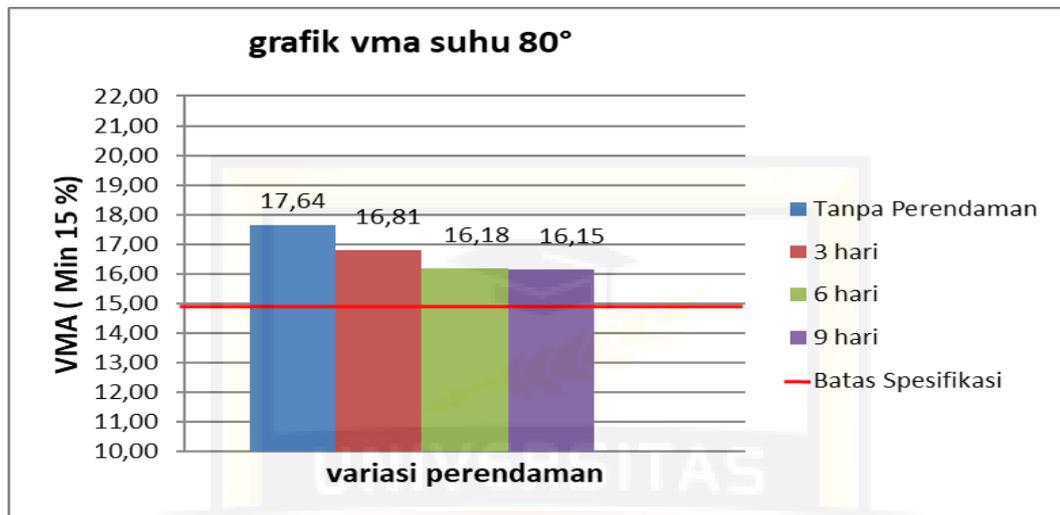


Gambar 4.37 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.30 menunjukkan bahwa menggunakan variasi penurunan suhu pemadatan pada campuran dimana nilai pada tanpa perendaman adalah 74,25 % , pada perendaman 3 hari adalah 77,29 % , pada perendaman 6 hari adalah 77,29 % dan pada perendaman ke 9 hari adalah 79,29 % terjadi kenaikan dan memenuhi spesifikasi yg di tentukan

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi penurunan suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.31



Gambar 4.38 Diagram hubungan variasi penurunan suhu pemadatan 80°C terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.31 menunjukkan bahwa variasi penurunan suhu pemadatan yang direndam secara berulang mengalami kenaikan nilai VMA. Dimana nilai tanpa perendaman adalah 17,64 % pada perendaman 3 Hari adalah 16,81 % , pada perendaman 6 hari adalah 16,18% sedangkan untuk perendaman 9 hari adalah 16,15 %. Dapat dilihat bahwa pada perendaman dari 4 hari sampai 9 hari mengalami penurunan hal ini disebabkan penurunan suhu pemadatan yang digunakan .

4.6. 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 4.16.

Tabel 4.16 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC

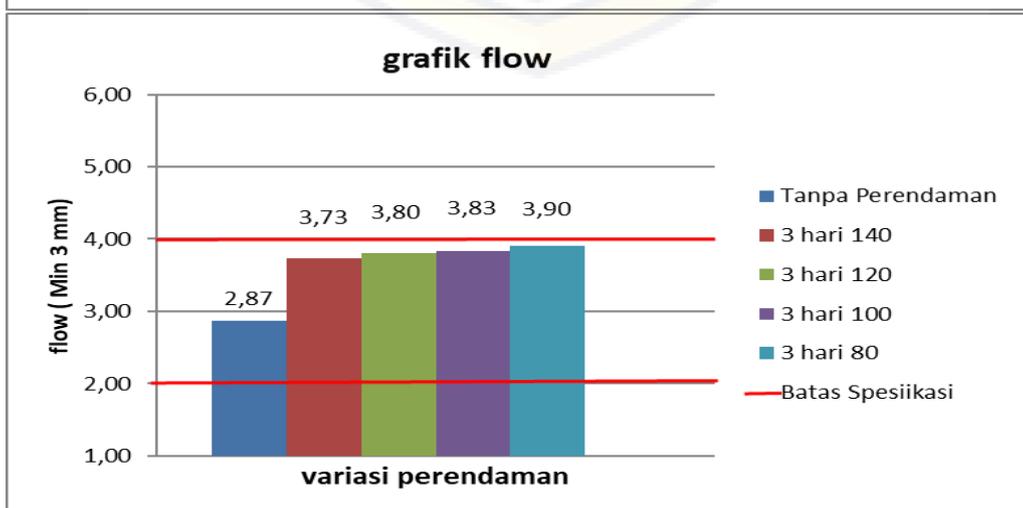
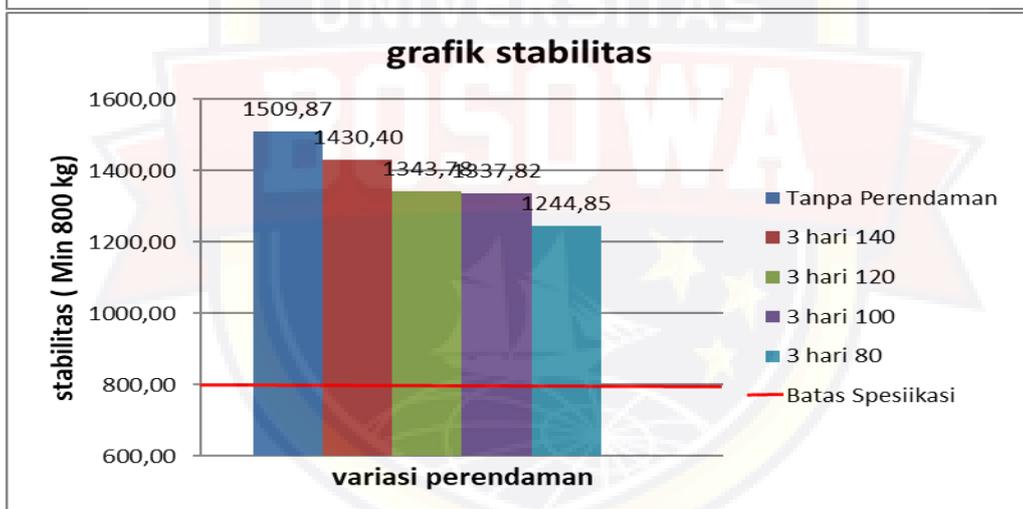
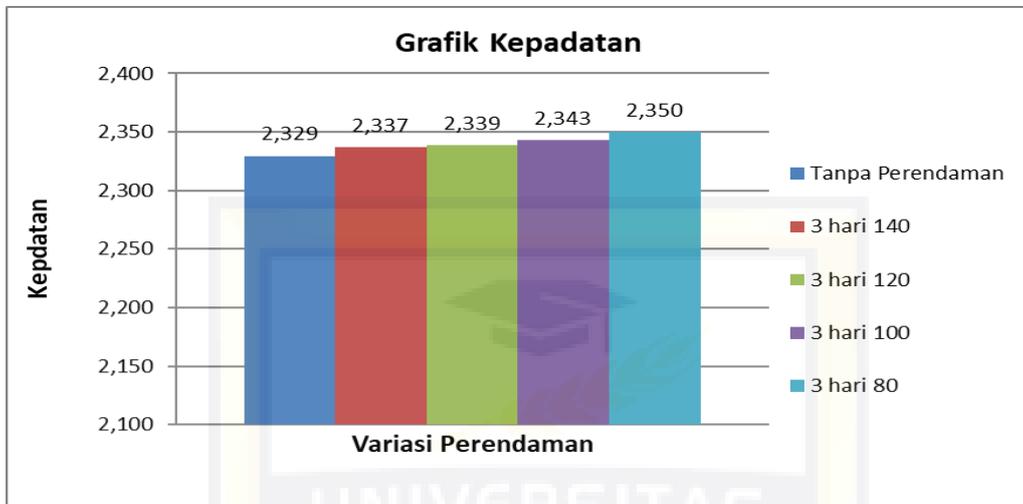
KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1509,87	1422,25	94.20	90

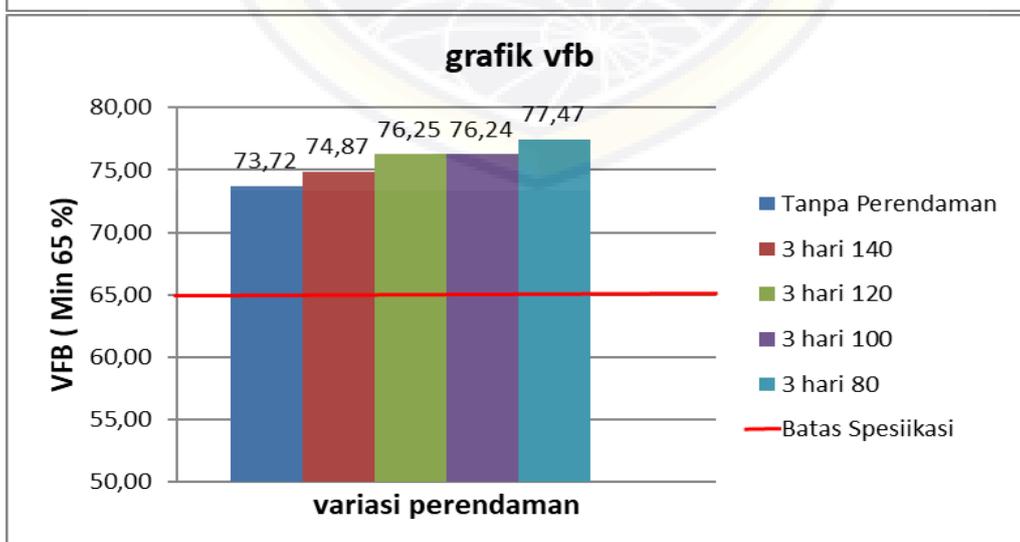
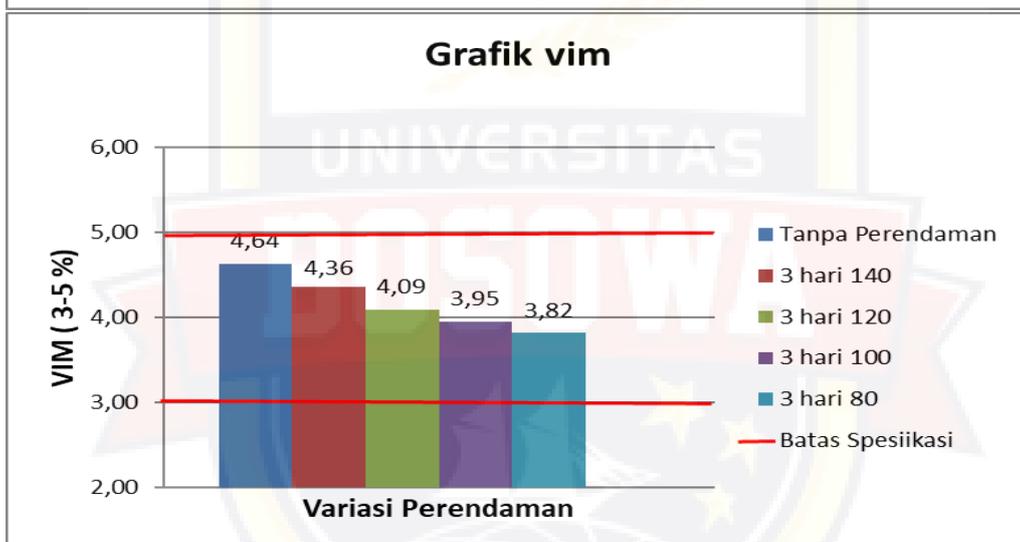
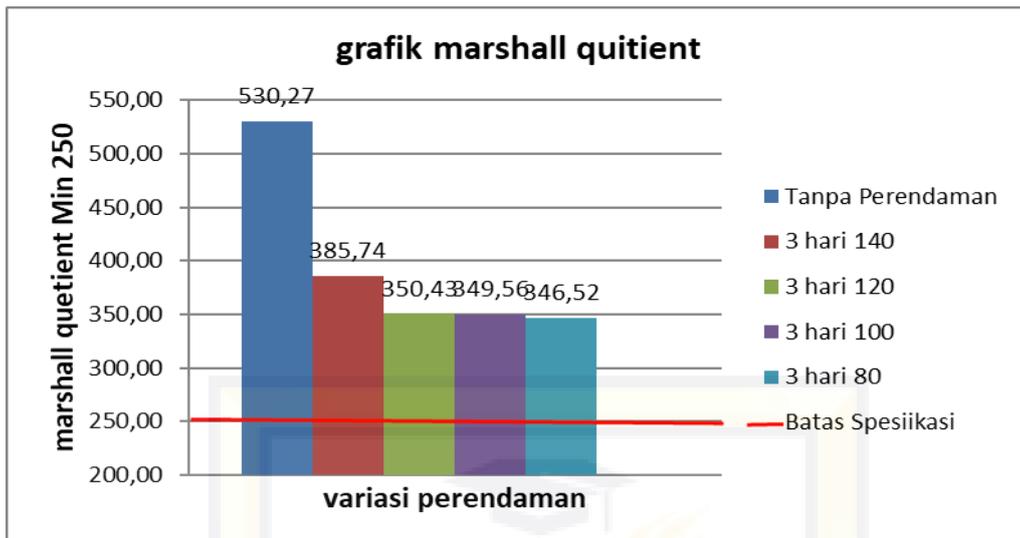
Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

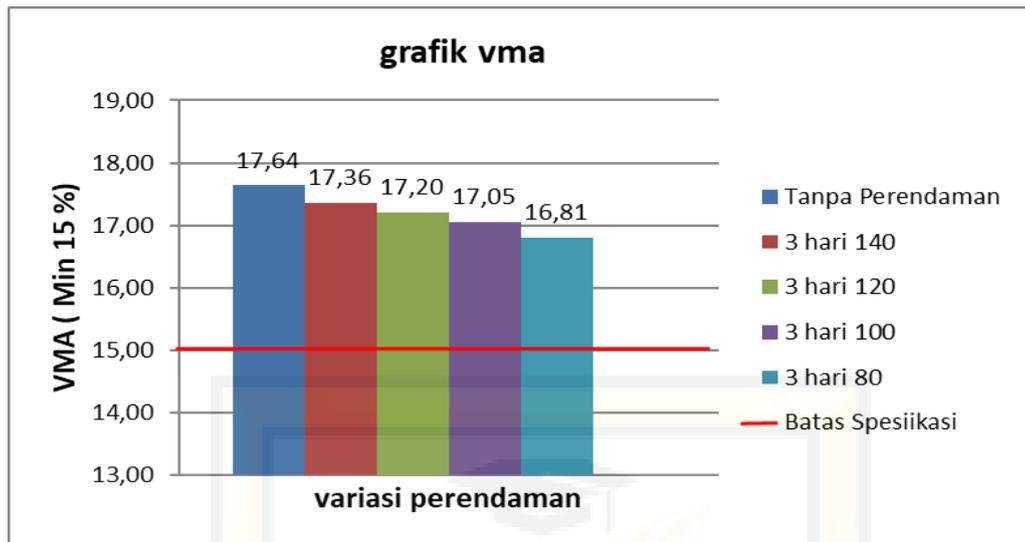
Dari tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

4.7. Hubungan sifat karakteristik berdasarkan perbandingan variasi hari perendaman.

4.7.1. Perendaman 3 hari

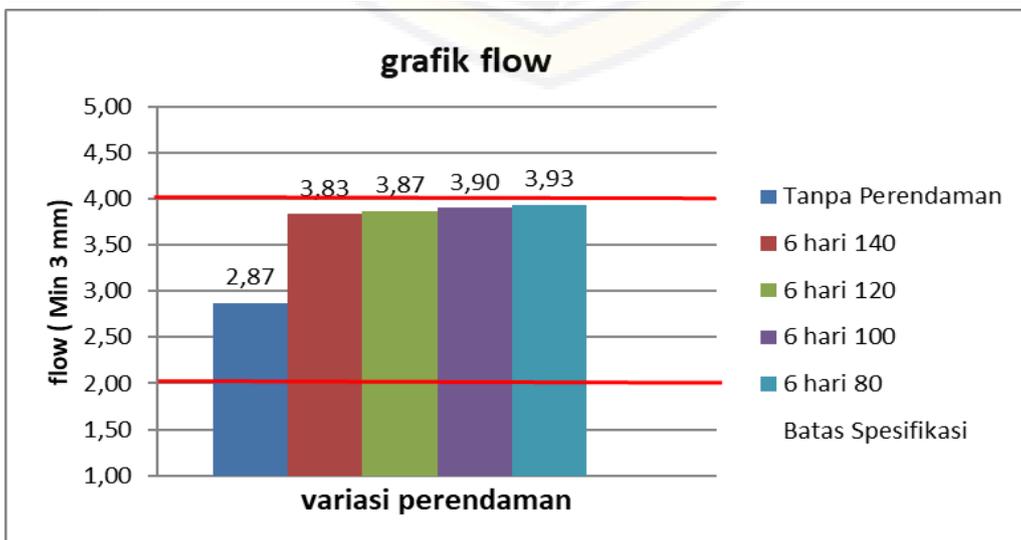
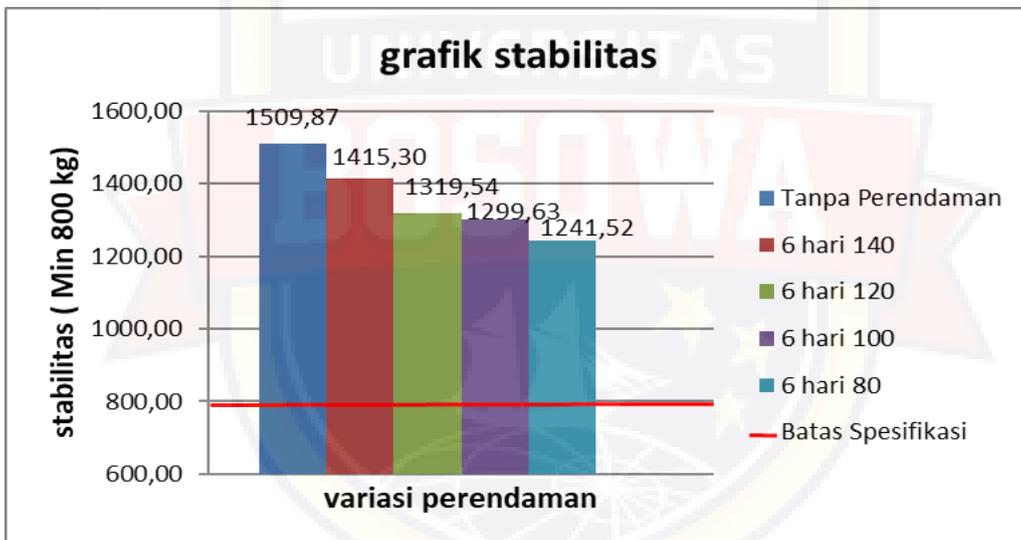
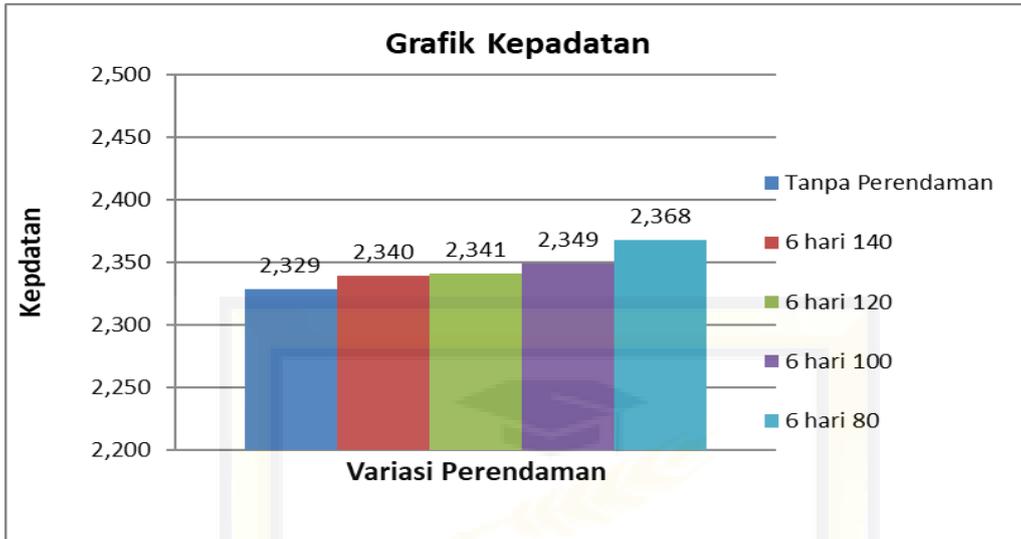


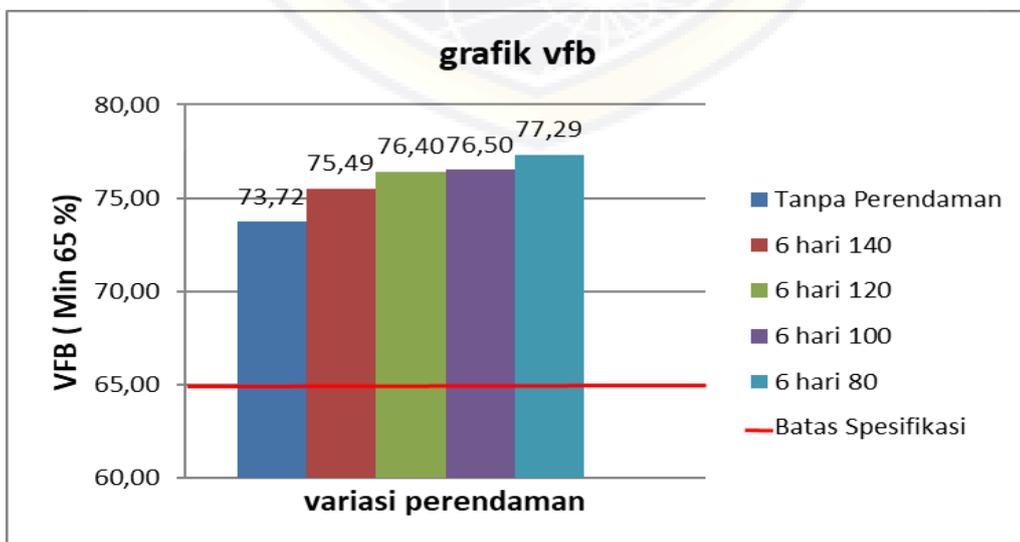
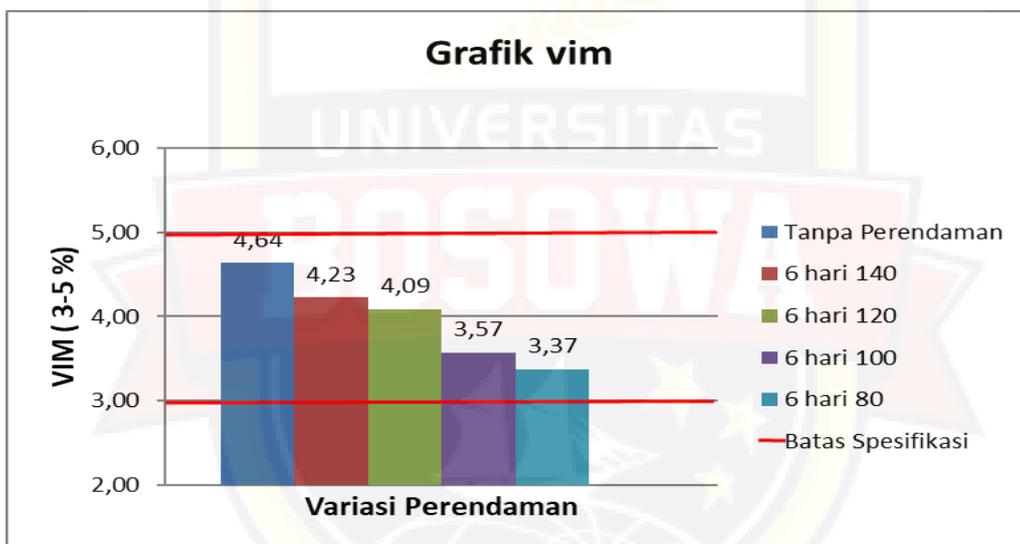
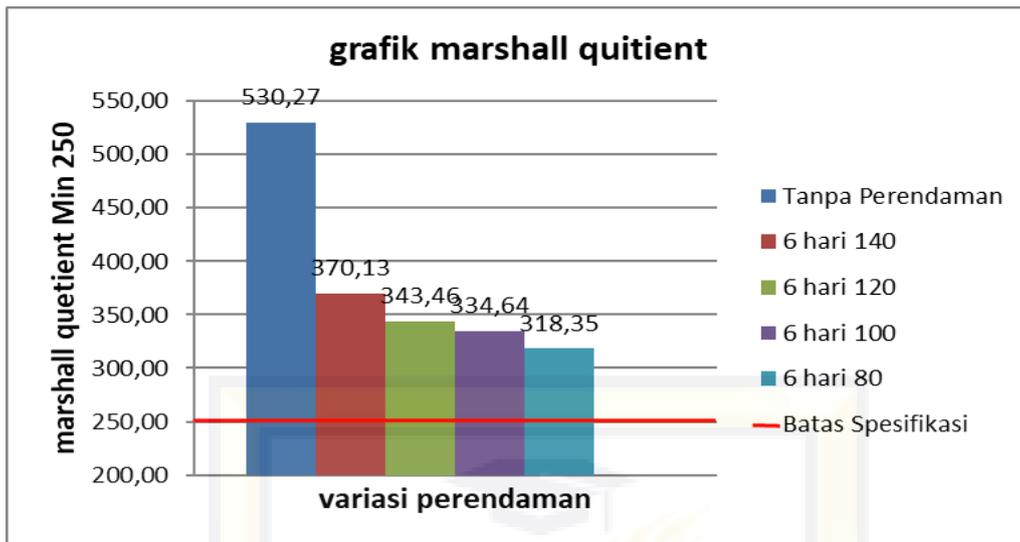


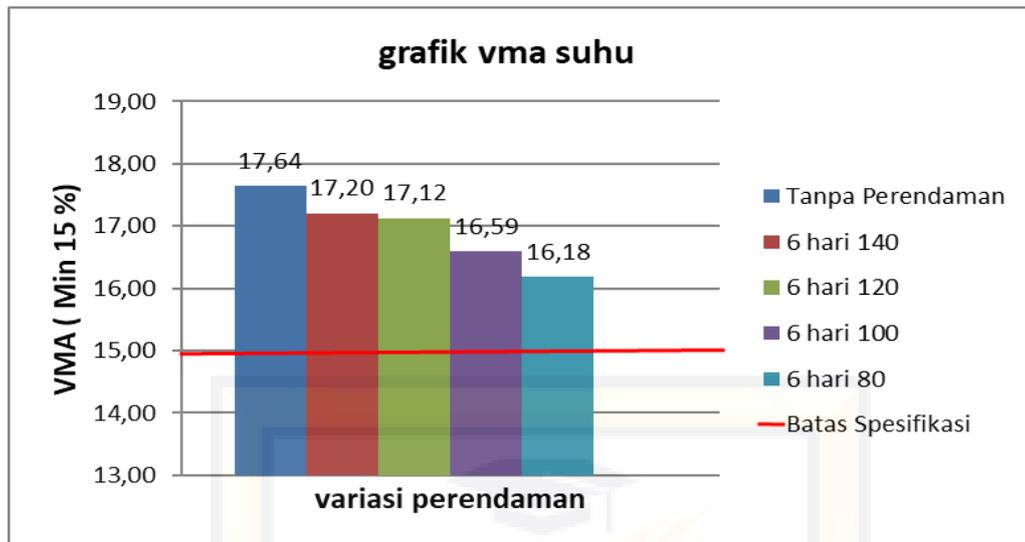


Dari Gambar 4.32. Di atas menunjukkan bahwa pada perendaman 3 hari semua lolos spesifikasi dan pada grafik flow terdapat nilai ekstrim yang hampir melewati batas minimum pada suhu 140°C, nilainya adalah 3,73 mm, pada suhu 120°C nilainya adalah 3,80 mm, pada suhu 100°C nilainya adalah 3,83 mm, pada suhu 80°C nilainya adalah 3,90mm, semakin menurunnya suhu pemadatan nilai flow semakin meningkat hal ini disebabkan variasi penurunan suhu pemadatan dan campuran aspal di rendam dalam air laut, air laut akan masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material baik penyusun maupun aspal. hal ini mengurangi daya rekat aspal namun masih berada dalam batas Spesifikasi.

4.7.2. Perendaman 6 hari

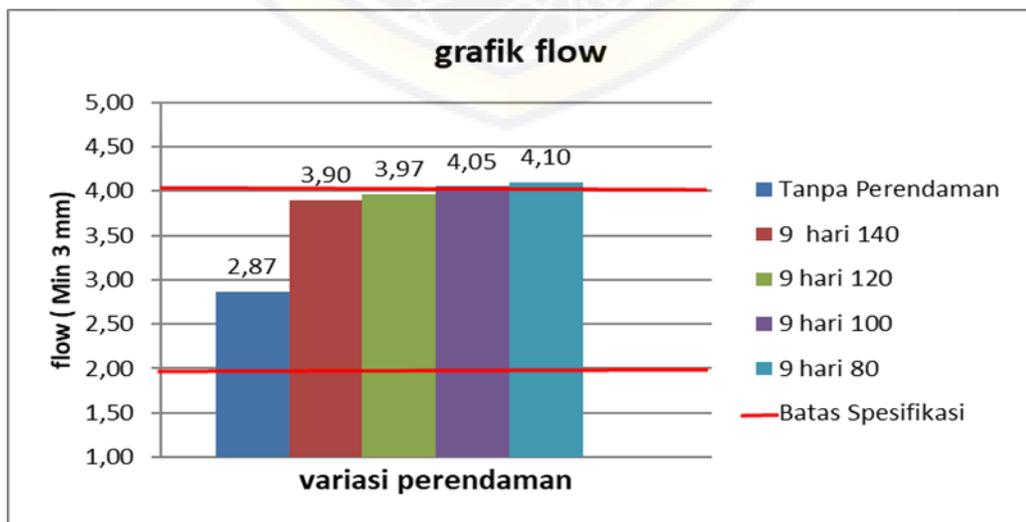
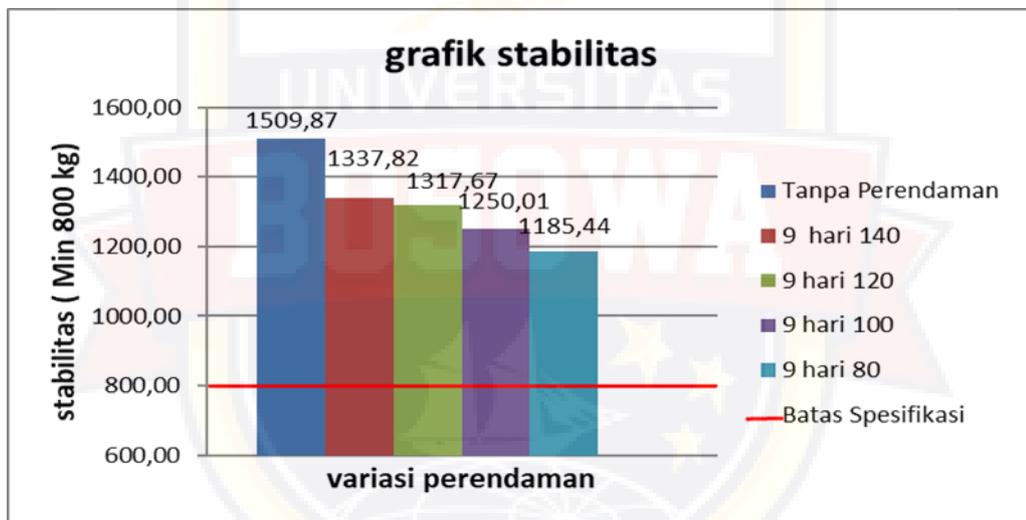
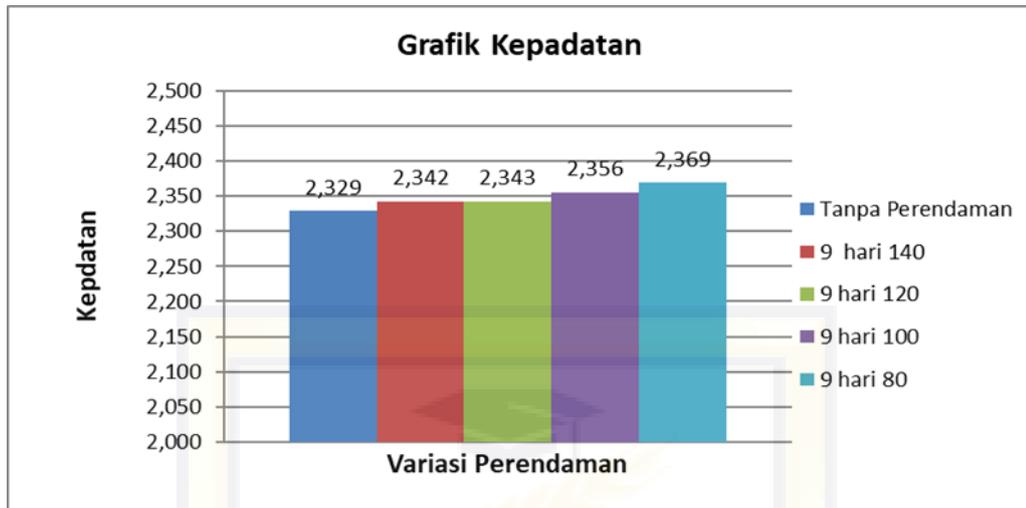


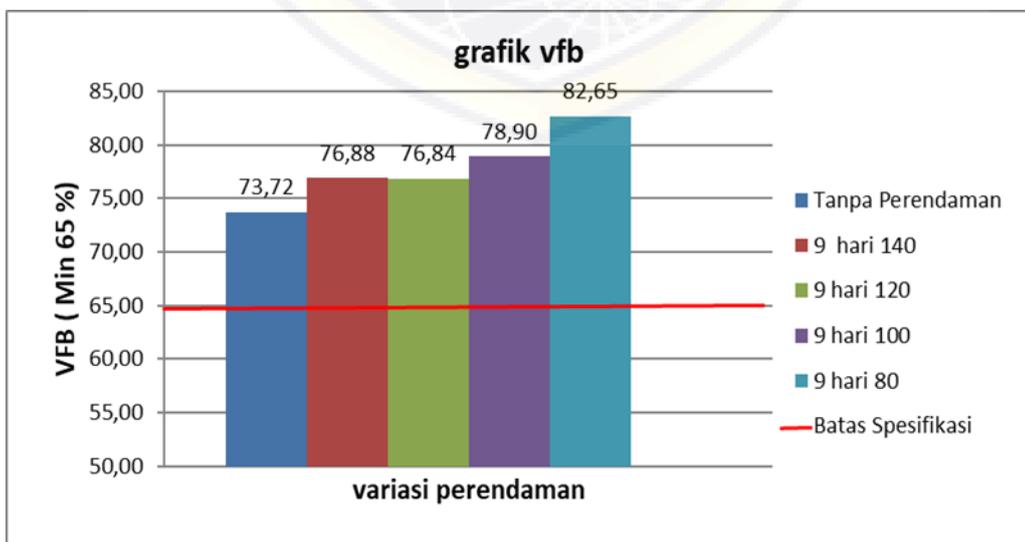
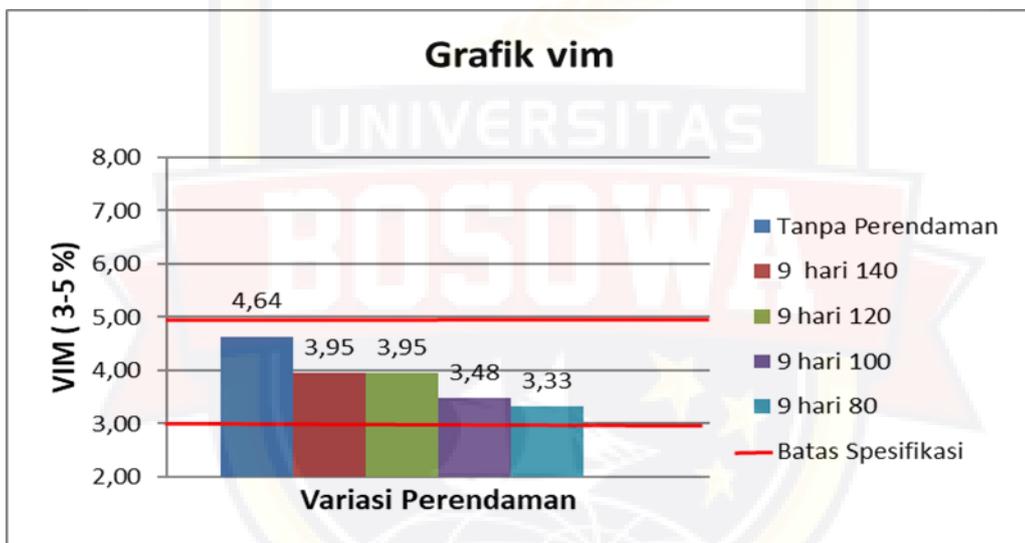
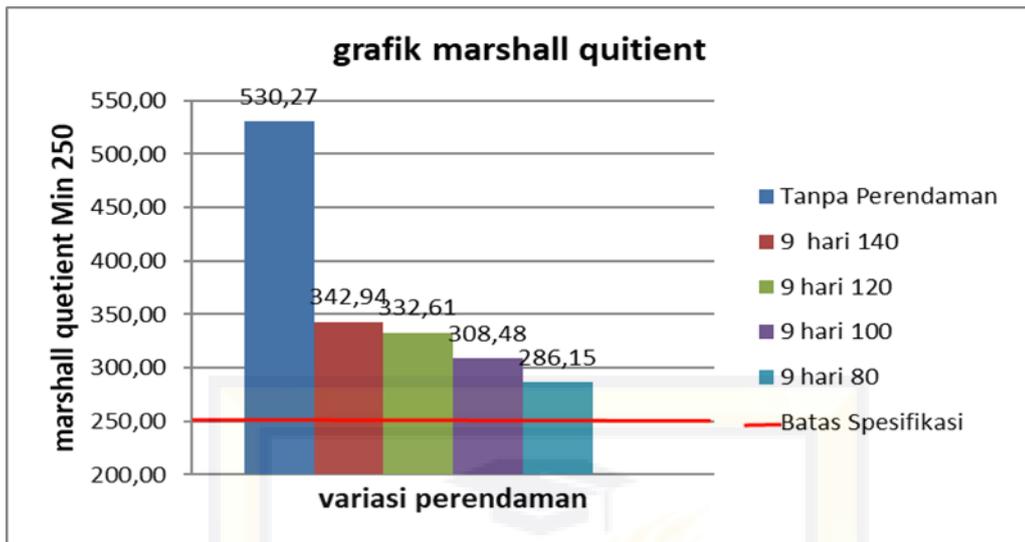


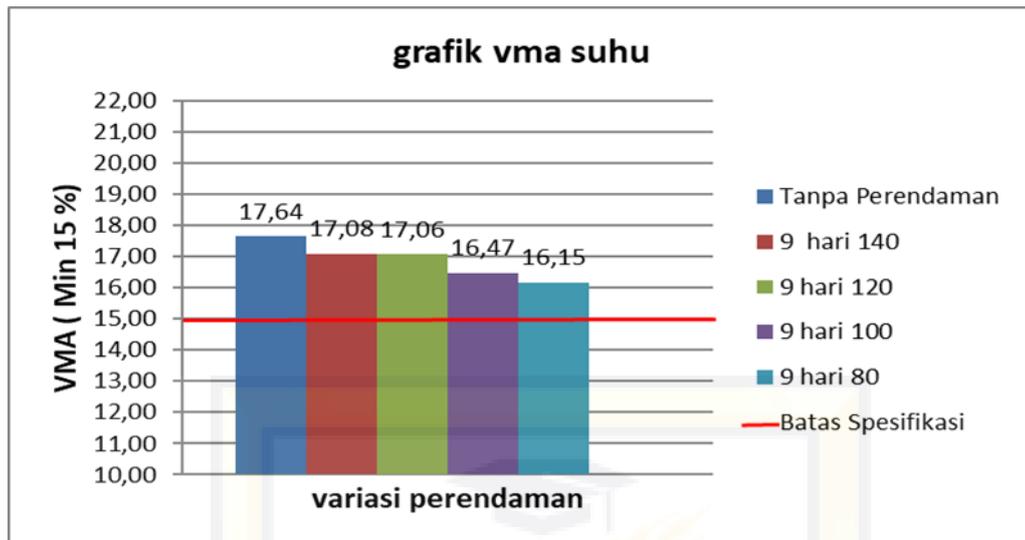


Dari Gambar 4.33. Di atas menunjukkan bahwa pada perendaman 6 hari semua lolos sepesifikasi dan pada grafik flow terdapat nilai ekstrim yang hampir melewati batas minimum pada suhu 140°C, nilainya adalah 3,83 mm, pada suhu 120°C nilainya adalah 3,87 mm, pada suhu 100°C nilainya adalah 3,90 mm, pada suhu 80°C nilainya adalah 3,93mm, semakin menurunnya suhu pemadatan nilai flow semakin meningkat hal ini disebabkan variasi penurunan suhu pemadatan dan campuran aspal di rendam dalam air laut, air laut akan masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material baik penyusun maupun aspal. hal ini mengurangi daya rekat aspal namun masih berada dalam batas Spesifikasi.

4.7.3. Perendaman 9 hari



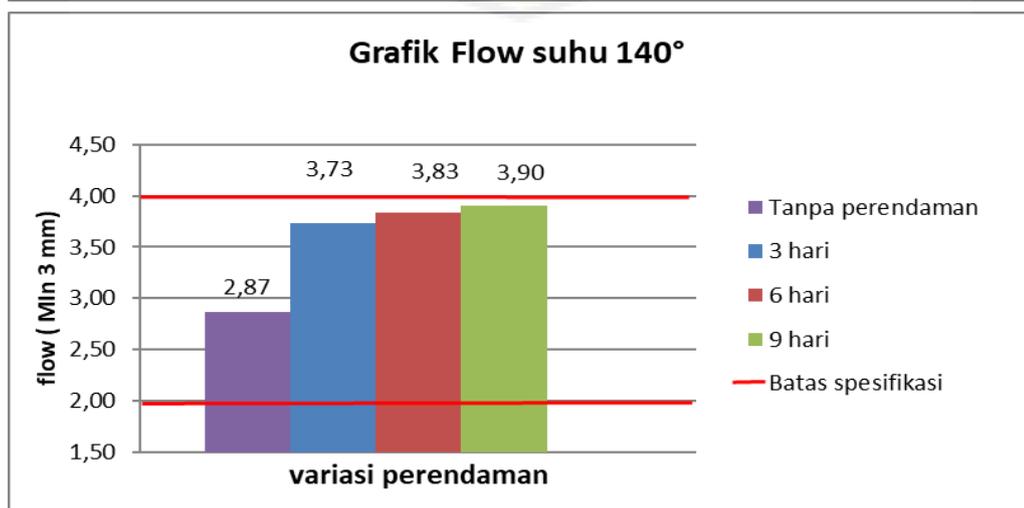
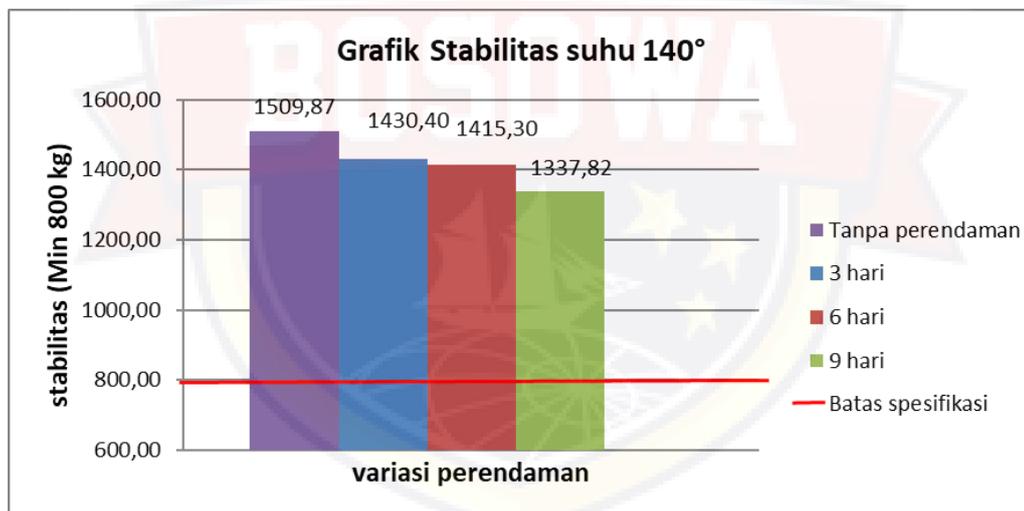
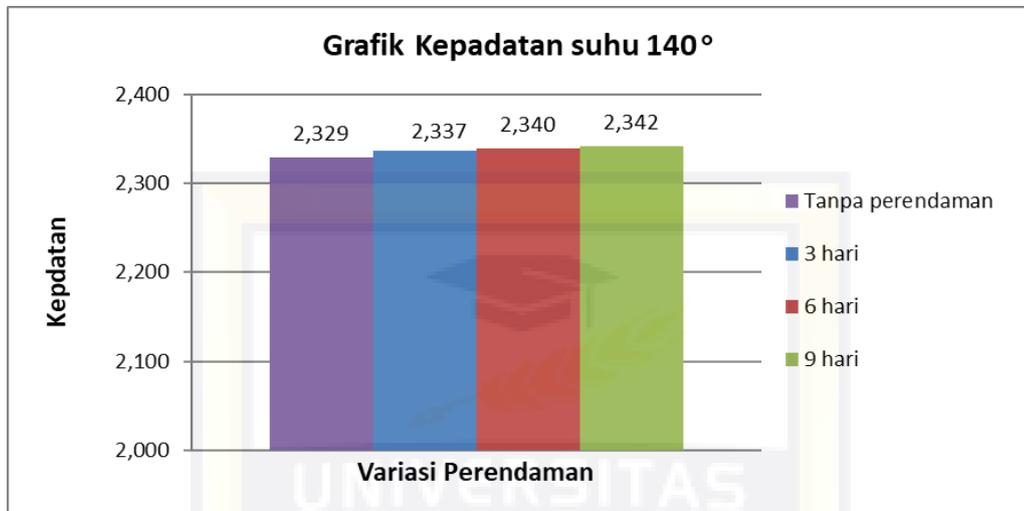


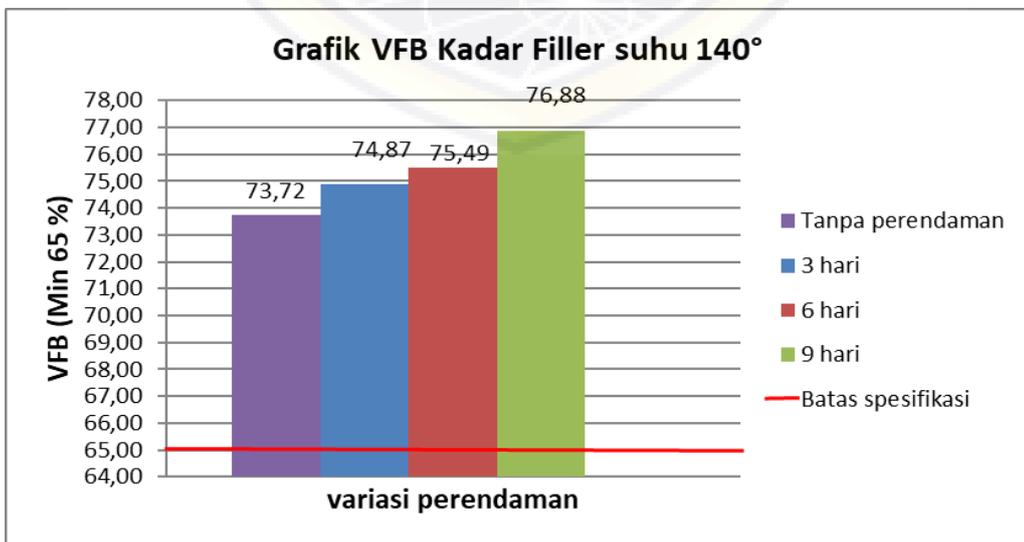
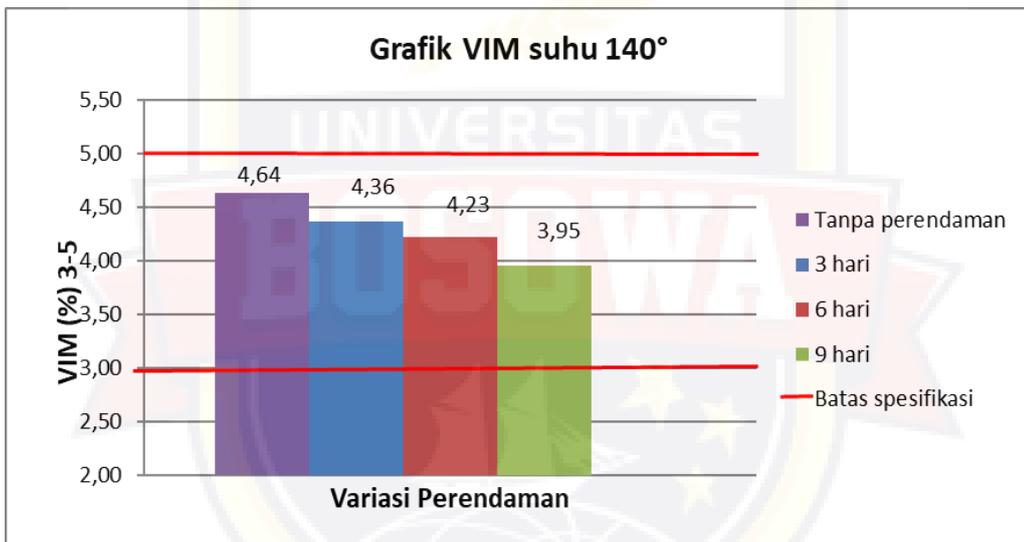
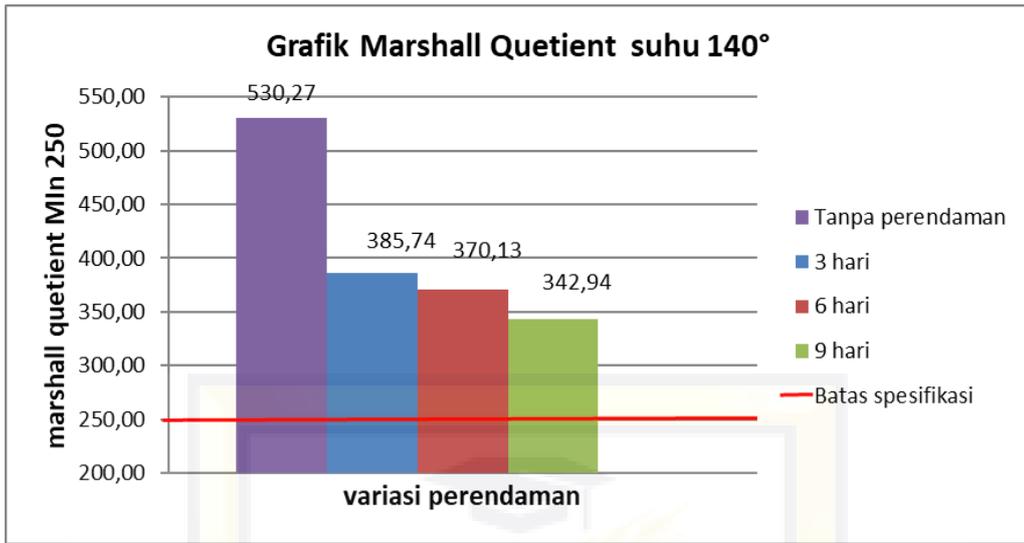


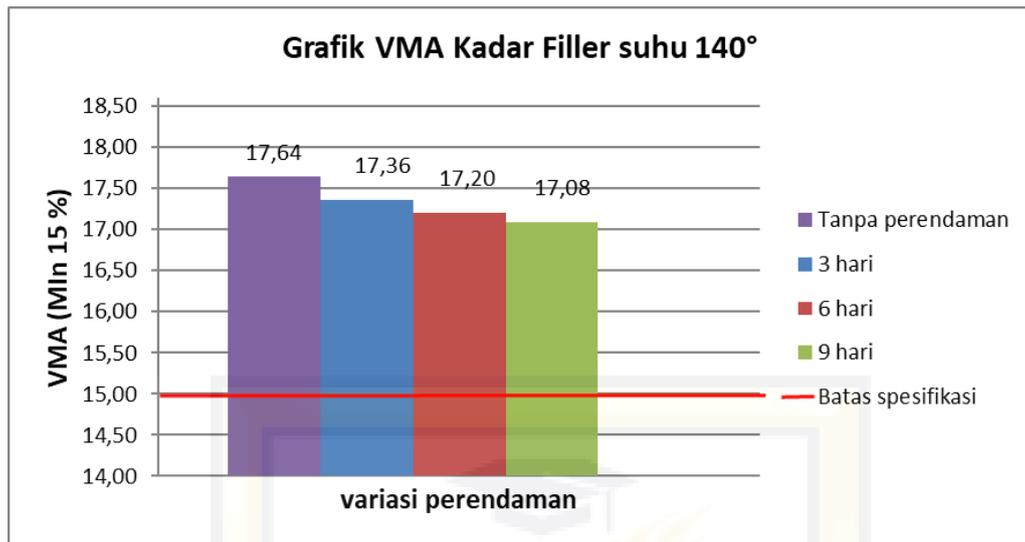
Dari Gambar 4.34. . Di atas menunjukkan bahwa pada perendaman 6 hari semua lolos sepesifikasi dan pada grafik flow terdapat nilai ekstrim yang melewati batas minimum pada suhu 140°C, nilainya adalah 3,90 mm, pada suhu 120°C nilainya adalah 3,97 mm, pada suhu 100°C nilainya adalah 4,05 mm, pada suhu 80°C nilainya adalah 4,10 mm, semakin menurunnya suhu pemadatan nilai flow semakin meningkat hal ini disebabkan variasi penurunan suhu pemadatan dan campuran aspal di rendam dalam air laut dengan waktu yang lama air laut akan masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material baik penyusun maupun aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. hal ini mengurangi daya rekat aspal.

4.8. Hubungan sifat karakteristik berdasarkan perbandingan variasi penurunan suhu pemadatan.

4.8.1. Variasi penurunan suhu 140°C.

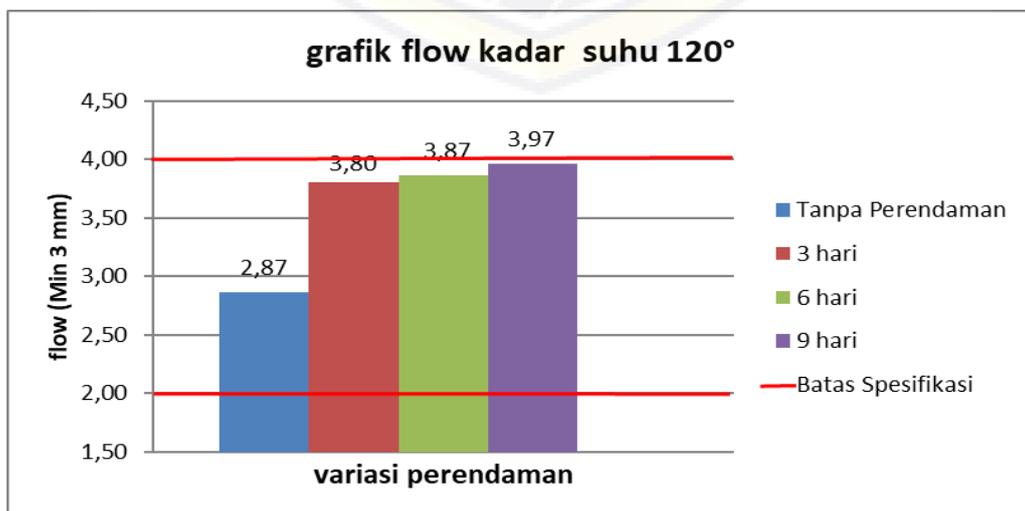
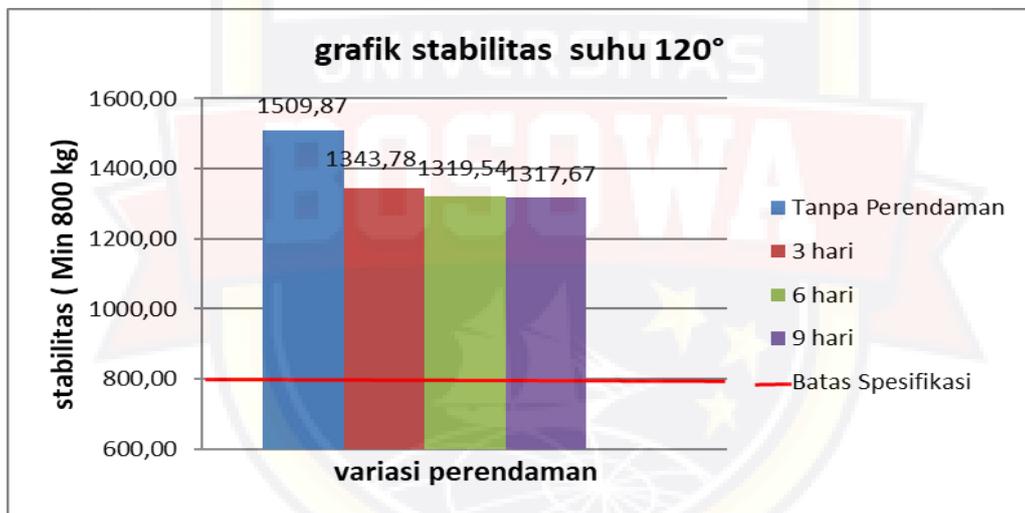


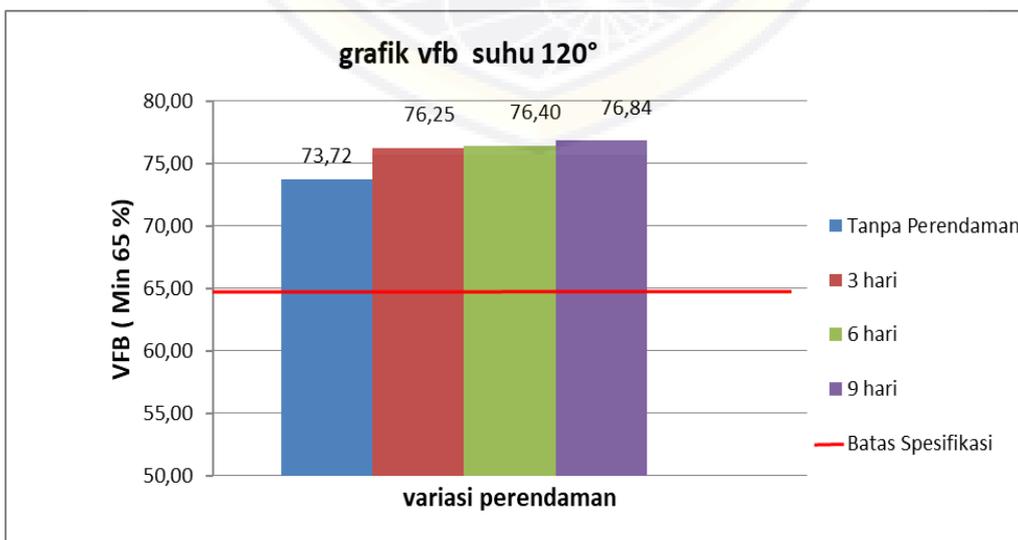
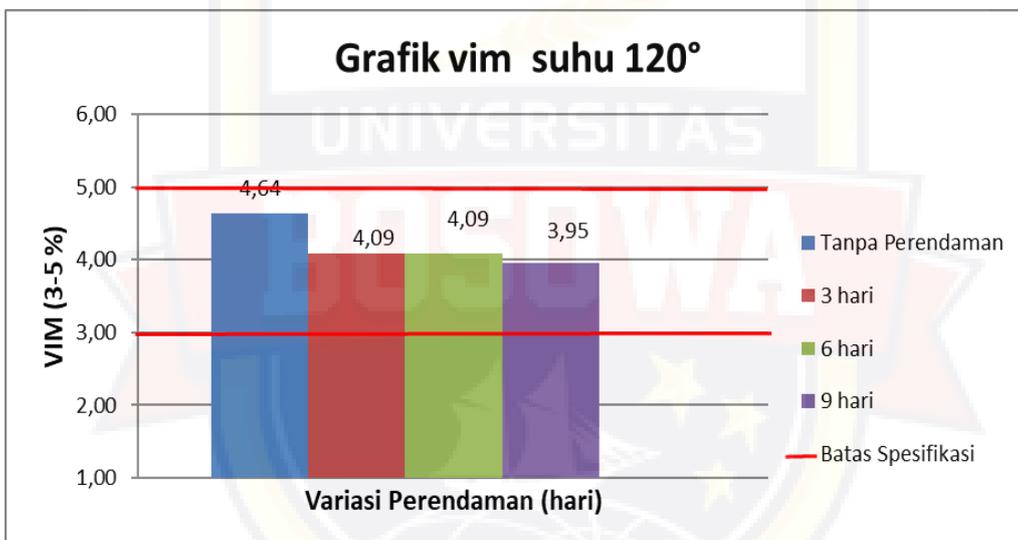
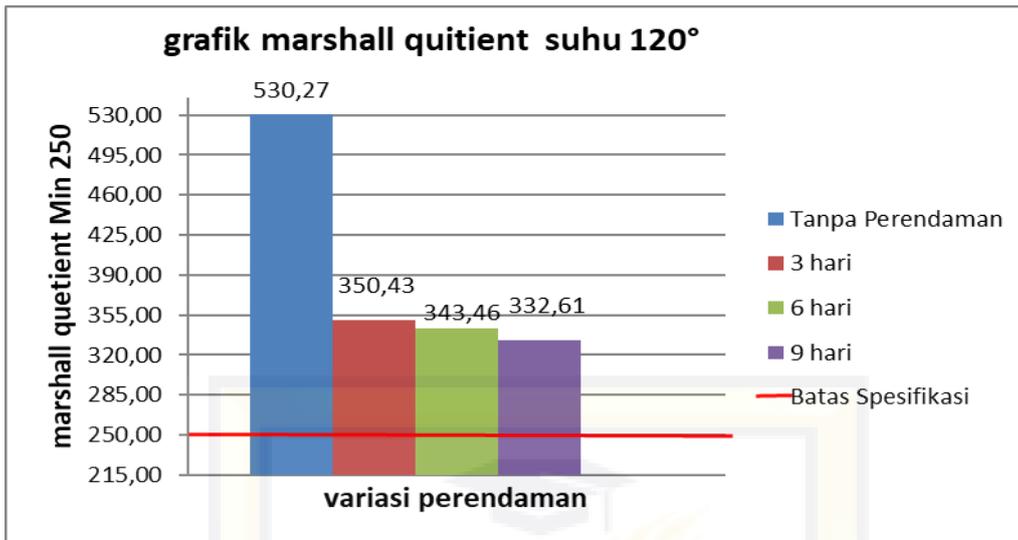


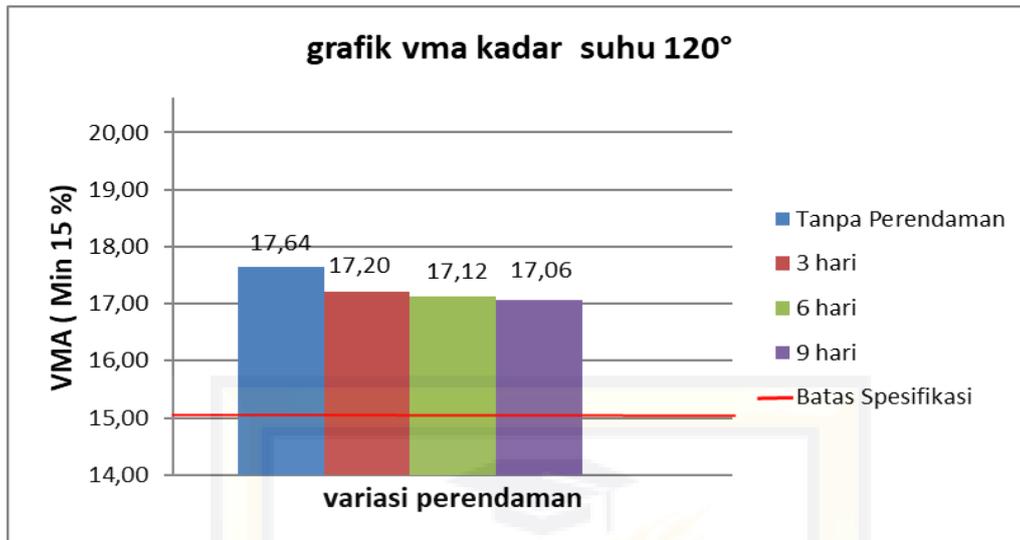


Dari Gambar 4.35. Di atas menunjukkan bahwa pada suhu 140°C dapat diperoleh nilai Kepadatan, Flow, dan FVB mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman berulang, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshal Quotient, dan VMA mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman. Hal ini disebabkan oleh variasi perendaman air laut, semakin lama perendaman air laut, air laut akan berusaha masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menelimiti permukaan agregat pada bagian yang terselimiti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

4.8.2. Variasi penurunan suhu 120°C

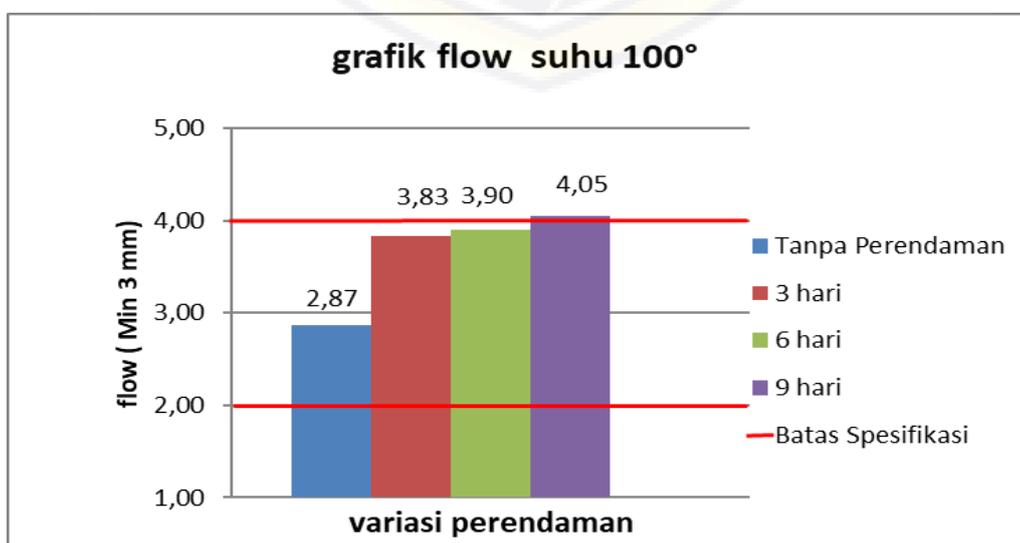
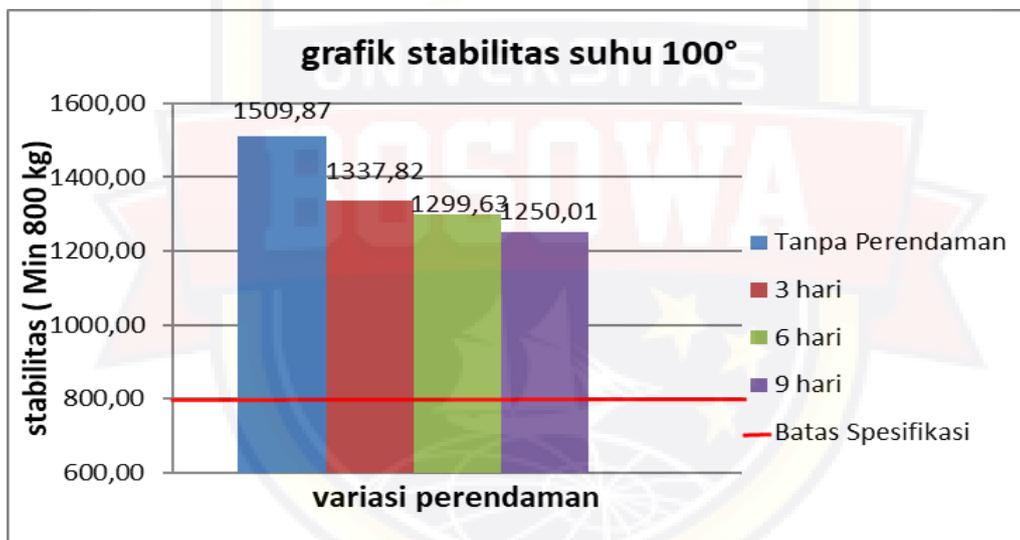
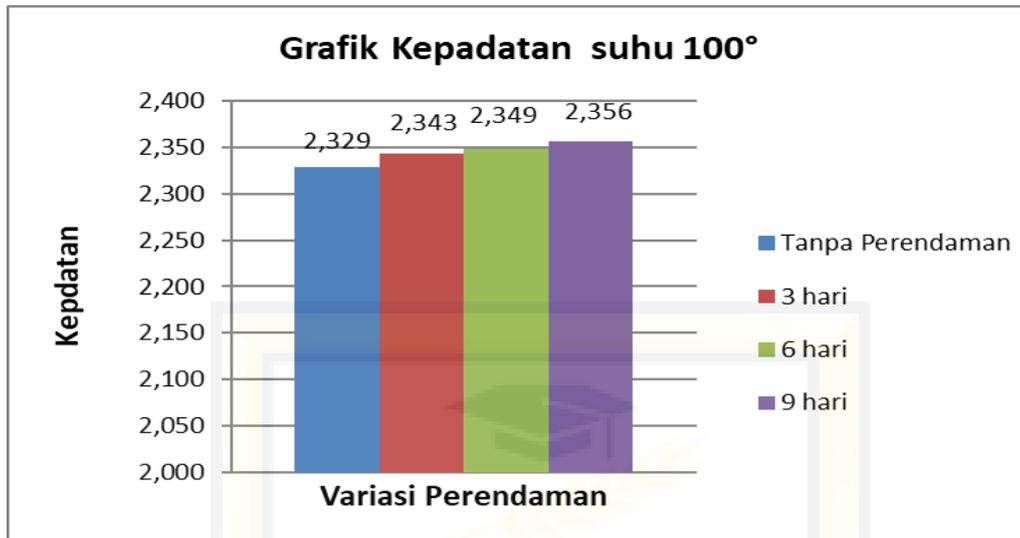


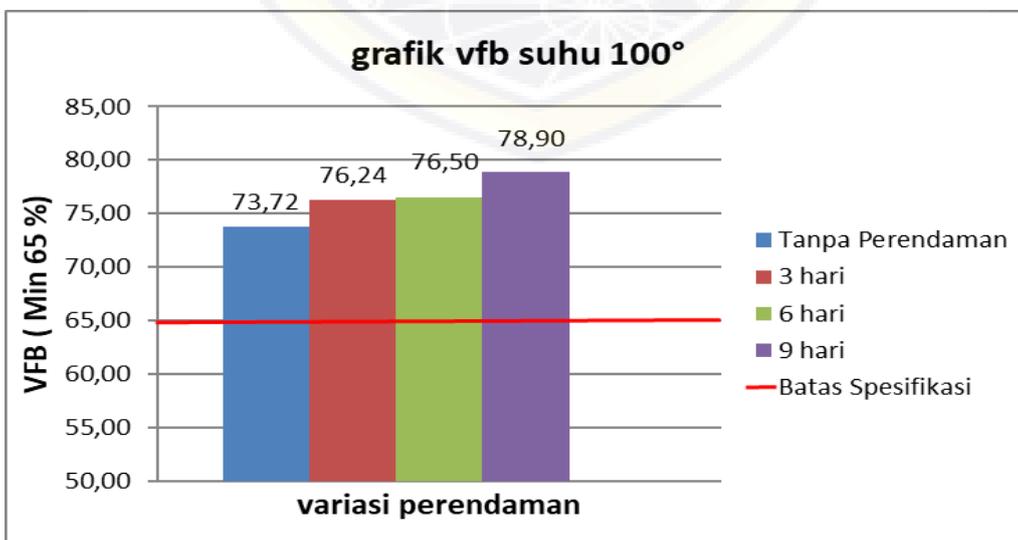
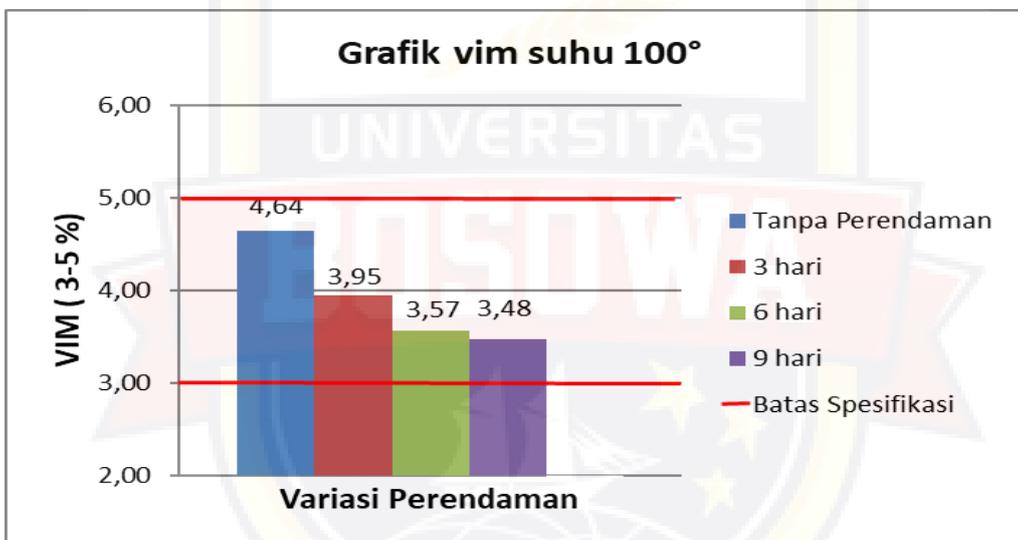
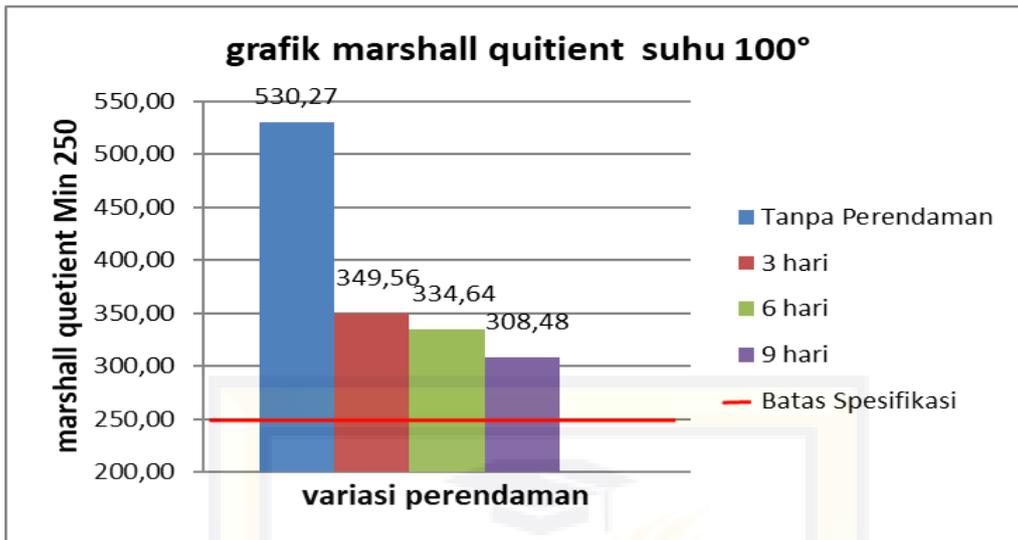


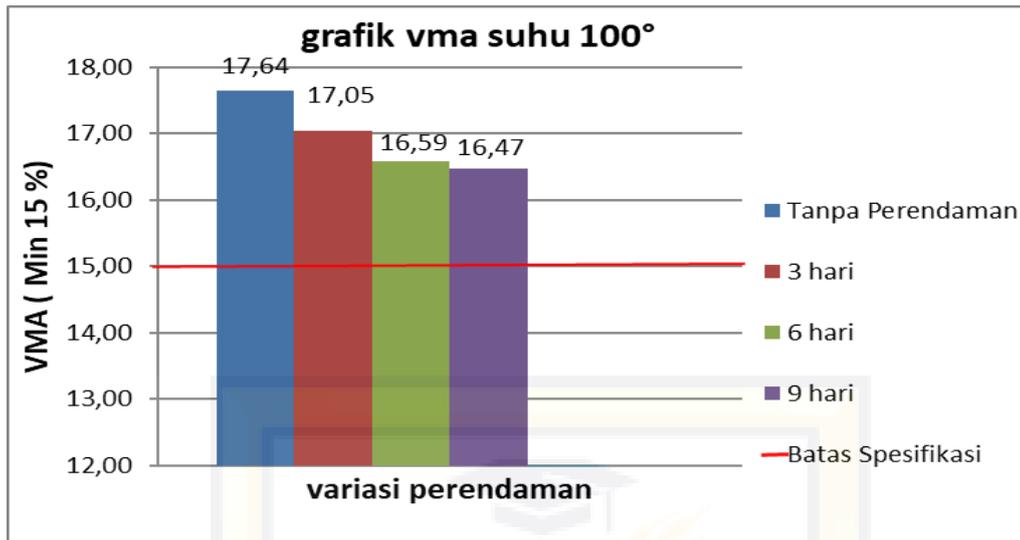


Dari Gambar 4.36. Di atas menunjukkan bahwa pada suhu 120°C dapat diperoleh nilai Kepadatan, Flow, dan FVB mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman berulang, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshal Quotient, dan VMA mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman. Hal ini disebabkan oleh variasi perendaman air laut, semakin lama perendaman air laut, air laut akan berusaha masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menelimiti permukaan agregat pada bagian yang terselimiti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

4.7.3. Variasi penurunan suhu 100°C

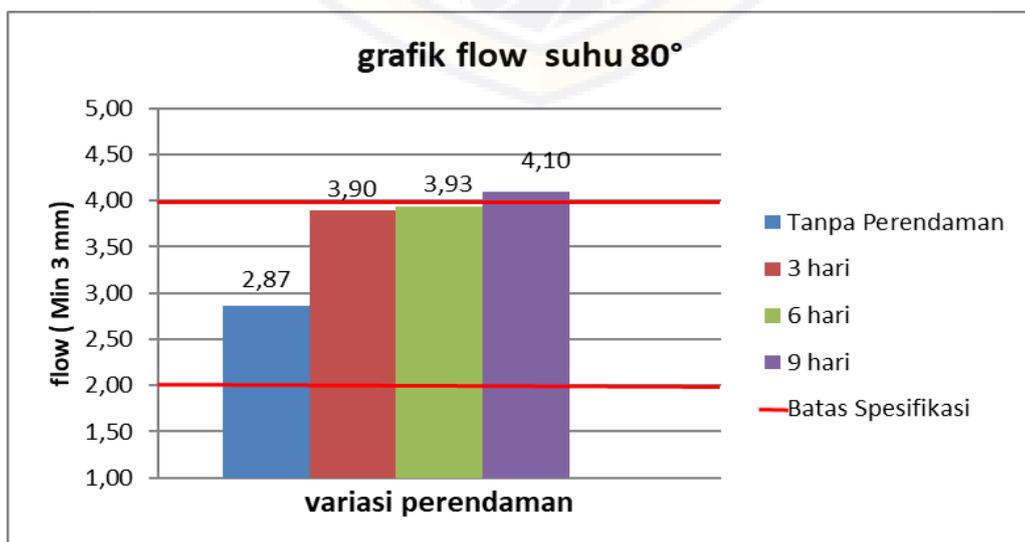
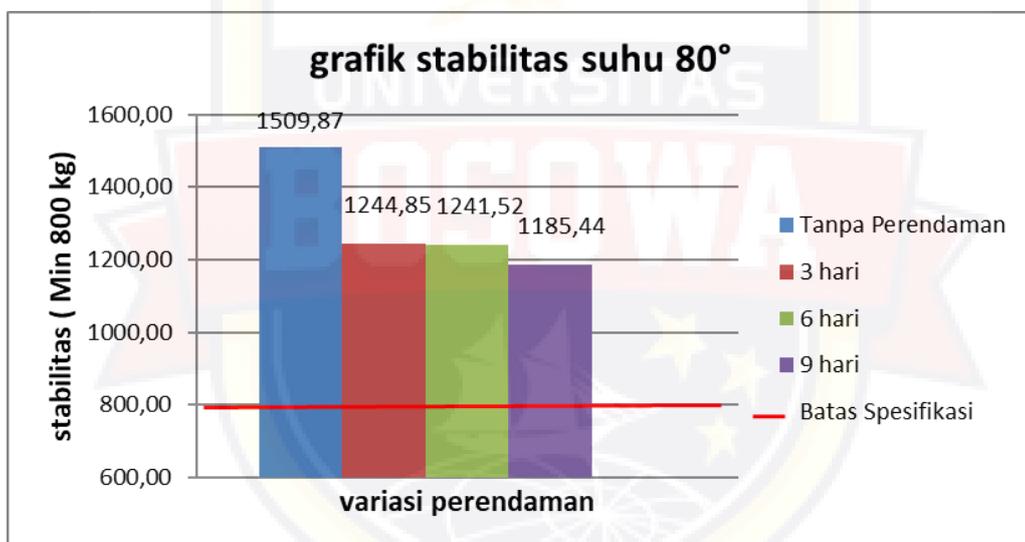
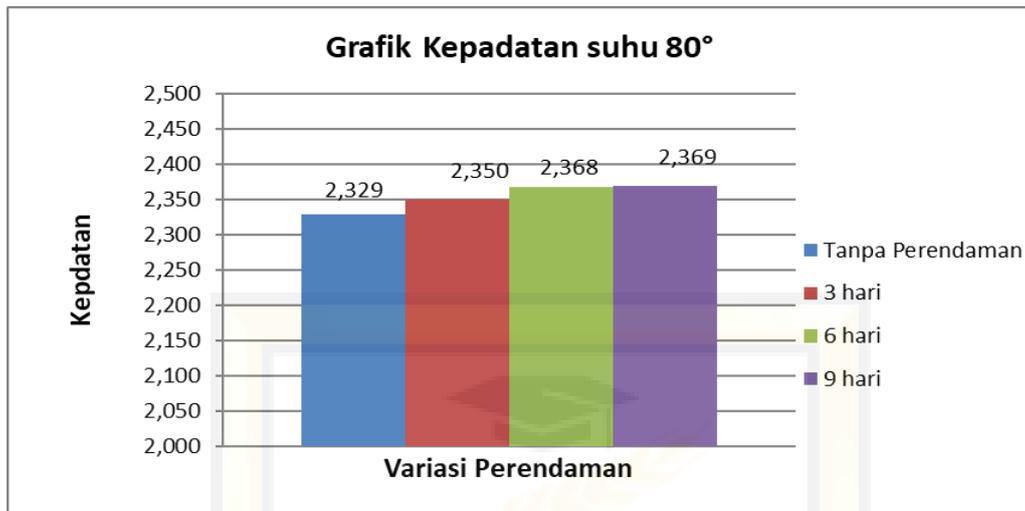


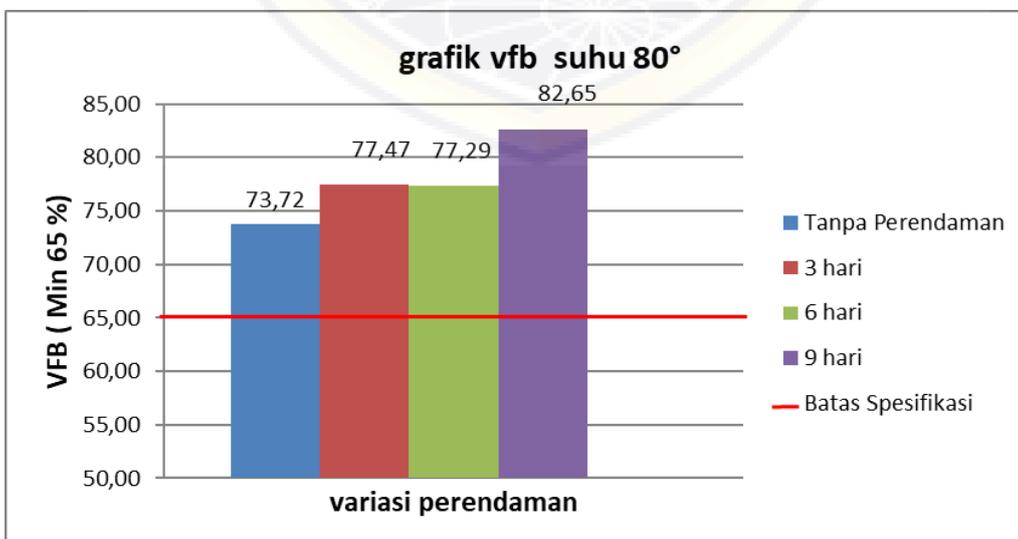
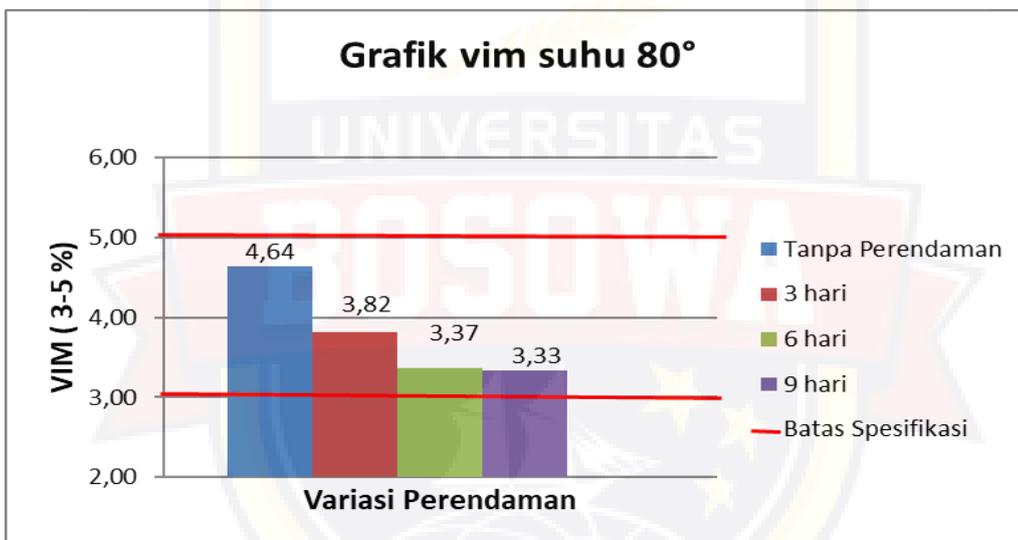
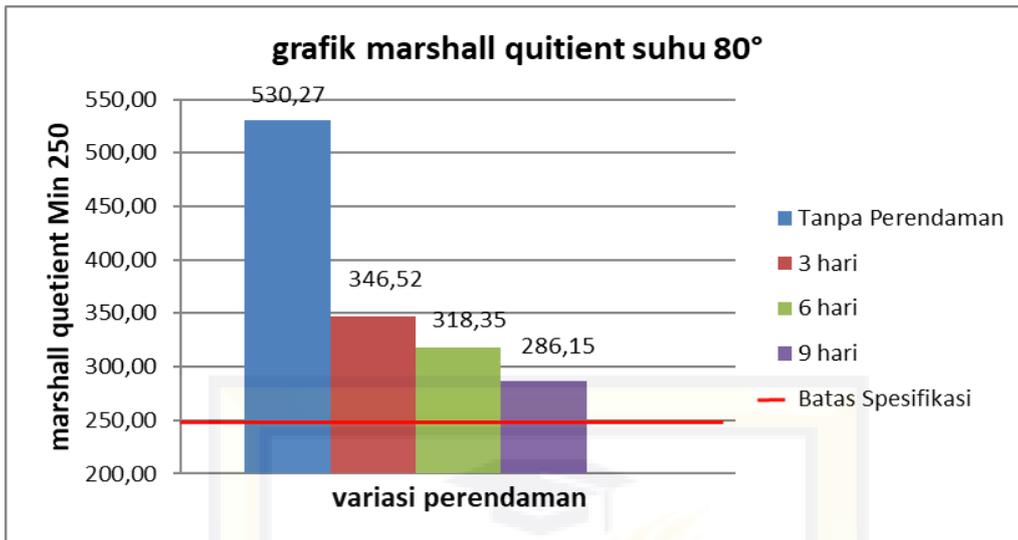


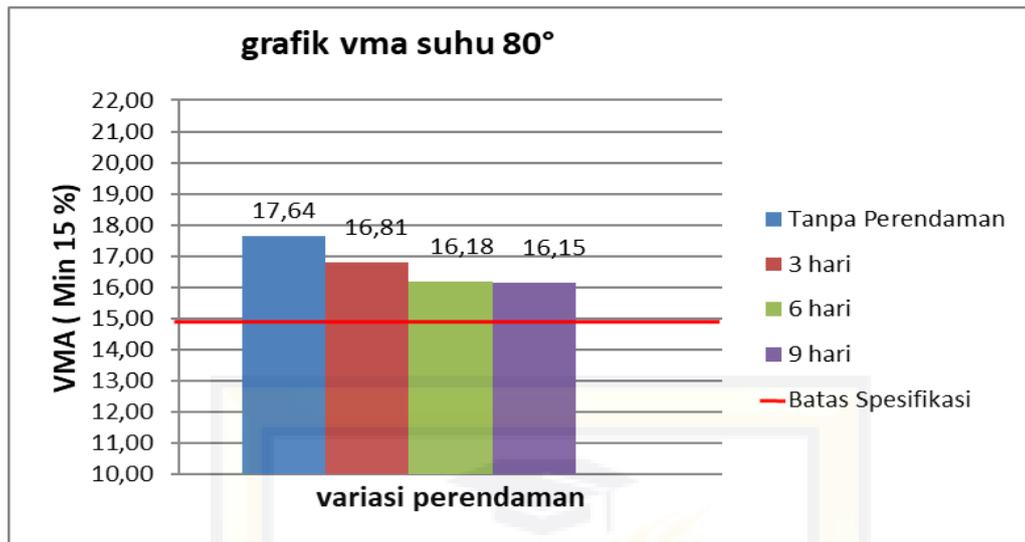


Dari Gambar 4.37. Di atas menunjukkan bahwa pada suhu 100°C dapat diperoleh nilai Kepadatan, Flow, dan FVB mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman berulang dan pada perendaman 9 hari melewati batas spesifikasi nilainya 4,05, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshal Quotient, dan VMA mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman. Hal ini disebabkan oleh variasi perendaman air laut, semakin lama perendaman air laut, air laut akan berusaha masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menelimiti permukaan agregat pada bagian yang terselimiti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

4.7.4. Variasi penurunan suhu 80°C

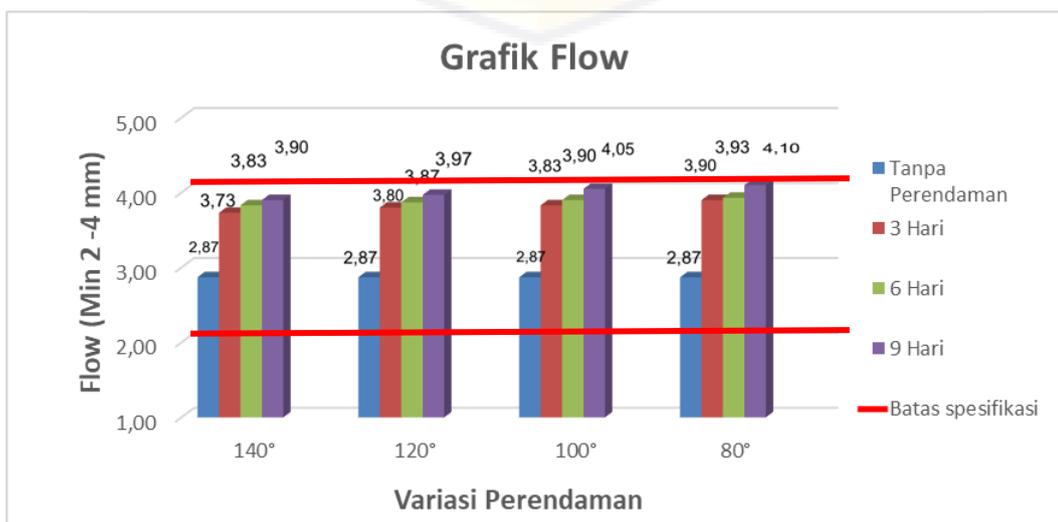
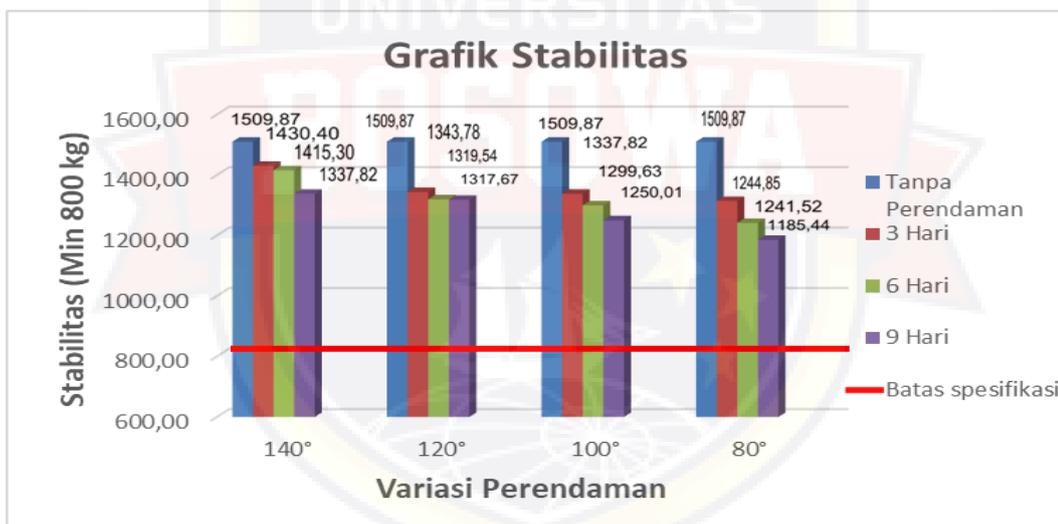


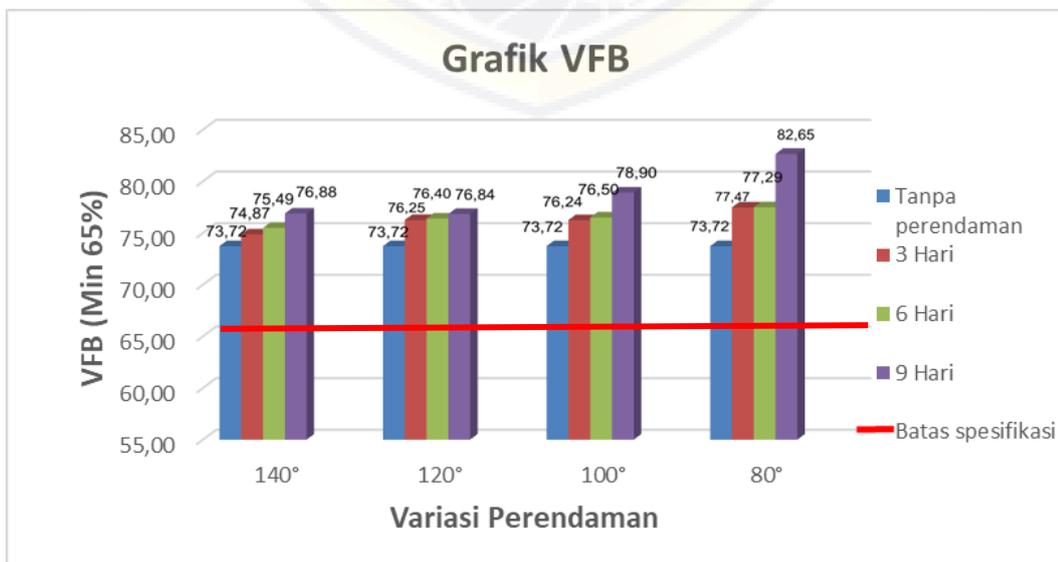
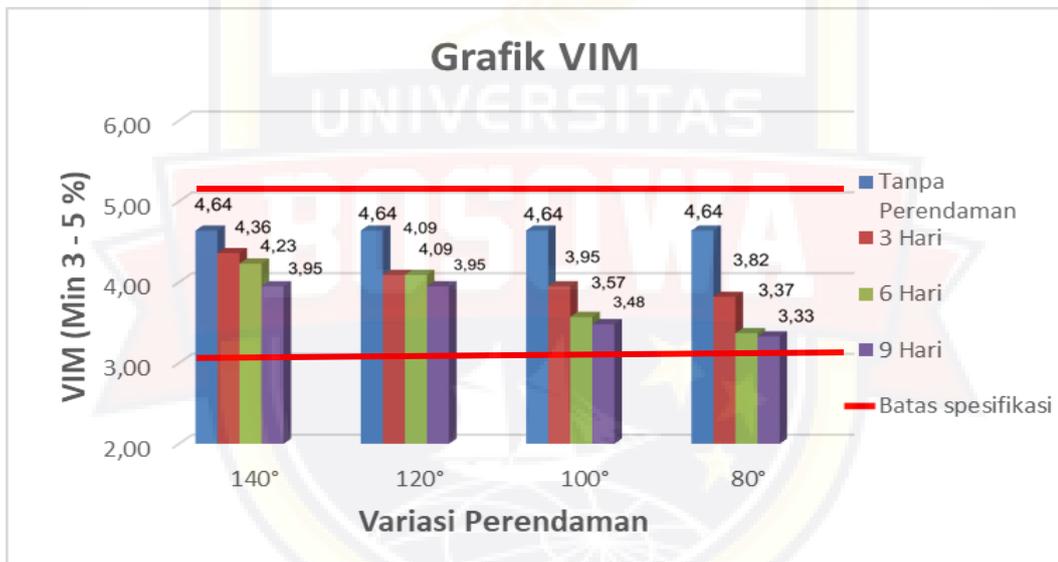
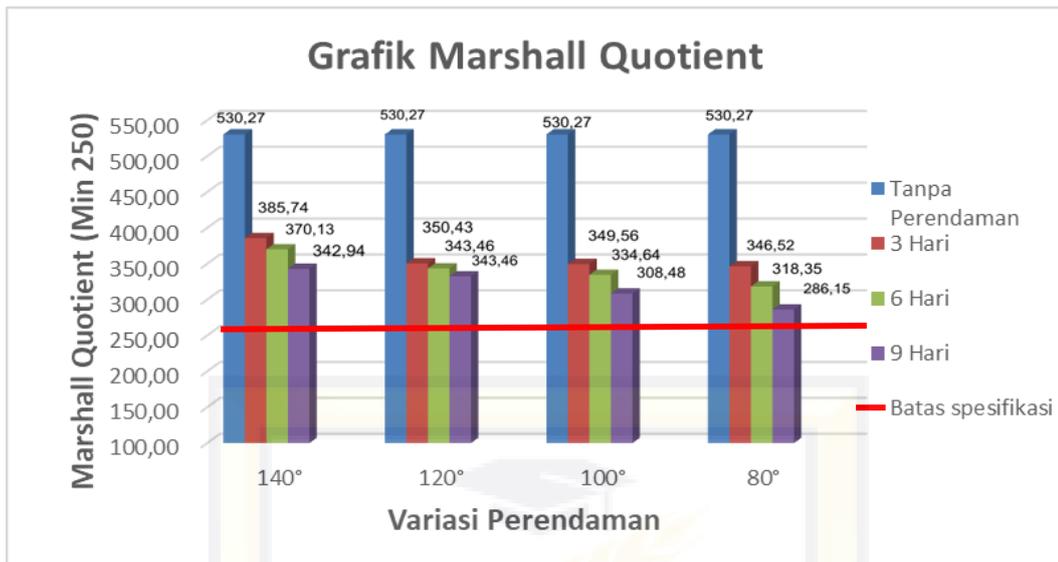


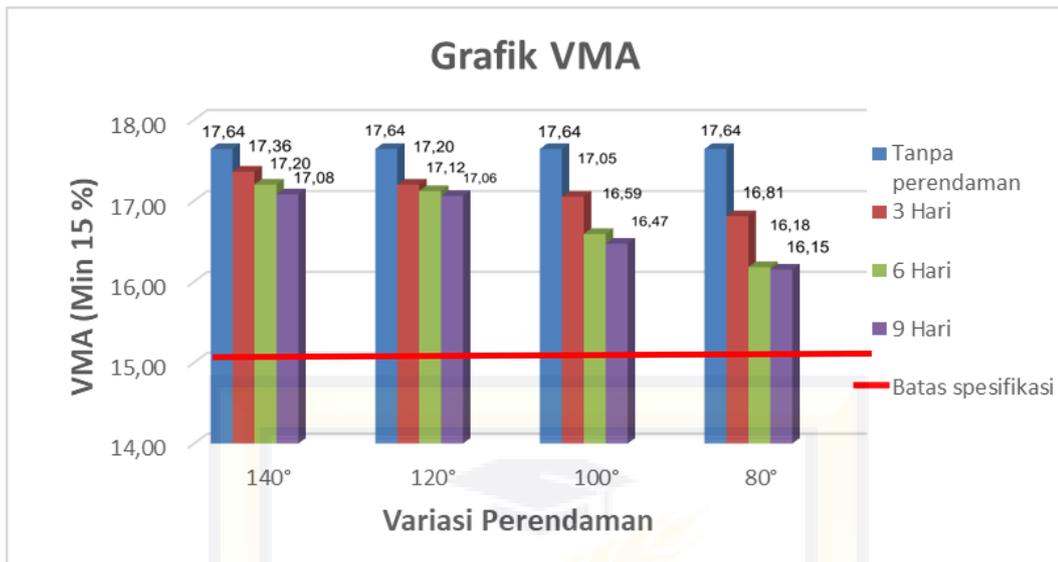


Dari Gambar 4.38. Di atas menunjukkan bahwa pada suhu 80°C dapat diperoleh nilai Kepadatan, Flow, dan FVB mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman berulang dan pada perendaman 9 hari melewati batas spesifikasi nilainya 4,10, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshal Quotient, dan VMA mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman. Hal ini disebabkan oleh variasi perendaman air laut, semakin lama perendaman air laut, air laut akan berusaha masuk ke dalam rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menelimiti permukaan agregat pada bagian yang terselimiti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

4.9. Grafik Gabungan sifat Karakteristik berdasarkan perbandingan variasi penurunan suhu pematidan dan lama perendaman.







Dari Gambar 4.39. Di atas menunjukkan bahwa pada variasi penurunan suhu pemadatan 140°C, 120°C, 100°C, 80°C dan lama perendaman 3,6 9 hari maka akan mempengaruhi Sifat campuran lapis perkerasan aspal dimana nilai Kepadatan, Flow,dan VFB mengalami peningkatan, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshal Queotient,dan VMA mengalami penurunan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Penurunan suhu pemadatan yang digunakan maka akan mempengaruhi sifat campuran lapis perkerasan aspal dimana nilai Kepadatan, Flow, dan VFB mengalami peningkatan, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshall Quotient, dan VMA mengalami penurunan.
2. Perendaman berulang menggunakan air laut dengan lama perendaman 3,6 dan 9 hari, dimana nilai Kepadatan, Flow, dan VFB mengalami peningkatan, sedangkan nilai VIM, Stabilitas, Marshall Quotient, dan VMA mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman berulang. hal ini disebabkan karena semakin lama aspal terendam dengan air laut aspal melunak dan ikatan antara aspal dan agregat berkurang sehingga mudah retak/rapuh.

5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

- a. *Pada saat penelitian 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 adanya spesifikasi khusus bagi campuran aspal beton yang terendam air laut. Melihat banyaknya daerah pesisir pantai di Indonesia yang sering terkena banjir air laut.*
- c. untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan bahan tambah yang dapat lebih untuk meningkatkan kualitas kepadatan, stabilitas, flow, dan VIM pada aspal yang menggunakan variasi suhu pemadatan nantinya

Anonim, 2014. *Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan Dan Aspal. Jurusan Sipil Fakultas Teknik "45" Makassar*

Bawono, Yohan Eko, and Widie Arifianto. "Pengaruh Variasi Penurunan Temperatur Pematatan pada Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Sulfur sebagai Zat Aditif." (2003).

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum devisa 6 perkerasan aspal, Kementrian umum dan perumahan rakyat. Jakarta. Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta*

Fatmawati, L., Hario Setiadji, B., & Kusharjoko, W. (2013). *KINERJA ASPAL PERTAMINA PEN 60/70 DAN BNA BLEND 75/25 PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC-WC (Doctoral dissertation, magister teknik sipil).*

Marga, Bina. "Spesifikasi umum 2018." *Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum (2010).*

Pandey, S. V., & Lalamentik, L. (2014). *Kelas jalan daerah untuk angkutan barang. Tekno, 12(60).*

Said, Muhammad Syukur, Nur Hadijah Yuniarti, And Tamrin Mallawangeng. 2019 "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Panas (AC-WC) Dengan Menggunakan Aspal Plastik Dan Perendaman Berulang." *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*

Seppo, Andri Rombe, Rais Rachman, and Nur Ali. "*Variasi Suhu Pemasatan Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara.*" J. Matriks Tek. Sipil 9.1 (2021): 23-31.

Sukirman, S. (2003). *Perkerasan jalan raya*. Penerbit NOVA, Bandung.

Sukirman, S. (1992). *Perkererasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.

Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*, Edisi Kedua. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.

Sukarman, S. (2003). *Beton aspal campuran panas*. Yayasan Obor Indonesia.

Tjandra, E., & Si, S. (2011). *Mengenal Pantai*.

Tarigan, Gunawan. "*Pengaruh temperatur pemasatan terhadap Marshall properties.*" Buletin Utama Teknik 14.1 (2018): 28-34.

L

A

M

P

I

R

A

N





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 8 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2453,60	2460,20	2456,90
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2523,10	2527,60	2525,35
Berat benda uji didalam air	B_a	1550,00	1556,00	1553,00

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,52	2,53	2,53
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,59	2,60	2,60
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,72	2,72	2,72
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,83	2,74	2,79

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir.H.Abd Rahim NurdiN,MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi,ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 0,5 - 1
Tanggal : 8 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2386,10	2389,00	2387,55
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2462,50	2464,30	2463,40
Berat benda uji didalam air	B_a	1510,00	1519,00	1514,50
		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,51	2,53	2,52
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,59	2,61	2,60
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,72	2,75	2,73
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	3,20	3,15	3,18

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Abu Batu
Tanggal : 9 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

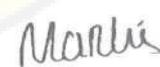
	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500,00	500,00	500,00
Berat benda uji kering oven B_k	486,80	488,10	487,45
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	685,50	689,20	687,35
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	1003,90	1023,70	1013,80
	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,68	2,95	2,81
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,75	3,02	2,89
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,89	3,18	3,03
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2,73	2,46	2,60

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802


Marlina Alwi,ST



Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

**PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT MENGGUNAKAN ALAT ABRASI LOS ANGELES
(LOS ANGELES ABRASSIAN TEST)**

Tanggal : 15 Desember 2022

Dikerjakan Oleh : Muh Said

Nim : 4518041040

Sumber Sampel : Bantaeng

HASIL PENGUJIAN :

Fraksi B

Sample 1

Berat sampel semula (A) = 5000 gram

Berat sampel tertahan saringan No.12 (B) = 3718 gram

$$\begin{aligned} \text{Nilai keausan Los Angeles} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-3718}{5000} \times 100\% \\ &= 25,64\% \end{aligned}$$

Sample 2

Berat sampel semula (A) = 5000 gram

Berat sampel tertahan saringan No.12 (B) = 3886 gram

$$\begin{aligned} \text{Nilai keausan Los Angeles} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{5000-3886}{5000} \times 100\% \\ &= 22,28\% \end{aligned}$$

Observasi 1

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Hasil uji	Spesifikasi Bina Marga		Satuan
		sampel	Min	Maks	
Nilai ketahanan agregat terhadap Keausan Fraksi B	SNI 03-2417-2008	25,64	-	40	%



YAYASAN PENDIDIKAN INTELEGENSIA KRISTEN INDONESIA PAULUS
(YAYASAN PIKI PAULUS)

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA PAULUS MAKASSAR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK



Kampus Daya Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 13 Daya ☎ (0411) 586748, 586702, 588091
Web : <http://ukipaulus.ac.id>, e-mail : ukip@ukipaulus.ac.id, info@ukipaulus.ac.id
Kampus Cendrawasih Jl Cendrawasih No. 65 ☎ (0411) 855397, 873259 Makassar Indonesia

Observasi 2

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Hasil uji	Spesifikasi Bina Marga		Satuan
		sampel	Min	Maks	
Nilai ketahanan agregat terhadap Keausan Fraksi B	SNI 03-2417-2008	22,28	-	40	%
Rata-rata		23,96			%

Mengetahui,
Koordinator Pelaksana



E. Sapius, M.T
NIDN: 0912047201





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)

Material : Batu Pecah 1-2

Tanggal : 14 Desember 2022

Sumber : Bantaeng

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,3	1500,2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1473,4	1476,2
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	1,79	1,60
4	Hasil Rata - rata		1,70

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Ir. H. Abd Rahim Nurdi N. MT
NIDN : 00211225802


Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Tanggal : 14 Desember 2022

Sumber : Bantaeng

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,1	1500,2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1422,3	1441,4
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	5,19	3,92
4	Hasil Rata - rata	4,55	

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Ir. H. Abd Rahim Nurdi N. MT
NIDN : 00211225802


Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI ASTM C117:2012)

Material : Abu Batu
Tanggal : 14 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,2	1500,1
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1271,5	1267,7
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	15,24	15,49
4	Hasil Rata - rata	15,37	

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar, 2023
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Ir.H.Abd Rahim NurdiN,MT
NIDN : 00211225802


Marlina Alwi,ST



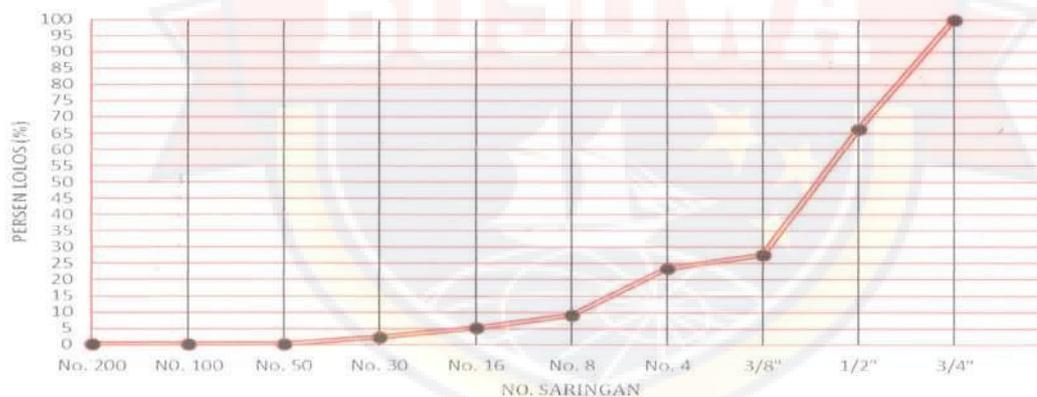
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 12 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

Saringan No	Total :	2500,5		Total :	2500		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"	882,20	35,28	64,72	803,20	32,13	67,87	66,30
3/8"	1880,20	75,19	24,81	1728,50	69,14	30,86	27,83
No. 4	1907,80	76,30	23,70	1918,60	76,74	23,26	23,48
No. 8	2244,20	89,75	10,25	2295,10	91,80	8,20	9,22
No. 16	2249,70	89,97	10,03	2495,30	99,81	0,19	5,11
No. 30	2394,80	95,77	4,23	2495,60	99,82	0,18	2,20
No. 50	2495,30	99,79	0,21	2496,20	99,85	0,15	0,18
No. 100	2496,40	99,84	0,16	2496,50	99,86	0,14	0,15
No. 200	2496,90	99,86	0,14	2498,60	99,94	0,06	0,10
Pan	2496,20	100,00	0,00	2494,10	100,00	0,00	0,00

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH
1-2



Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdi, MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



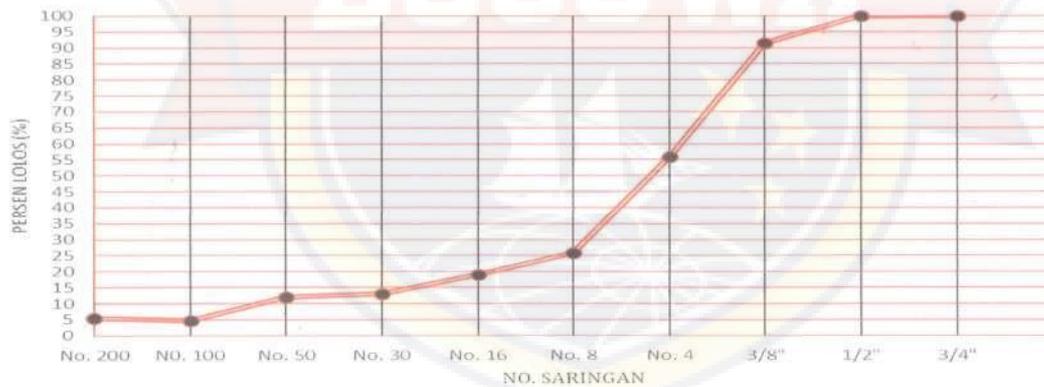
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 0,5 - 1
Tanggal : 12 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

Saringan No	Total :	2500,2		Total :	2500		Rata - rata
	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Sampel 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"	253,70	10,15	89,85	174,10	6,96	93,04	91,44
No. 4	1183,50	47,34	52,66	1023,40	40,94	59,06	55,86
No. 8	1841,80	73,67	26,33	1865,90	74,64	25,36	25,85
No. 16	2018,50	80,73	19,27	2026,90	81,08	18,92	19,10
No. 30	2173,80	86,95	13,05	2178,60	87,14	12,86	12,96
No. 50	2198,50	87,93	12,07	2202,40	88,10	11,90	11,99
NO. 100	2385,30	95,40	4,60	2384,60	95,38	4,62	4,61
No. 200	2360,10	94,40	5,60	2370,70	94,83	5,17	5,39
Pan	2497,80	100,00	0,00	2451,10	100,00	0,00	0,00

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH
0,5 - 1



Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdiin, MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



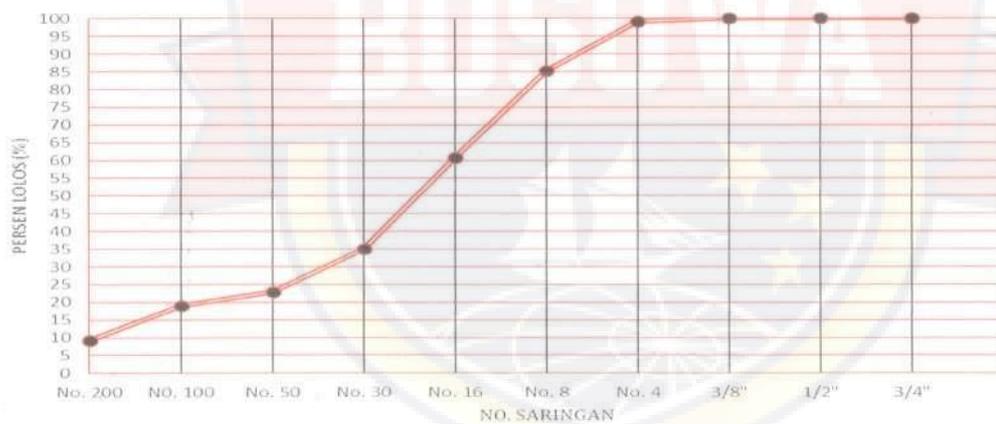
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Abu Batu
Tanggal : 12 Desember 2022
Sumber : Bantaeng

Saringan No	Total :	2500,0		Total :	2500,2		Rata - rata
	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Sampel 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	20,10	0,80	99,20	25,80	1,03	98,97	99,08
No. 8	379,70	15,19	84,81	354,10	14,16	85,84	85,32
No. 16	988,70	39,55	60,45	974,90	38,99	61,01	60,73
No. 30	1616,60	64,66	35,34	1633,20	65,32	34,68	35,01
No. 50	1933,10	77,32	22,68	1926,30	77,05	22,95	22,82
No. 100	2018,80	80,75	19,25	2028,50	81,13	18,87	19,06
No. 200	2308,70	92,35	7,65	2230,90	89,23	10,77	9,21
Pan	2494,60	100,00	0,00	2449,40	100,00	0,00	0,00

UNIVERSITAS
GRAFIK ANALISA SARINGAN ABU BATU



Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdi N. MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Filler
Tanggal : 12 Desember 2022
Sumber : Semen Bosowa

Saringan No	Total : Sampel	2000,0		Total : Sampel	2000		Rata - rata
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	% Lolos
1'	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
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	98,50	4,93	95,08	98,80	4,94	95,06	95,07
Pan	2000,00	100,00	0,00	2000,00	100,00	0,00	0,00



Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim NurdiN, MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



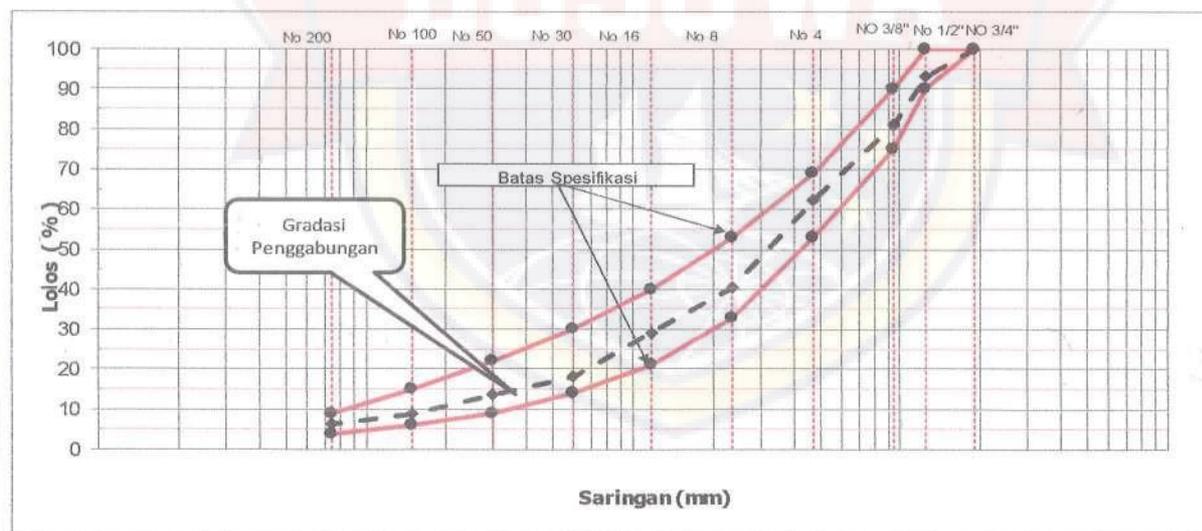
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT (COMBINE)

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

Sumber : Bantaeng dan PT. Semen Bosowa

No. Saringan	Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC - WC														Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat			
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			XI		
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100												100	0,41	
1/2"	66,30	100,00	100,00	100,00	93,26												90 - 100	0,41	
3/8"	27,83	91,44	100,00	100,00	81,29												75 - 90	0,41	
# 4	23,48	55,86	99,08	100,00	62,36												53 - 69	0,41	
# 8	9,22	25,85	85,32	100,00	40,51												33 - 53	0,82	
# 16	5,11	19,10	60,73	100,00	29,18												21 - 40	1,64	
# 30	2,20	12,96	35,01	100,00	18,07												14 - 30	2,87	
# 50	0,18	11,99	22,82	100,00	13,65												9 - 22	6,14	
# 100	0,15	4,61	19,06	100,00	8,86												6 - 15	12,29	
# 200	0,10	5,39	9,21	95,07	6,34												4 - 9	32,77	
Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	a. Batu Pecah 1 - 2				20														
	b. Batu Pecah 0,5 - 1				50														
	c. Abu Batu				29														
	d. Filler				1														
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)					100														
					5,59														



Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir. H. Abd Rahim Nurdin, MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

$$P_b = 0,035 \times CA + 0,045 \times FA + 0,18 \times FF + K$$

$$P_b = 0,035 \times 59,49 + 0,045 \times 34,17 + 0,18 \times 6,34 + 0,75$$

$$= 2,08 + 1,53 + 1,14 + 0,75$$

$$= 5,50 \rightarrow 6\%$$

Makassar,

2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802



Marlina Alwi,ST





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Rumus untuk komposisi campuran AC – WC

Kadar Aspal	=	5	%		100	%	-	5	%	=	95,00
Hasil Combine											
BP 1- 2	20	%	x	95	%	=	0,19	x	1200	=	228,00
BP 0,5 - 1	50	%	x	95	%	=	0,48	x	1200	=	570,00
Abu Batu	29	%	x	95	%	=	0,28	x	1200	=	330,60
Filler	1	%	x	95	%	=	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	94,5	%	=	0,19	x	1200	=	226,80
BP0,5 -1	50	%	x	94,5	%	=	0,47	x	1200	=	567,00
Abu Batu	29	%	x	94,5	%	=	0,27	x	1200	=	328,86
Filler	1	%	x	94,5	%	=	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	%	=	0,19	x	1200	=	225,60
BP 0,5 -1	50	%	x	94	%	=	0,47	x	1200	=	564,00
Abu Batu	29	%	x	94	%	=	0,27	x	1200	=	327,12
Filler	1	%	x	94	%	=	0,01	x	1200	=	11,28
Aspal	6	%					X		1200	=	72,00
											1200,00



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Kadar Aspal	=	6,5	%		100	%	-	6,5	%	=	93,50
Hasil Combine											
BP 1-2	20	%	x	93,5	%	=	0,19	x	1200	=	224,40
BP 0,5 - 1	50	%	x	93,5	%	=	0,47	x	1200	=	561,00
Abu Batu	29	%	x	93,5	%	=	0,27	x	1200	=	325,38
Filler	1	%	x	93,5	%	=	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	%	=	0,19	x	1200	=	223,20
BP 0,5 - 1	50	%	x	93	%	=	0,47	x	1200	=	558,00
Abu Batu	29	%	x	93	%	=	0,27	x	1200	=	323,64
Filler	1	%	x	93	%	=	0,01	x	1200	=	11,16
Aspal	7	%			X				1200	=	84,00
											1200,00

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802

Marlina Alwi,ST

MARSHALL TEST

(AASHTO T. 245 - 97 (2003))

Penetrasi : 60 / 70
 Berat Jeni Aspal (T) : 1,044 gr/cc

No	Agregat		Bj buluk	Bj Senu
	a	b		
	Batu Pecah 1 - 2		2,53	2,72
	Batu Pecah 0,5 - 1		2,52	2,73
	Abu Batu		2,81	3,03
	d	filler	3,17	3,17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)	Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Buluk Gab.	Bj Efektif Gab.	Bj Max Campuran (GMM)	Berat (gram)			Volume Uji	Bj Buluk Campuran (kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VVM)	Stabilitas (kg)	Pelelehan (mm)	Marshall Quotien (kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tensi Aspal (VFB)			
							Di Udara (h Air)	Di Dalam Air (h Water)	Kering Permuakaan Jenuh (SSD)														
a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				Note 1	Note 2	100 100-A C + T					G - F	E H	100 (D - I) D	(Pembacaan x Kalibrasi Alat x Angka Korelasi)		L M	Combined	$A + \frac{B}{100 \cdot T} - \frac{D}{D}$	$\frac{1000(A - P)}{T \cdot (100 - A)}$	$100 - \left(\frac{1}{B} \times \frac{R}{100 - A} \right)$	$(R - U) \times 100$		
I	20	29	1	3,98	5	2,63	2,72	2,50	1186,2	675,5	1180,2	504,7	2,31	7,6	86,0	1022,7	3,40	300,8	5,59	1,1	7,124	16,44	53,77
II	20	50	29	1	3,98	5	2,63	2,72	1175,6	680,7	1186,9	506,2	2,32	7,2	79,0	1224,2	3,45	364,8	5,59	1,1	7,124	16,01	55,04
III	20	50	29	1	3,98	5	2,63	2,72	1189,3	688,2	1201,2	513,0	2,32	7,2	86,0	1281,4	3,80	355,9	5,59	1,1	7,124	16,16	55,45
									1177,0	681,5	1199,43	507,97	2,32	7,33	77,0	1176,11	3,48	337,2	5,59	1,1	7,124	16,20	54,75
I	20	50	29	1	4,51	5,5	2,63	2,72	1162,3	674,2	1184,8	510,6	2,28	8,4	105,0	1564,5	4,45	351,6	5,59	1,0	8,121	18,11	53,81
II	20	50	29	1	4,51	5,5	2,63	2,72	1164,7	675,8	1185,9	510,1	2,28	8,4	108,0	1609,2	3,10	519,1	5,59	1,0	8,121	17,86	52,98
III	20	50	29	1	4,51	5,5	2,63	2,72	1188,6	686,2	1199,7	513,5	2,31	7,2	92,0	1370,8	3,20	428,4	5,59	1,0	8,121	16,73	56,97
									1171,87	678,73	1190,13	511,40	2,29	8,00	101,7	1514,83	3,58	433,0	5,59	1,0	8,121	17,57	54,52
I	20	50	29	1	5,04	6	2,63	2,72	1173,7	675,8	1188,1	512,3	2,29	7,2	103,0	1534,7	3,10	495,1	5,59	1,0	9,129	18,02	60,05
II	20	50	29	1	5,04	6	2,63	2,72	1178,4	678,3	1197,5	519,2	2,27	8,0	83,0	1236,7	3,30	374,8	5,59	1,0	9,129	18,79	57,82
III	20	50	29	1	5,04	6	2,63	2,72	1191,5	689,7	1203,3	513,6	2,32	6,0	86,0	1281,4	4,50	284,8	5,59	1,0	9,129	16,99	64,88
									1181,20	681,27	1196,30	515,03	2,29	7,05	90,7	1350,33	3,63	384,9	5,59	1,0	9,129	17,93	60,78
I	20	50	29	1	5,38	6,5	2,63	2,78	1179,4	688,6	1184,1	495,5	2,38	4,4	85,0	1317,2	4,10	321,3	5,59	1,2	9,769	15,28	71,21
II	20	50	29	1	5,38	6,5	2,63	2,78	1187,4	689,8	1191,9	502,1	2,36	5,4	97,0	1503,1	3,60	417,5	5,59	1,2	9,769	15,83	65,88
III	20	50	29	1	5,38	6,5	2,63	2,78	1197,1	695,8	1200,5	504,7	2,37	4,8	95,0	1472,1	3,70	397,9	5,59	1,2	9,769	15,58	69,19
									1187,97	691,40	1192,17	500,77	2,37	4,87	92,3	1430,80	3,80	378,9	5,59	1,2	9,769	15,56	68,76
I	20	50	29	1	6,10	7	2,63	2,72	1179,7	684,4	1193,5	509,1	2,32	4,5	100,0	1490,0	4,00	372,5	5,59	1,0	11,177	17,97	74,95
II	20	50	29	1	6,10	7	2,63	2,72	1183,3	685,9	1195,7	509,8	2,32	4,5	90,0	1341,0	3,60	372,5	5,59	1,0	11,177	17,83	74,76
III	20	50	29	1	6,10	7	2,63	2,72	1194,8	692,7	1205,1	512,4	2,33	4,1	103,0	1534,7	4,20	365,4	5,59	1,0	11,177	17,45	76,51
									1185,93	687,67	1198,10	510,43	2,32	4,37	97,7	1455,23	3,93	370,1	5,59	1,0	11,177	17,75	75,41

SPESIFIKASI

Min 4,3

Min 3,0 - 5,0

Min 800

Min 3

Min 250

Max 1,2

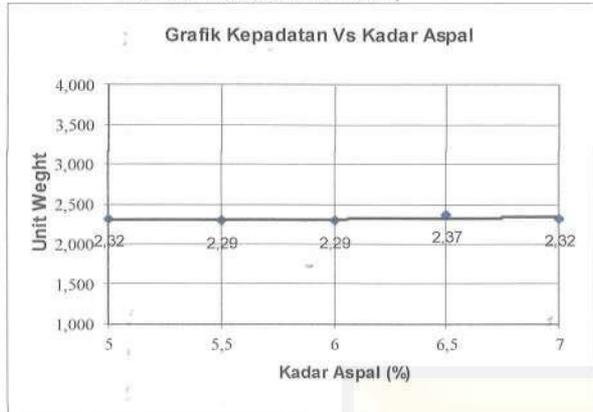
Min 15

Min 65

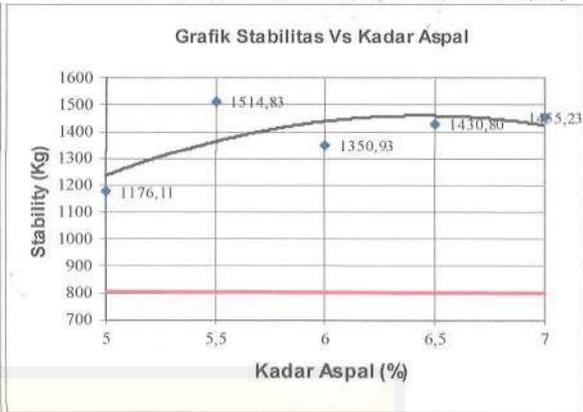
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

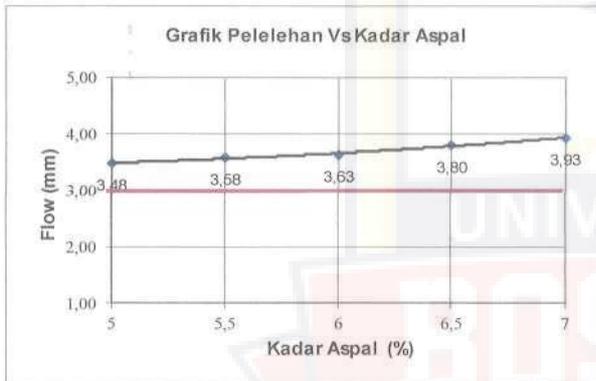
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



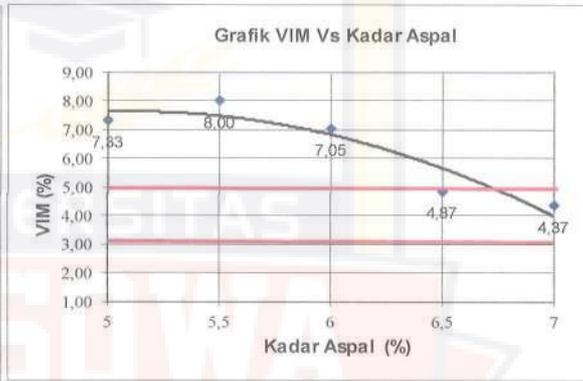
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)



PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 3 (MM)



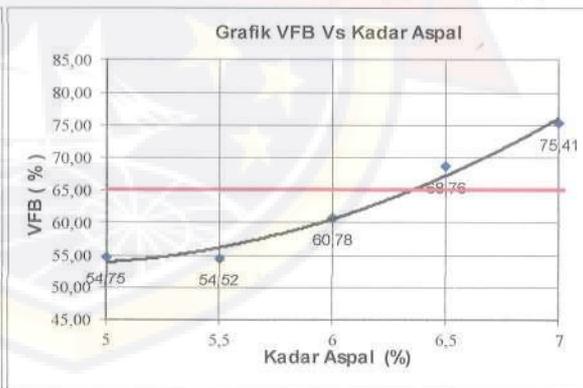
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



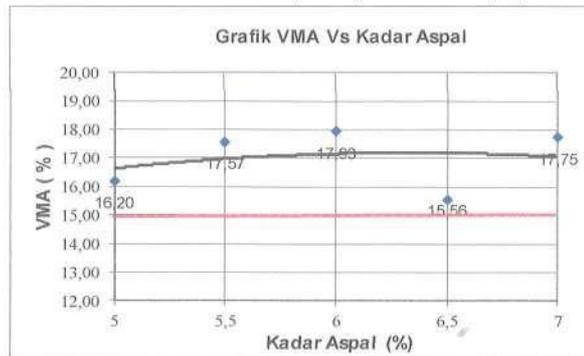
MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)



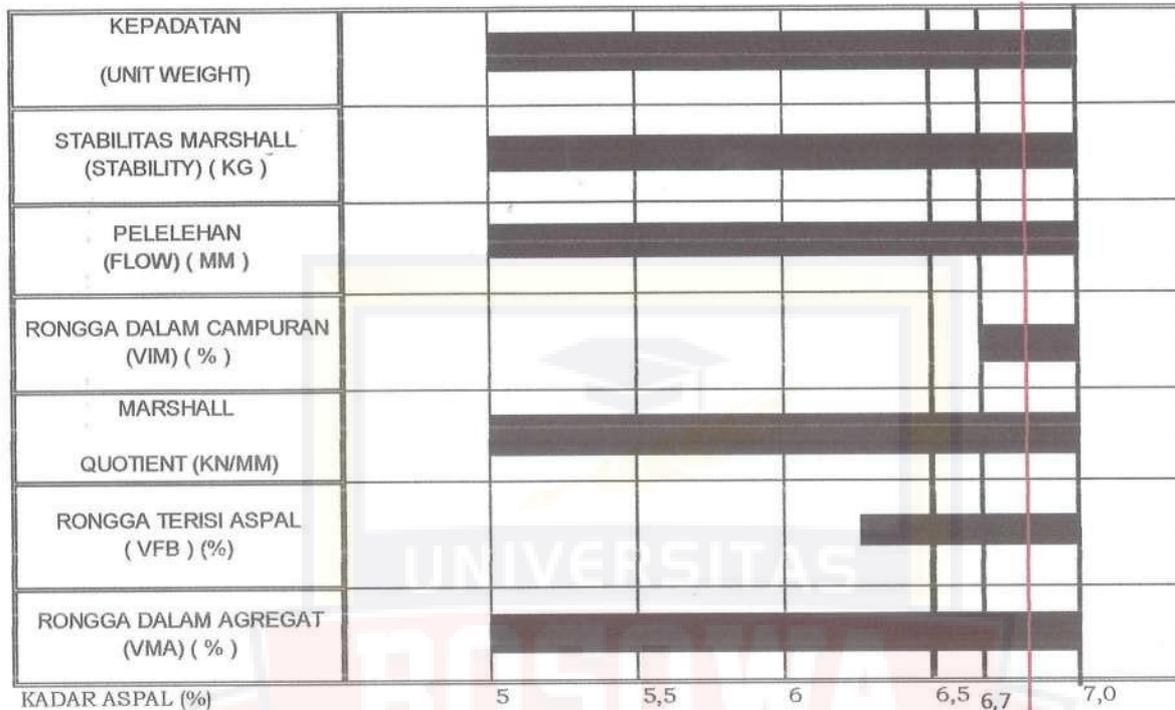
RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 15 (%)





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6,7 + 7}{2}$$

$$= 6,85$$

$$\text{KAO} = 6,85\%$$

6,85% (handwritten circled note)

Makassar, 2023

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802


Marlina Alwi,ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Rumus untuk komposisi campuran AC - WC

Kadar Aspal	=	7 %				100 %	-	7 %	=	93,00
Hasil Combine										
BP 1-2	20 %	x	93 %	=	0,19	x		1200	=	223,20
BP 0,5 - 1	50 %	x	93 %	=	0,47	x		1200	=	558,00
Abu Batu	29 %	x	93 %	=	0,27	x		1200	=	323,64
Filler	1 %	x	93 %	=	0,01	x		1200	=	11,16
Aspal	7 %			X				1200	=	84,00
										1200,00

Mengetahui
Kepala Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802

Makassar, 2023
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan


Marlina Alwi,ST

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

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1,044 gr/cc

Campuran : AC - WC
 Test : Kadar Aspal Optimum
 Filler : Semen
 Tanggal Tes : 10 Maret 2023

No	Agregat	Bj Buluk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,53	2,72
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,52	2,73
c	abu batu	2,81	3,03
d	Filler	3,17	3,17

No.	Komposisi Campuran (% Berat Total Agregat)	Kadar Aspal Eteklef	Kadar Aspal Eteklef A/(P/100) x (100-A)	Kadar Aspal % terhadap total Campuran	Bj Buluk Gabungan		Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)		Kering Dalam Air (in Permukaan SSD)	Volume Benda Uj	Bj Buluk Campuran (Kecepatan)	% Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (Kg)		Dibutuhkan (Kaitras Alat & Angka Korelasi)	Pelelehan	Marshalf Quentert	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Teraadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					A	B		C	D					E	F									G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
I	20 50 29 1	5,85	7	2,63	2,72	2,44	1184,4	680,9	1189,4	1189,4	508,5	2,33	4,50	110	1704,56	2,70	631,32	5,59	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,64	74,48
II	20 50 29 1	5,85	7	2,63	2,72	2,44	1187,6	682,5	1193,6	1193,6	511,1	2,32	4,50	96	1430,40	3,10	461,42	5,59	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,83	72,47
III	20 50 29 1	5,85	7	2,63	2,72	2,44	1188,1	681,2	1190,1	1190,1	508,9	2,33	4,50	90	1394,64	2,80	498,09	5,59	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,44	74,20
						2,44	1185,7	681,5	1191,0	1191,0	509,5	2,329	4,64	98,7	1609,87	2,87	530,27	5,69	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,64	73,72
						2,44	1181,7	680,9	1184,8	1184,8	503,9	2,35	3,68	100	1449,60	3,10	489,87	5,69	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,07	78,45
						2,44	1183,5	685,5	1193,6	1193,6	503,0	2,35	3,68	88	1382,65	3,00	464,65	5,69	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	16,80	78,09
						2,44	1190,2	680,3	1188,1	1188,1	517,8	2,34	2,86	91	1355,90	2,60	521,60	5,69	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,19	83,38
							682,6	1190,8	1190,8	1190,8	508,2	2,347	3,41	93,0	1423,05	2,90	491,97	5,69	1,24	10,61	100 - (1000(A-P) / 100(T) (100-A)	17,02	79,97
SPESIFIKASI																							
													Min 3-6		Min 800		Min 2-4	Min 250				Min 15	Min 65

Stabilitas Sisa = $\frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1423,05}{1608,87} \times 100\% = 88,45\%$

Mengetahui
Kepala Laboratorium

(Signature)

Ir.H.Abd Rahim Nurdin, MT
NIDN : 00211225802

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

(Signature)
Marlina Alwi, ST

MARSHALL TEST VARIASI

Nama : MUH SAID : 60/70 : Penerima Aspal Berat Jenis Aspal : 1,044 : 87/cc

No	Agregat	Bj Buluk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,53	2,72
b	Batu Pecah 0.5 - 1	2,52	2,73
c	Abu Batu	2,81	3,03
d	Filler	3,17	3,17

No	komposisi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal terhadap total Campuran (% $\frac{A}{(P/100)} \times (100-A)$)	Variasi Suhu Perendaman	Bj Buluk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (G/M ³)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Buluk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas Pembacaan	Diasuaita n (Kalibrasi Alat & Angka	(mm)	(kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
	a	b	c	d							Dl Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permulan (SSD)													G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
IA	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1182,8	685,8	1190,4	504,60	2,34	4,09	110	1704,56	4,10	415,75	5,59	1,24	10,61	17,02	75,96
IIA	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1186,9	667,9	1168,6	500,70	2,33	4,50	90	1394,64	3,20	455,83	5,59	1,24	10,61	17,49	74,28
IIIA	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1185,3	686,5	1195,5	509,00	2,33	4,50	80	1192,00	3,90	305,64	5,59	1,24	10,61	17,56	74,37
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																								
										2,44				504,77	2,337	4,36	93,33	1430,40	3,73	385,74	5,59	1,24	10,61	17,36	74,87
IA	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1184,6	680,8	1189,9	509,10	2,33	4,50	100	1490,00	4,00	372,50	5,59	1,24	10,61	17,62	80,77
IIA	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1185,4	684,8	1190,1	505,30	2,35	3,68	85	1317,16	4,20	313,61	5,59	1,24	10,61	16,88	73,13
IIIA	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1178,4	683,2	1186,4	503,20	2,34	4,09	79	1224,18	3,20	313,61	5,59	1,24	10,61	17,10	73,13
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																								
										2,44				505,87	2,339	4,09	88,00	1343,78	3,80	350,43	5,59	1,24	10,61	17,10	75,68
IA	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,44	1181,8	689,8	1188,9	499,10	2,37	2,86	99	1534,10	3,80	403,71	5,59	1,24	10,61	16,17	82,32
IIA	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,44	1183,9	677,9	1179,9	502,00	2,33	4,50	80	1239,68	4,00	309,92	5,59	1,24	10,61	17,57	74,38
IIIA	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,44	1170,3	679,6	1181,2	501,60	2,33	4,50	80	1239,68	3,70	335,05	5,59	1,24	10,61	17,40	74,14
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																								
										2,44				500,90	2,343	3,95	86,33	1337,82	3,83	349,56	5,59	1,24	10,61	17,05	76,95
IA	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,44	1192,3	689,8	1196,4	506,60	2,35	3,68	80	1239,68	4,00	309,92	5,59	1,24	10,61	16,68	77,94
IIA	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,44	1181,8	687,6	1185,7	498,10	2,37	2,86	85	1317,16	3,80	346,62	5,59	1,24	10,61	16,00	82,13
IIIA	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,44	1173,8	678,5	1183,7	505,20	2,32	4,91	70	1084,72	3,90	278,13	5,59	1,24	10,61	17,75	72,33
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																								
										2,44				503,30	2,350	3,82	78,33	1213,85	3,90	346,52	5,59	1,24	10,61	16,81	77,47
SPESIFIKASI																									
																		Min 800	Min 2,4	Min 260	Min 15	Min 65			

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan

Mengetahui
Kepala Laboratorium

(Signature)

Ir.H.Abd Rahim Nurdin,MT
NIDN : 00211225802

(Signature)

Mariina Alwi,ST

MARSHALL TEST VARIASI

Nama : MUH SAID Penetrasi Aspal : 60/70 Berat Jenis Aspal : 1,044 gr/cc

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,53	2,72
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,52	2,73
c	Abu Batu	2,81	3,03
d	Filler	3,17	3,17

No	komposisi Campuran (% Berat Total Agregat)			Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal (P/100) terhadap total Campuran x (100-A)	Variasi Suhu Perendaman	Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (kg)	Disesuaikan (Kalibrasi Alat x Angka Koreksi)	Pelelehan	Marshall Quotient	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)			
	a	b	c							d	D	E													F	G	H
IB	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1186,2	684,3	1190,2	505,90	2,34	4,09	100	4,00	387,40	5,59	1,24	10,61	16,99	75,93			
IIB	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1179,5	676,4	1184,2	507,80	2,32	4,91	90	4,10	340,16	5,59	1,24	10,61	17,77	72,37			
IIIB	20	50	29	1	5,85	7	140	2,63	2,72	2,44	1176,4	679,4	1179,7	500,30	2,35	3,68	84	3,40	382,84	5,59	1,24	10,61	16,76	78,04			
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
									2,44				504,67	2,340	4,23	91,33	1415,30	3,83	370,13	5,59	1,24	10,61	17,17	75,45			
IB	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1185,4	682,3	1192,2	509,90	2,32	4,91	92	3,80	360,74	5,59	1,24	10,61	17,70	72,26			
IIB	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1173,4	680,9	1186,0	505,10	2,32	4,91	87	3,60	374,49	5,59	1,24	10,61	17,76	72,35			
IIIB	20	50	29	1	5,85	7	120	2,63	2,72	2,44	1188,4	679,4	1179,7	500,30	2,38	2,45	80	4,20	295,16	5,59	1,24	10,61	15,91	84,60			
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
									2,44				505,10	2,341	4,09	86,33	1319,54	3,87	343,46	5,59	1,24	10,61	17,12	76,40			
IB	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,44	1180,9	684,6	1187,9	503,30	2,35	3,68	91	4,20	335,75	5,59	1,24	10,61	16,94	74,18			
IIB	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,44	1179,7	682,1	1183,9	501,80	2,35	3,68	82	4,10	309,92	5,59	1,24	10,61	16,77	74,17			
IIIB	20	50	29	1	5,85	7	100	2,63	2,72	2,49	1179,9	686,8	1184,4	497,60	2,37	2,86	75	3,40	356,26	5,59	1,24	10,61	16,08	81,15			
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
									2,44				500,90	2,349	3,41	82,67	1299,63	3,90	334,64	5,59	1,24	10,61	16,59	76,50			
IB	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,44	1189,6	681,8	1191,9	503,60	2,36	3,27	80	4,50	275,48	5,59	1,24	10,61	16,37	80,03			
IIB	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,44	1177,8	683,7	1179,5	496,80	2,37	2,86	83	3,80	354,74	5,59	1,24	10,61	16,07	82,20			
IIIB	20	50	29	1	5,85	7	80	2,63	2,72	2,49	1179,7	683,8	1181,9	496,90	2,37	2,86	70	3,50	324,82	5,59	1,24	10,61	15,95	82,07			
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
									2,44				499,10	2,369	3,00	77,67	1241,52	3,93	318,35	5,59	1,24	10,61	16,13	81,43			
SPESIFIKASI																							Min 800	Min 2-4	Min 250	Min 16	Min 65

Mengetahui
Kepala Laboratorium



Ir. H. Abd Rahim Nurdin, MT
NIDN : 00211225802

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan



Marlina Alwi, ST

MARSHALL TEST

Nama : MUH SAID Penerima Aspal : 60/70 Berat Jenis Aspal : 1,044 gr/cc

No	Agregat	Bj Buluk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2,53	2,72
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2,52	2,73
c	Abu Batu	2,81	3,03
d	Filler	3,17	3,17

No	komposisi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)		Bj Buluk Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram) Agregat	Volume Berenda Uji	Bj Buluk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (Kg)	Pelelehan Marshall	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tersisi Aspal (VFB)						
	a	b	c	d	Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal													Yanasi Suhu Perendaman	Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kerfing Permukaan	Diesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)	Marshall Quotient	Permukaan Agregat	Aspal Terhadap Berat Total Campuran	1000(A-P) / (100-A)	100 - (R-J) / R
IC	20	50	29	1	5,85	7	140	1181,7	685,9	1189,7	503,80	2,35	3,68	91	1410,14	4,00	352,53	5,59	1,24	10,61	16,96	78,30		
IIC	20	50	29	1	5,85	7	140	1177,9	678,9	1180,6	501,70	2,35	3,68	87	1348,15	4,00	337,04	5,59	1,24	10,61	16,88	78,20		
IIIC	20	50	29	1	5,85	7	140	1180,1	681,6	1187,4	505,80	2,33	4,50	81	1255,18	3,70	339,24	5,59	1,24	10,61	17,40	74,14		
	Perendaman 9 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
							2,44	682,133			503,77	2,342	3,95	86,33	1337,82	3,90	342,94	5,59	1,24	10,61	17,08	76,88		
IC	20	50	29	1	5,85	7	120	1178,4	678,8	1180,8	502,00	2,35	3,68	90	1394,64	3,90	357,60	5,59	1,24	10,61	16,90	78,22		
IIC	20	50	29	1	5,85	7	120	1175,9	675,7	1178,8	503,10	2,34	4,09	81	1255,18	3,80	330,31	5,59	1,24	10,61	17,25	76,30		
IIIC	20	50	29	1	5,85	7	120	1182,5	682,6	1187,2	504,60	2,34	4,09	84	1301,664	4,20	309,92	5,59	1,24	10,61	17,04	75,99		
	Perendaman 9 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
							2,44				503,23	2,343	3,95	85,00	1317,16	3,97	332,61	5,59	1,24	10,61	17,06	76,84		
IC	20	50	29	1	5,85	7	100	1181,9	685,6	1189,7	504,10	2,34	4,09	80	1239,68	4,10	302,36	5,59	1,24	10,61	17,00	75,94		
IIC	20	50	29	1	5,85	7	100	1179,7	684,8	1185,5	500,70	2,36	3,27	83	1286,17	4,16	309,18	5,59	1,24	10,61	16,59	80,29		
IIIC	20	50	29	1	5,85	7	100	1175,9	683,5	1180,4	496,90	2,37	2,86	79	1224,18	3,90	313,89	5,59	1,24	10,61	15,83	81,93		
	Perendaman 9 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
							2,44				500,57	2,356	3,41	80,67	1250,01	4,05	308,48	5,59	1,24	10,61	16,47	79,39		
IC	20	50	29	1	5,85	7	80	1181,8	686,8	1190,4	503,60	2,35	3,68	72	1115,71	4,20	265,65	5,59	1,24	10,61	16,92	78,25		
IIC	20	50	29	1	5,85	7	80	1174,8	686,3	1178,1	491,80	2,39	2,04	81	1255,18	4,10	306,14	5,59	1,24	10,61	16,28	80,12		
IIIC	20	50	29	1	5,85	7	80	1177,7	687,6	1184,5	496,90	2,37	2,86	74	1146,70	4,00	286,68	5,59	1,24	10,61	16,09	81,25		
	Perendaman 9 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
							2,44				497,43	2,369	2,86	75,67	1185,44	4,10	286,15	5,59	1,24	10,61	16,15	79,87		
SPESIFIKASI																			Min 3,0 - 5,0	Min 800	Min 2-4	Min 250	Min 15	Min 65

Mengetahui
Kepala Laboratorium



Ir. H. Abd Rahim Nurdin, MT
NIDN : 00211225802

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan



Marlina Alwi, ST

No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Suhu Pematatan				
			KAO 7 %				Spesifikasi 2018
			Suhu 140°C				
			3 Hari	6 Hari	9 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,337	2,340	2,342	-	
2	VIM (%)	4,64	4,36	4,23	3,95	3-5	
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1430,40	1415,30	1337,82	Min 800	
4	Flow (mm)	2,87	3,73	3,83	3,90	Min 2-4	
5	MQ (Kg/mm)	530,27	385,74	370,13	342,94	Min 250	
6	VMA (%)	17,64	17,36	17,20	17,08	Min 15	
7	VFB (%)	73,72	74,87	75,49	76,88	Min 65	

No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Suhu Pematatan				
			KAO 7 %				Spesifikasi 2018
			Suhu 120°C				
			3 Hari	6 Hari	9 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,339	2,341	2,343	-	
2	VIM (%)	4,64	4,09	4,09	3,95	3-5	
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1343,78	1319,54	1317,67	Min 800	
4	Flow (mm)	2,87	3,80	3,87	3,97	Min 2-4	
5	MQ (Kg/mm)	530,27	350,43	343,46	332,61	Min 250	
6	VMA (%)	17,64	17,20	17,12	17,06	Min 15	
7	VFB (%)	73,72	76,25	76,40	76,84	Min 65	

No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Suhu Pematatan				
			KAO 7 %				Spesifikasi 2018
			Suhu 100°C				
			3 Hari	6 Hari	9 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,343	2,349	2,356	-	
2	VIM (%)	4,64	3,95	3,57	3,48	3-5	
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1337,82	1299,63	1250,01	Min 800	
4	Flow (mm)	2,87	3,83	3,90	4,05	Min 2-4	
5	MQ (Kg/mm)	530,27	349,56	334,64	308,48	Min 250	
6	VMA (%)	17,64	17,05	16,59	16,47	Min 15	
7	VFB (%)	73,72	76,24	76,50	78,90	Min 65	

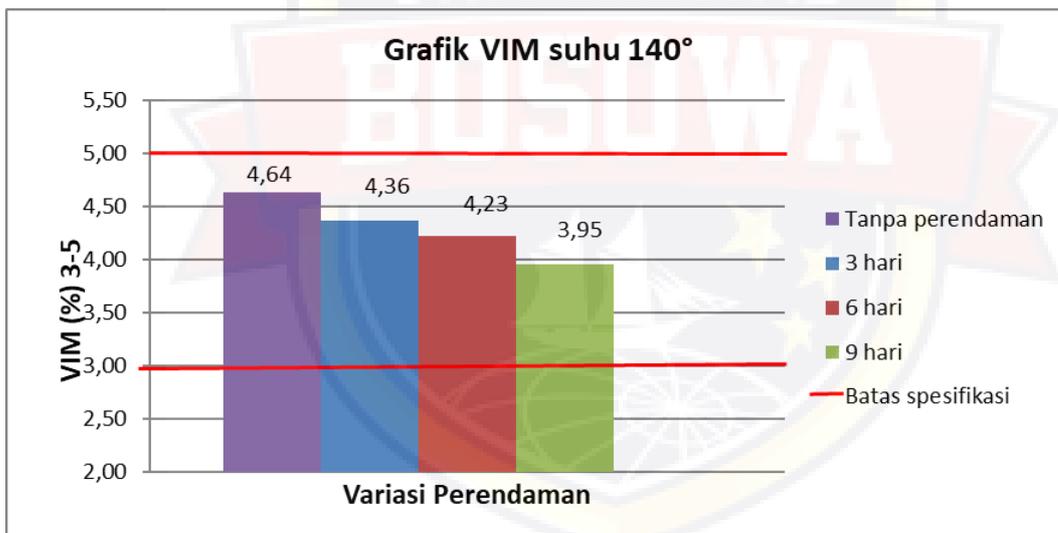
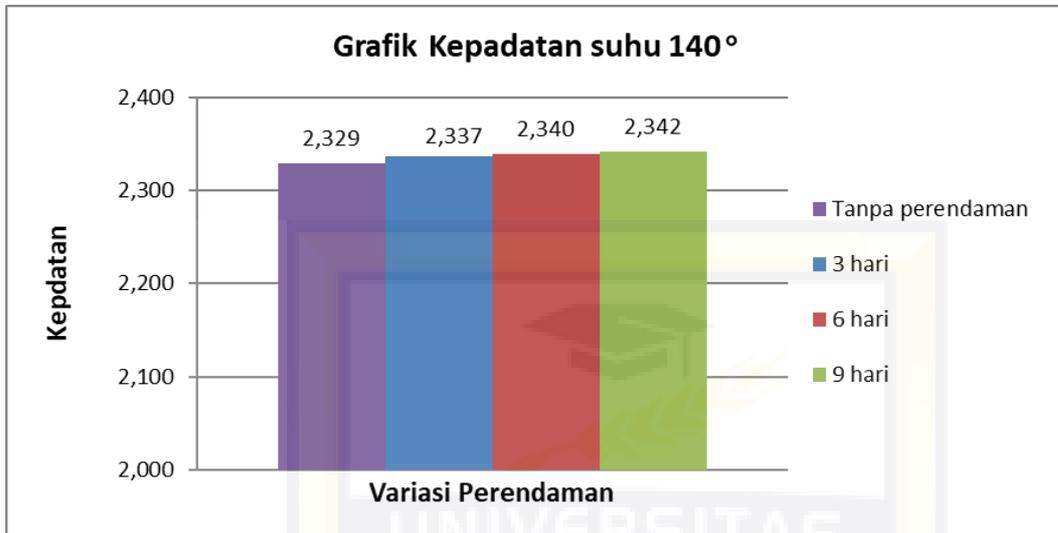
No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Suhu Pematatan				Spesifikasi 2018
			KAO 7 %				
			Suhu 80°				
			3 Hari	6 Hari	9 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,350	2,368	2,369	-	
2	VIM (%)	4,64	3,82	3,37	3,33	3-5	
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1387,94	1241,52	1185,44	Min 800	
4	Flow (mm)	2,87	3,90	3,93	4,10	Min 2-4	
5	MQ (Kg/mm)	530,27	346,52	318,35	286,15	Min 250	
6	VMA (%)	17,64	16,81	16,18	16,15	Min 15	
7	VFB (%)	73,72	77,47	77,29	82,65	Min 65	

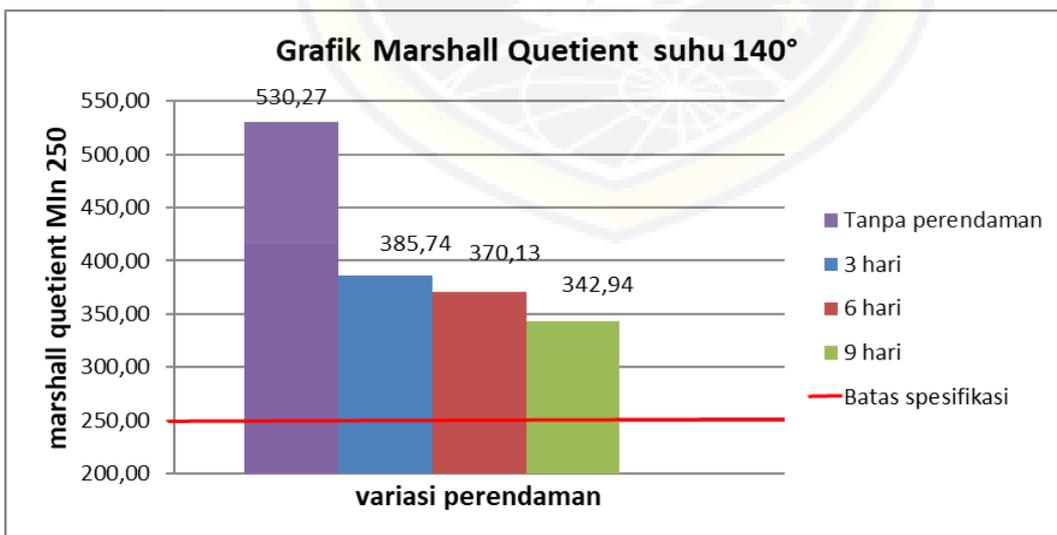
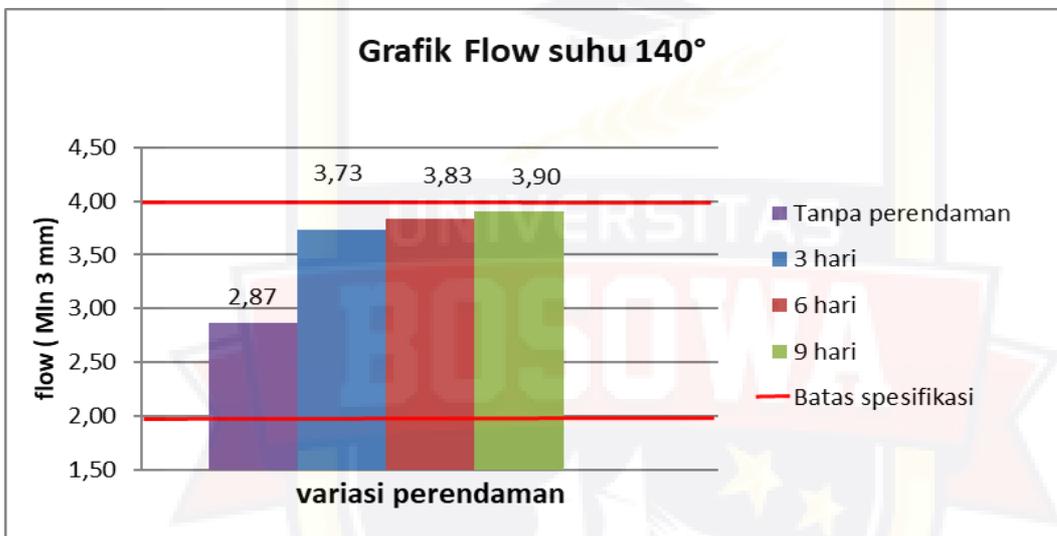
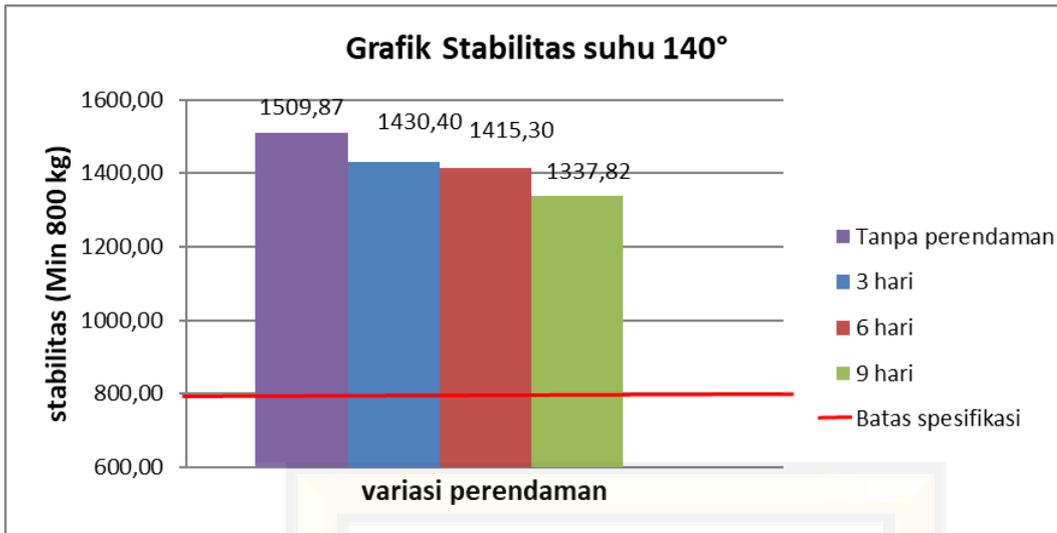
Mengetahui Yang Melakukan
 Penelitian

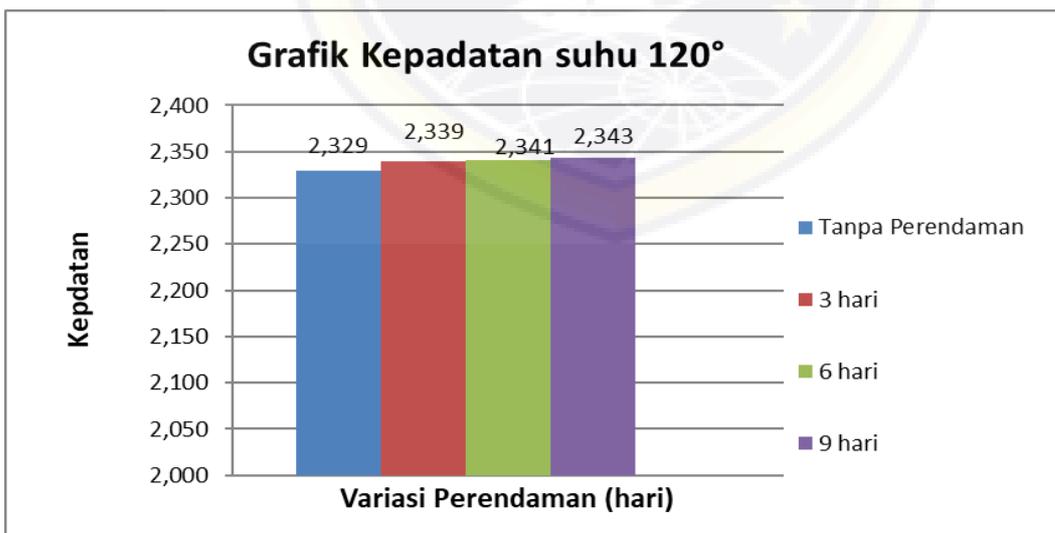
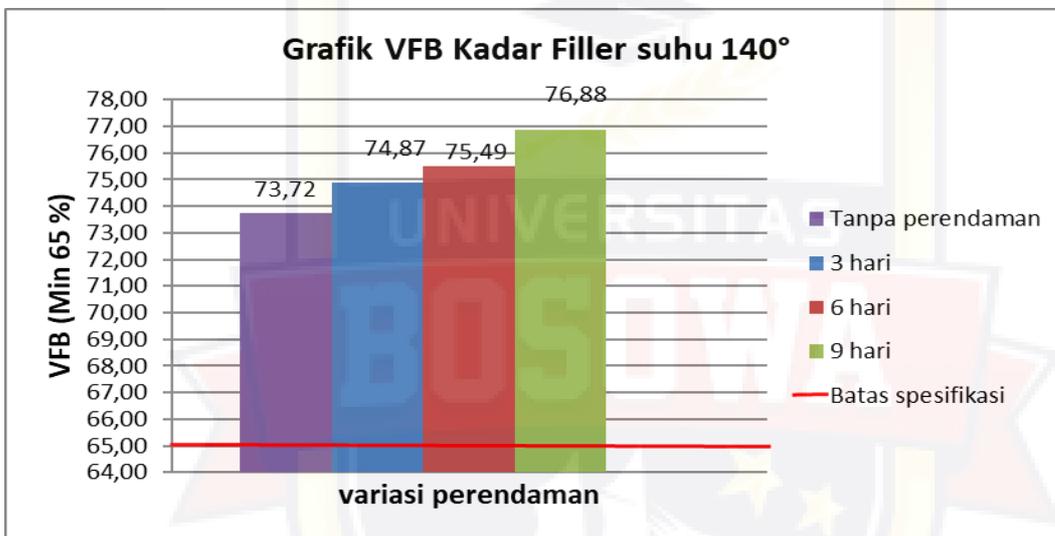
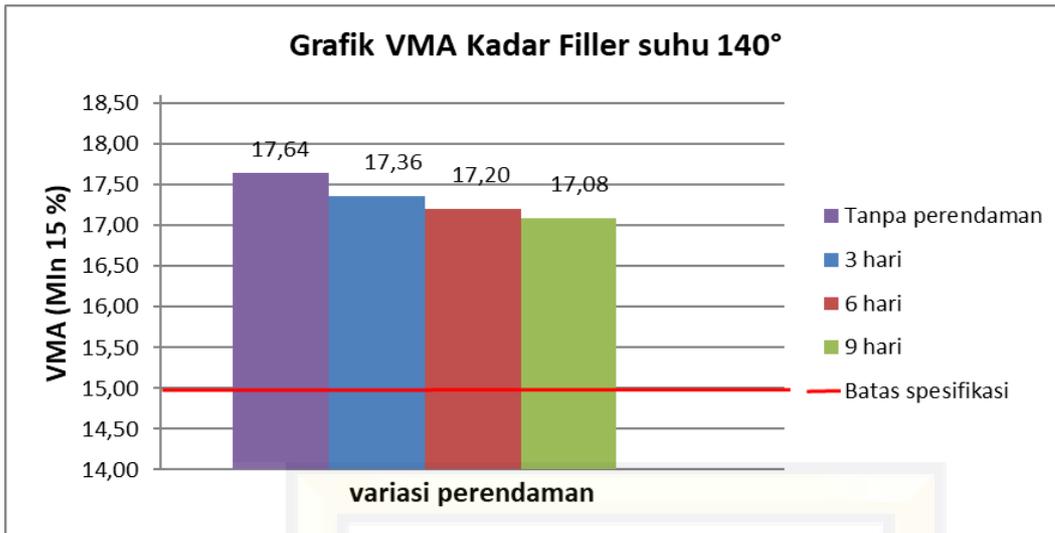
UNIVERSITAS
BOSOWA

Muh. Said

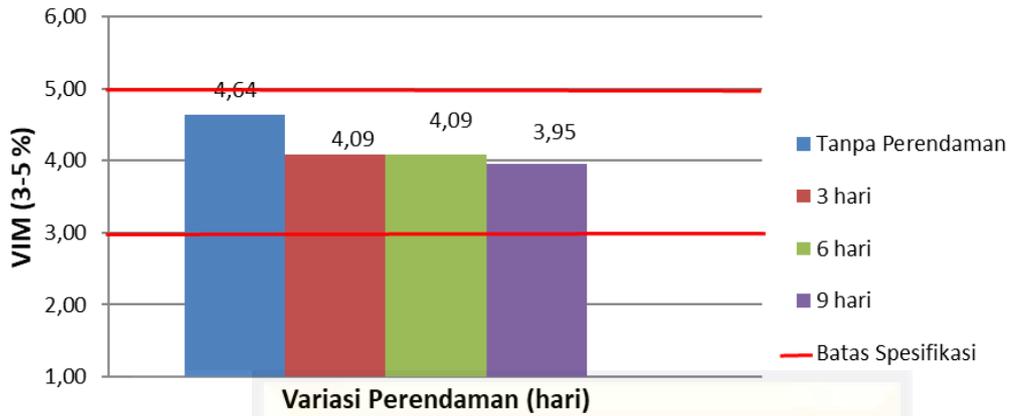
Nim: 4518041040



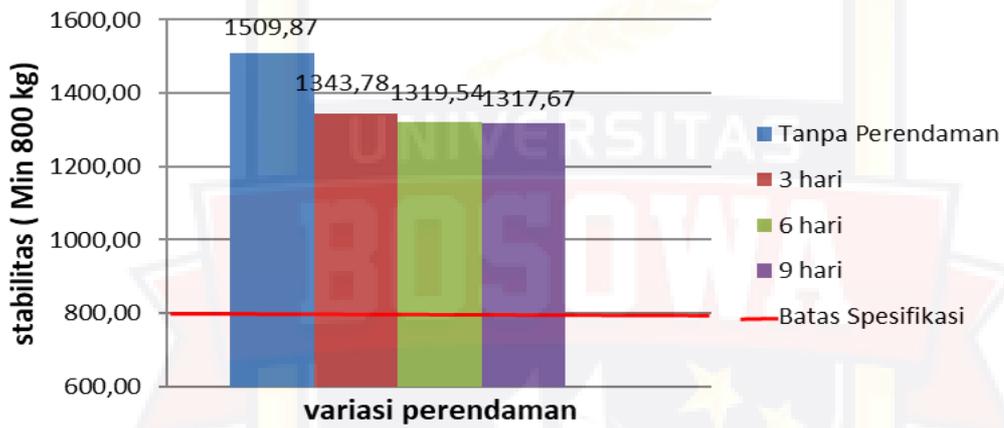




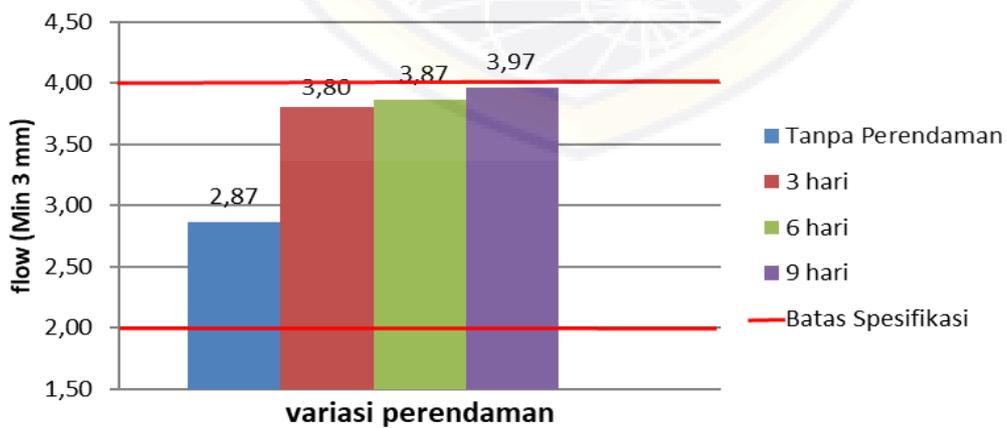
Grafik vim suhu 120°



grafik stabilitas suhu 120°



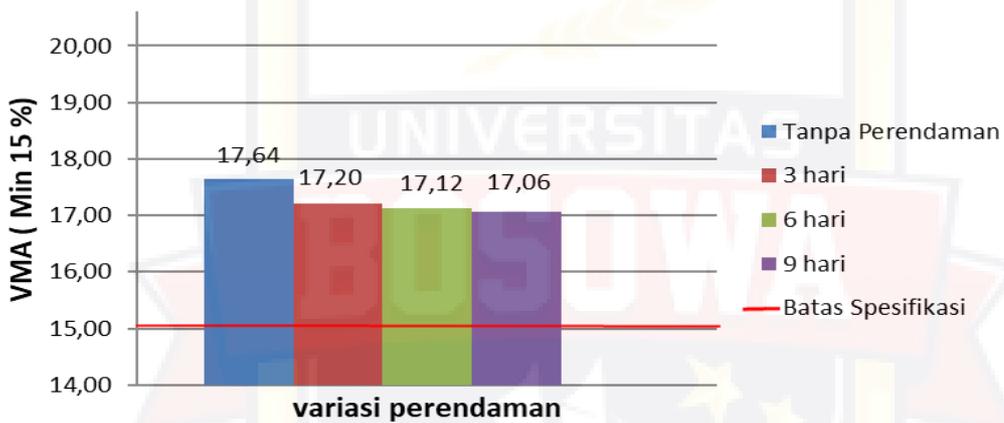
grafik flow kadar suhu 120°



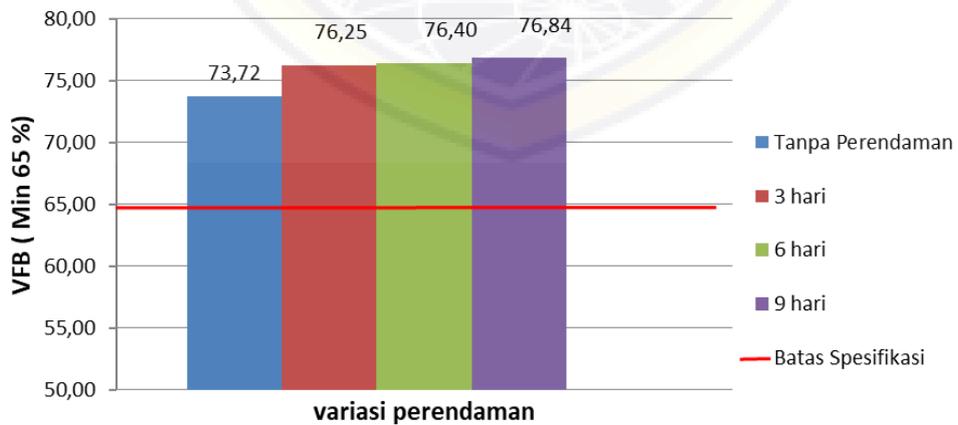
grafik marshall quotient suhu 120°

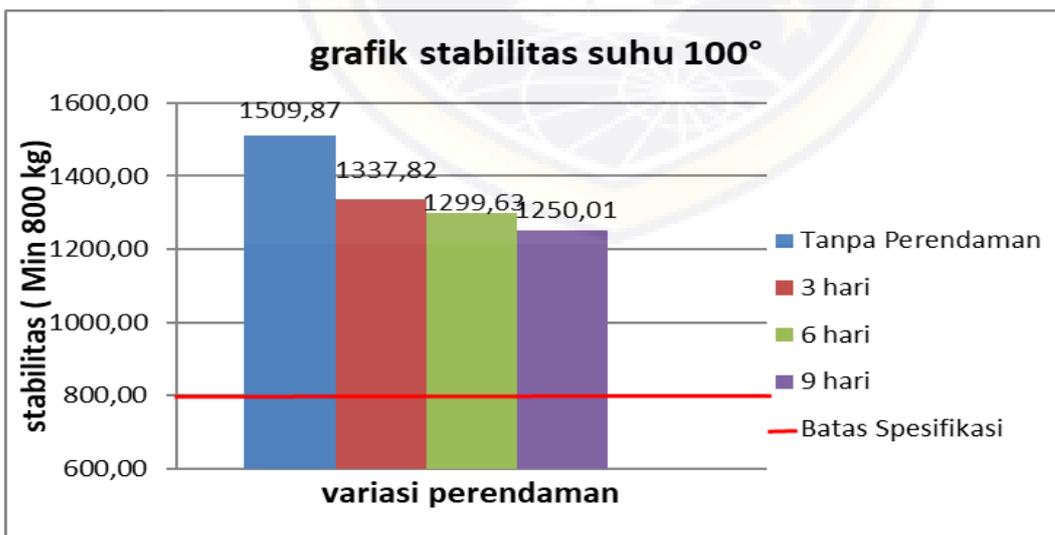
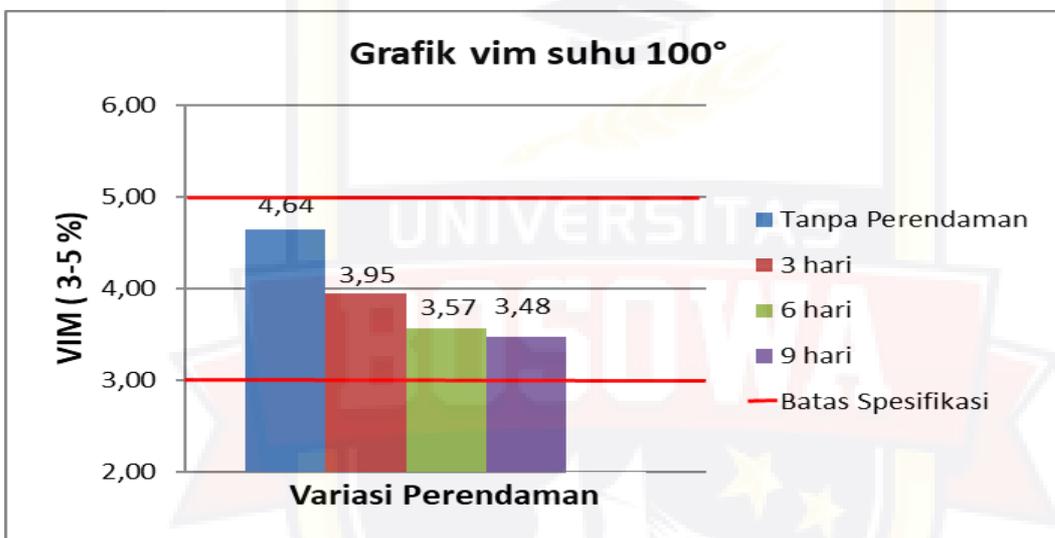
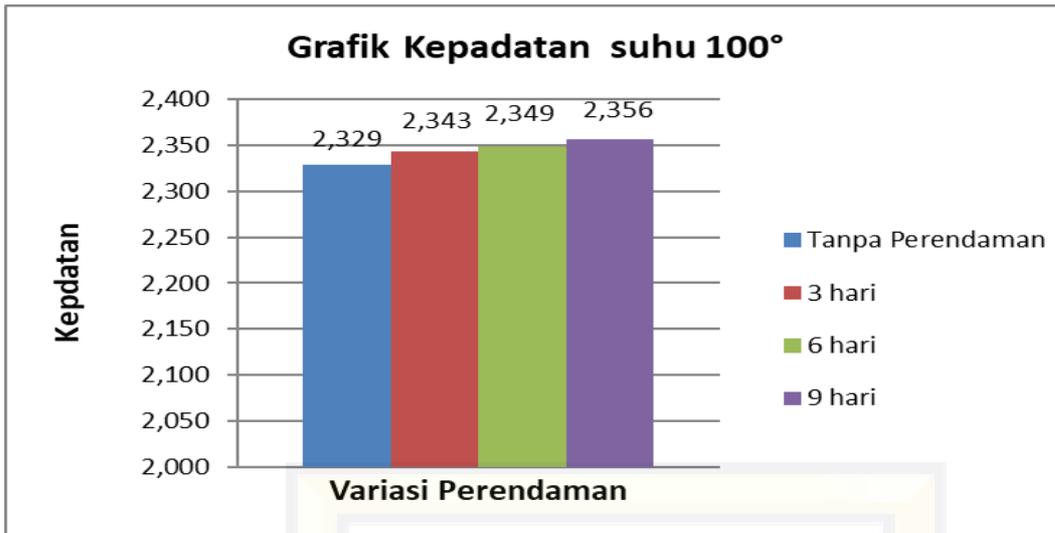


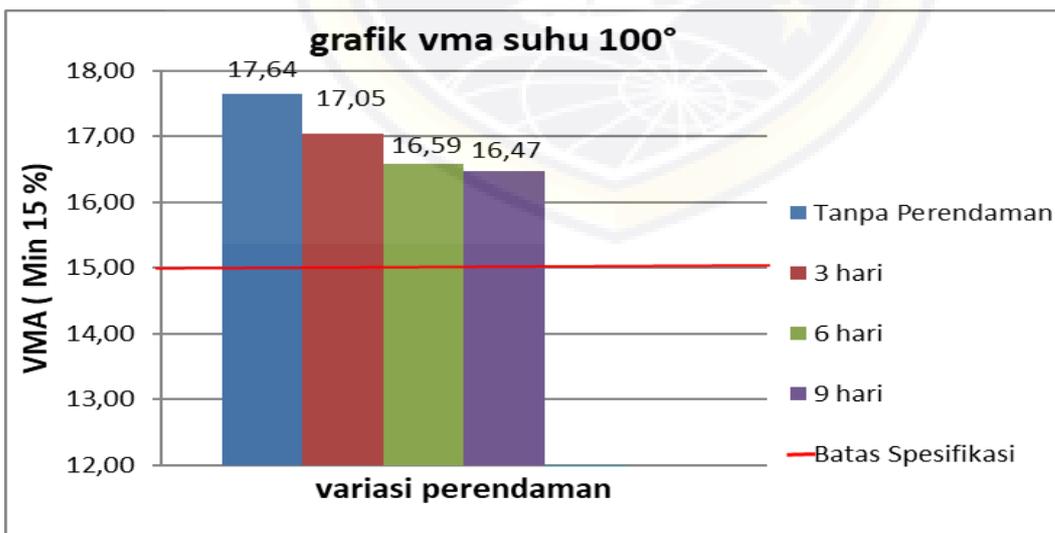
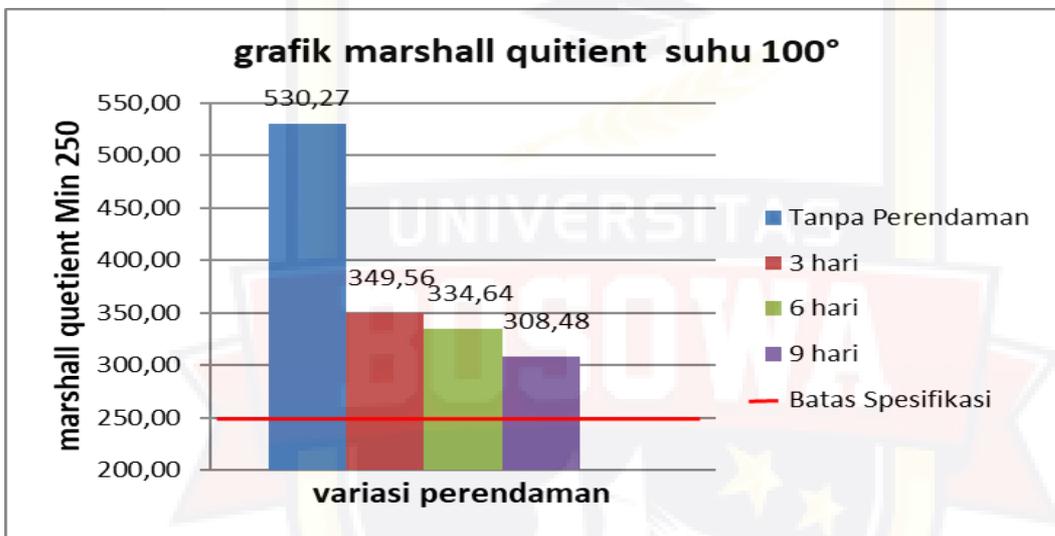
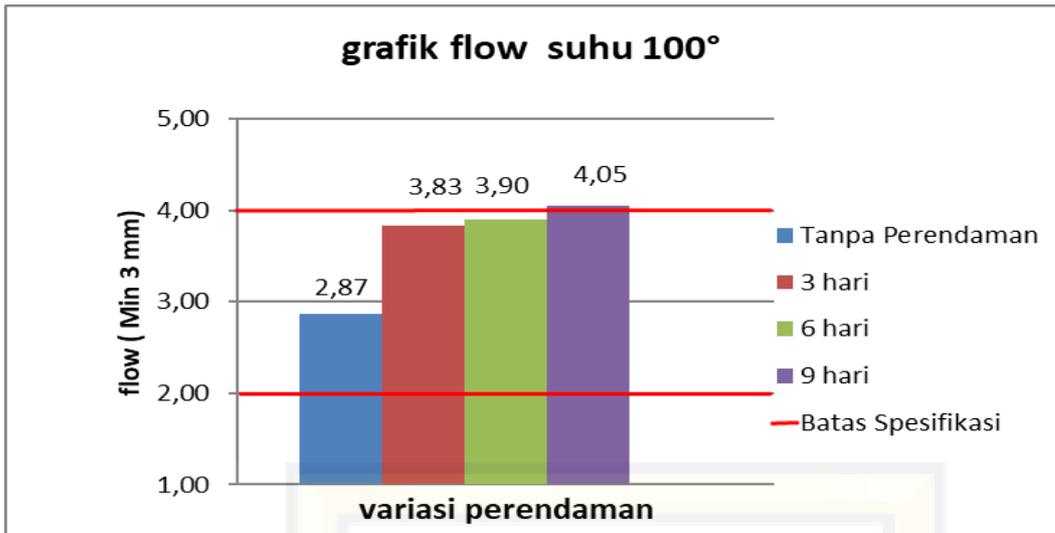
grafik vma kadar suhu 120°

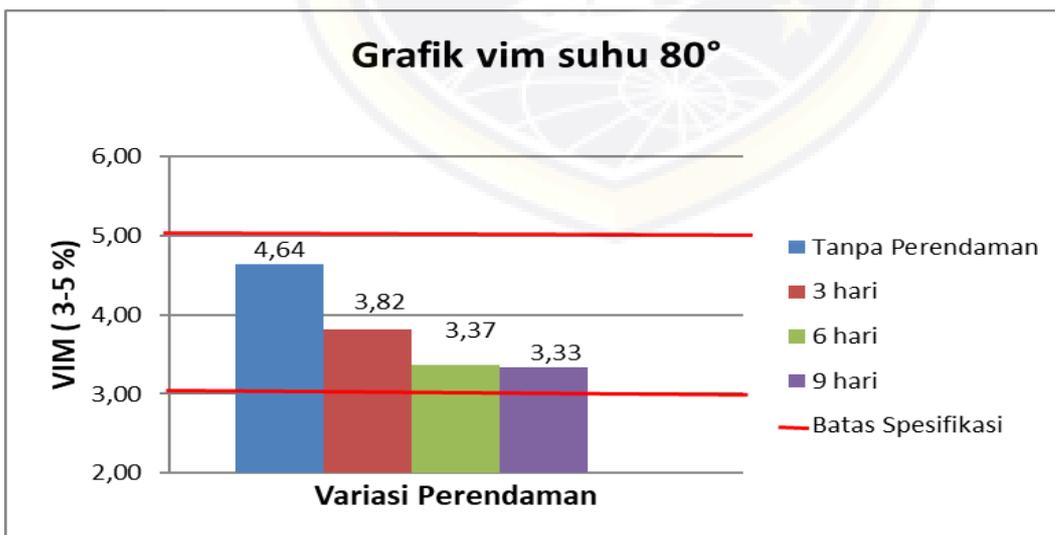
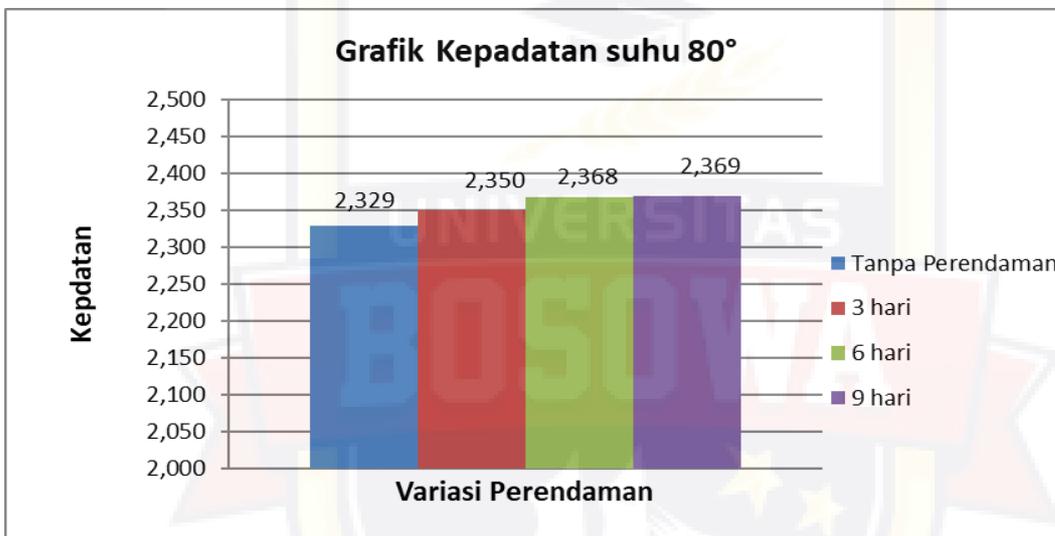
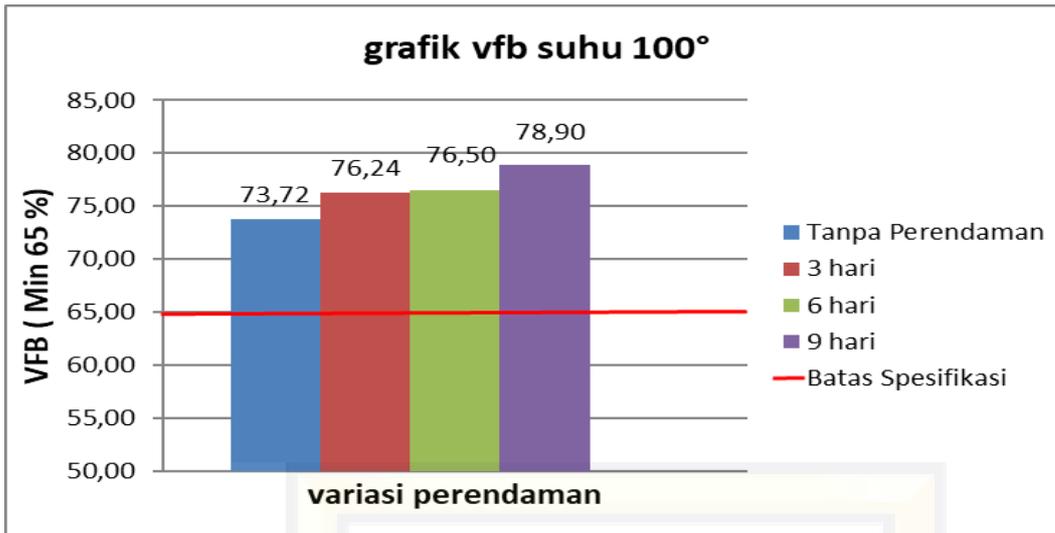


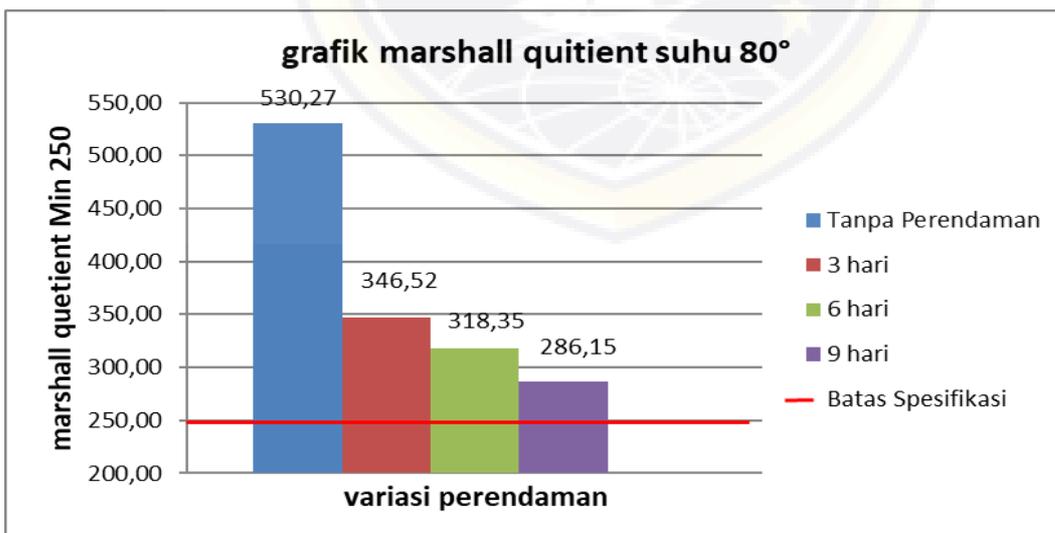
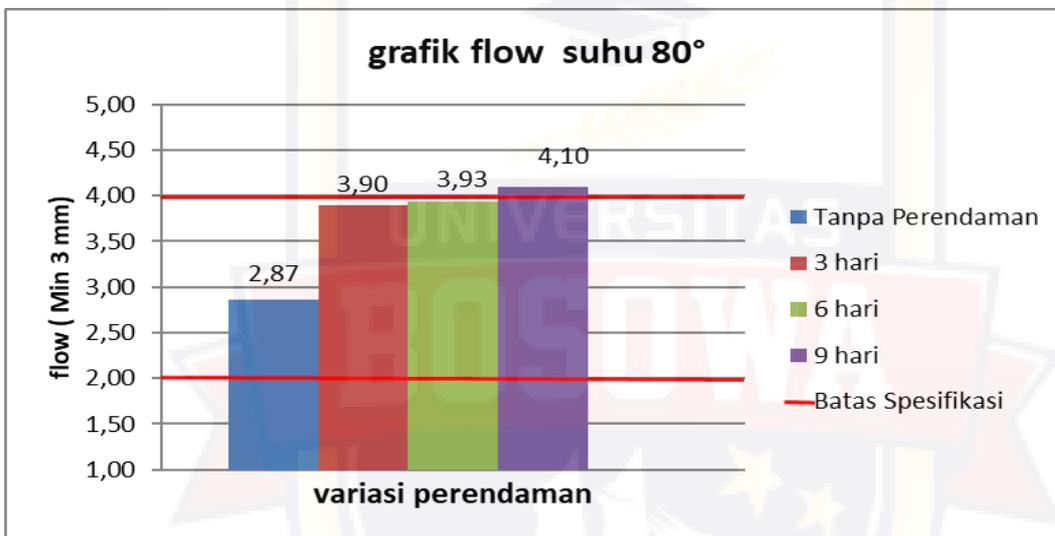
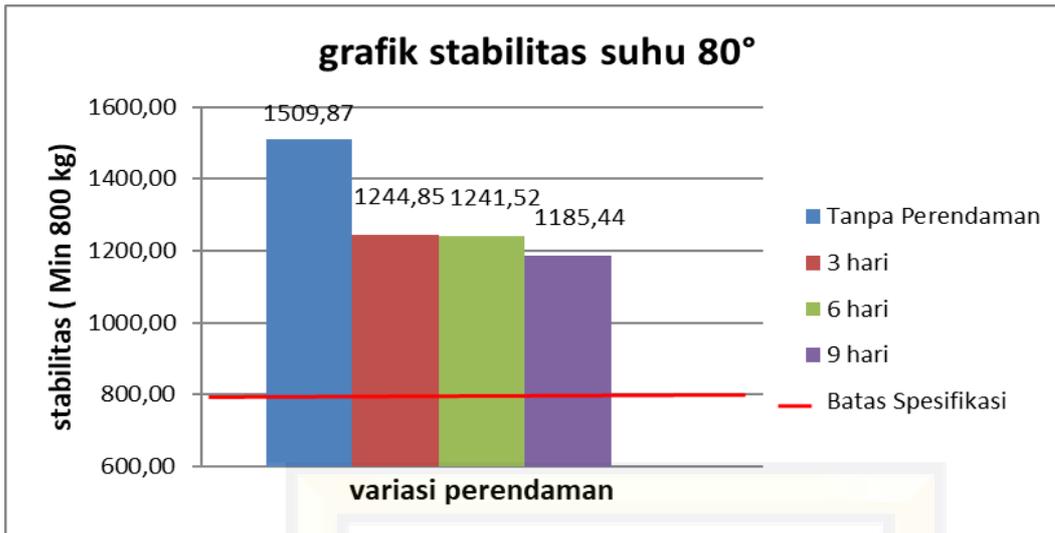
grafik vfb suhu 120°



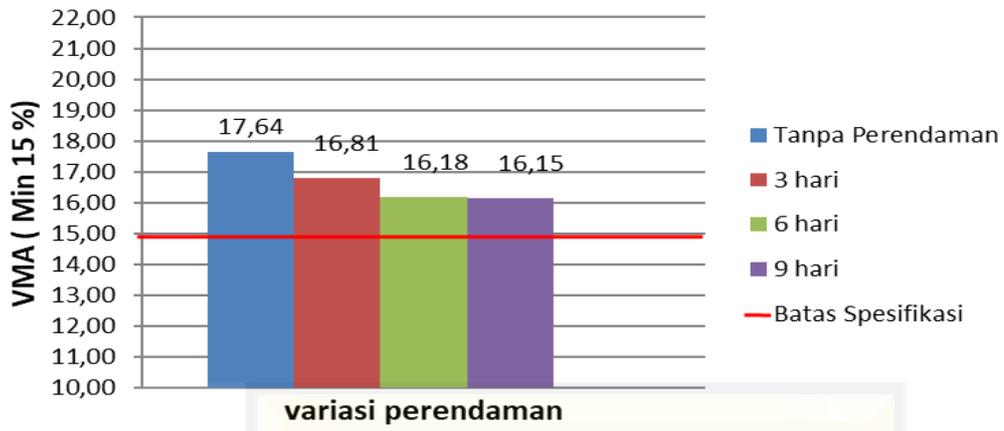








grafik vma suhu 80°



grafik vfb suhu 80°



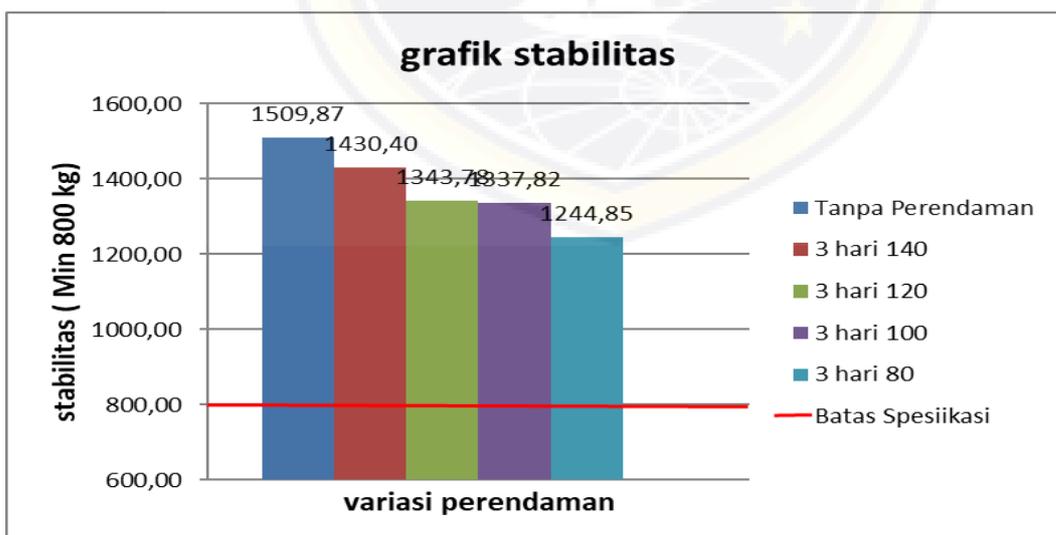
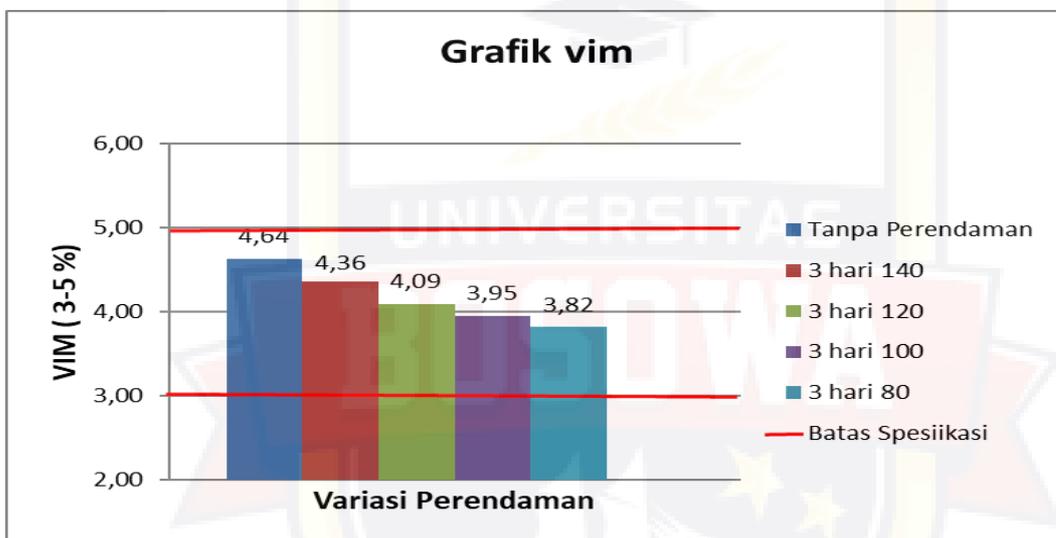
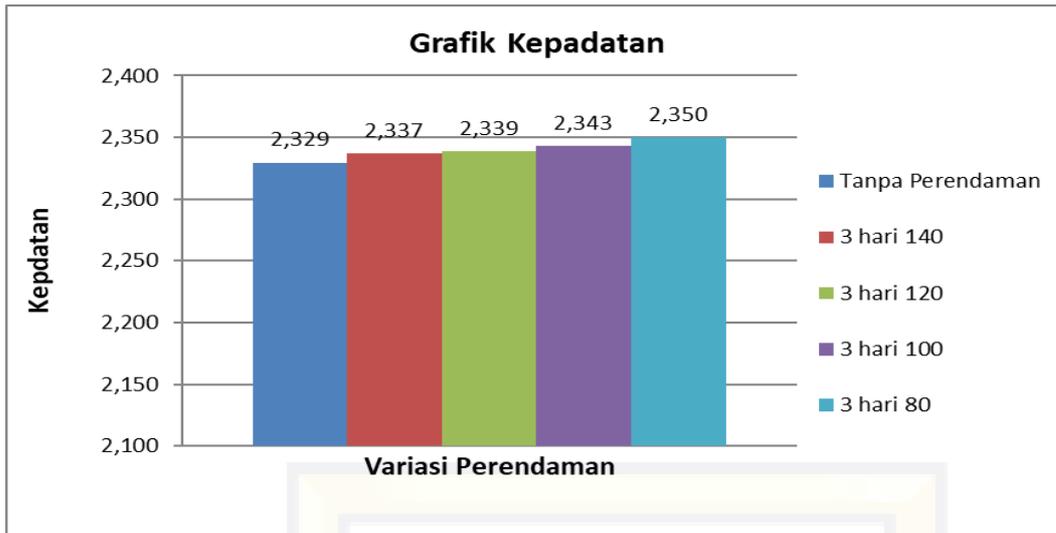
**G
R
A
F
I
K
H
U
B
U
N
G
A
N**

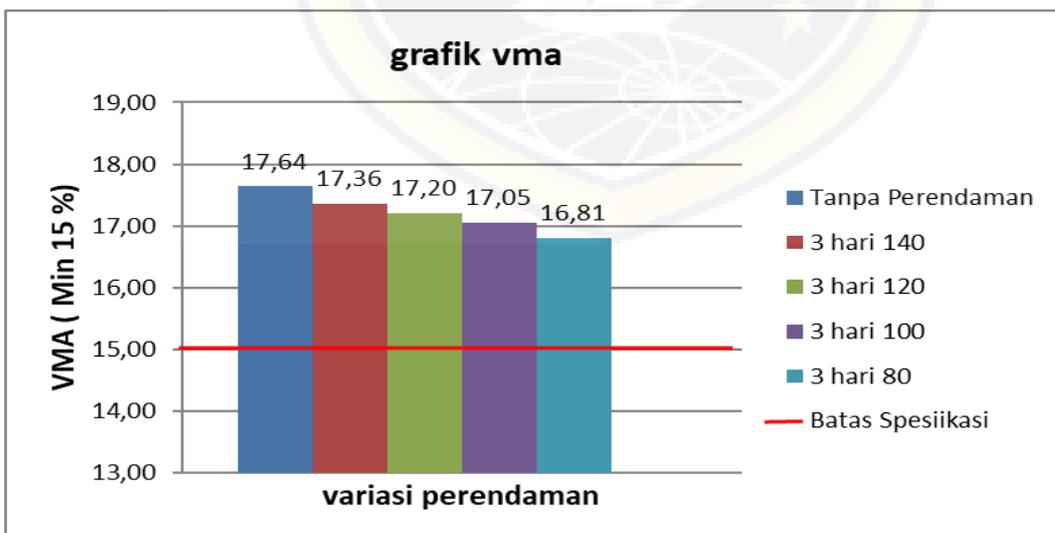
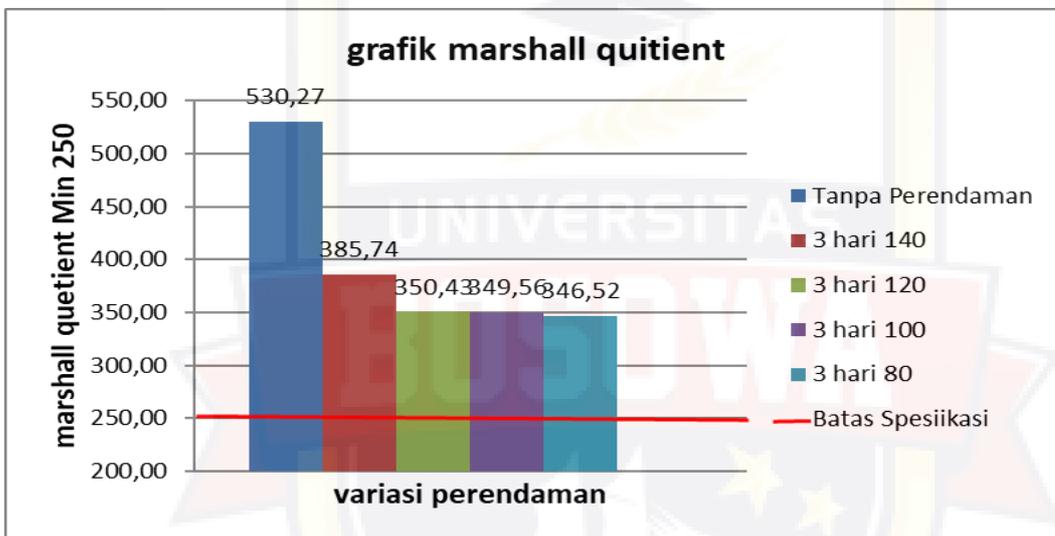
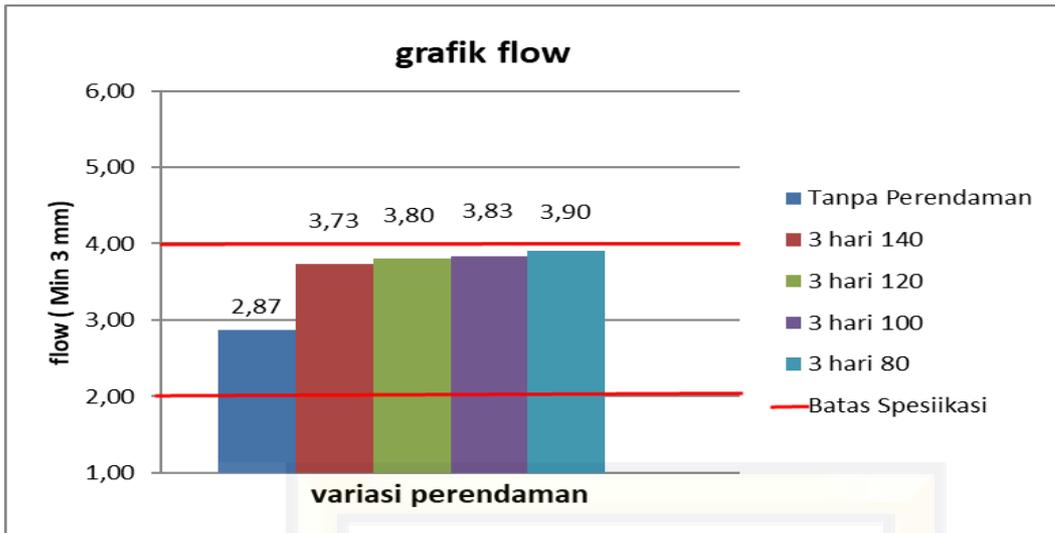


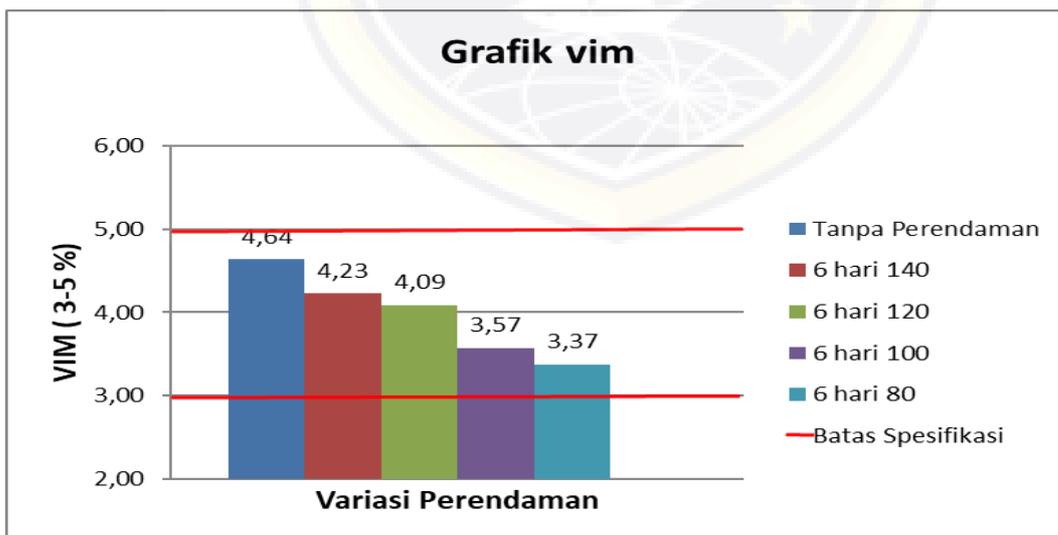
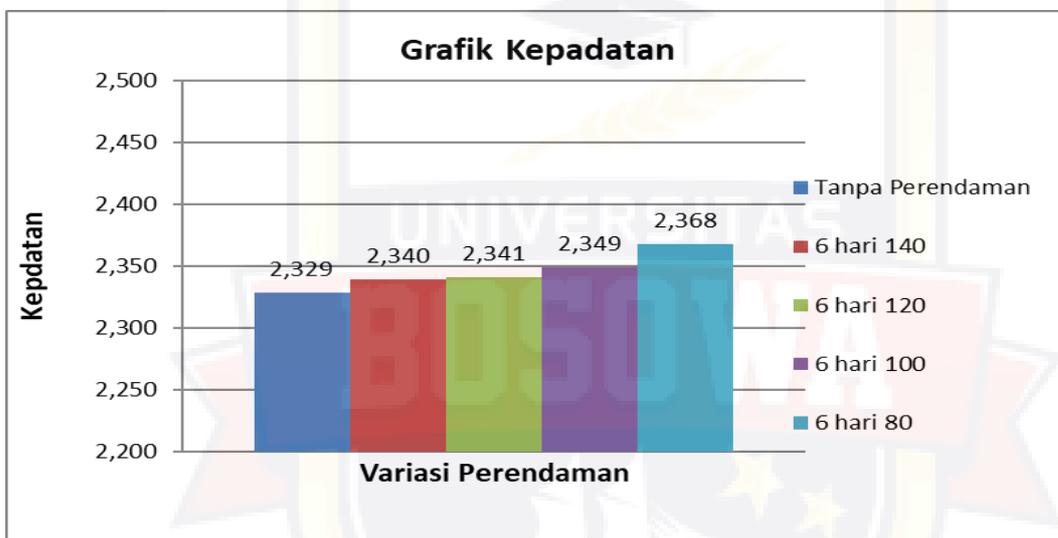
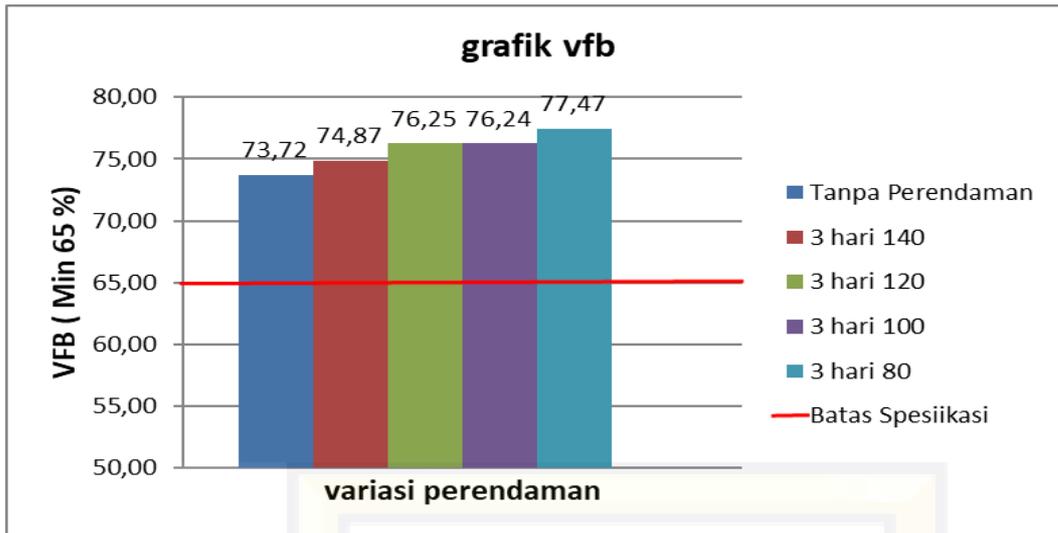
No	Pemeriksaan	Variasi Perendaman					
		KAO 7 %					
		Tanpa Perendaman	140	120	100	80	Spesifikasi 2018
		3 Hari	3 Hari	3 Hari	3 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,337	2,339	2,343	2,350	-
2	VIM (%)	4,64	4,36	4,09	3,95	3,82	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1430,40	1343,78	1337,82	1244,85	Min 800
4	Flow (mm)	2,87	3,73	3,80	3,83	3,90	Min 2-4
5	MQ (Kg/mm)	530,27	385,74	350,43	349,56	346,52	Min 250
6	VMA (%)	17,64	17,36	17,20	17,05	16,81	Min 15
7	VFB (%)	73,72	74,87	76,25	76,24	77,47	Min 65

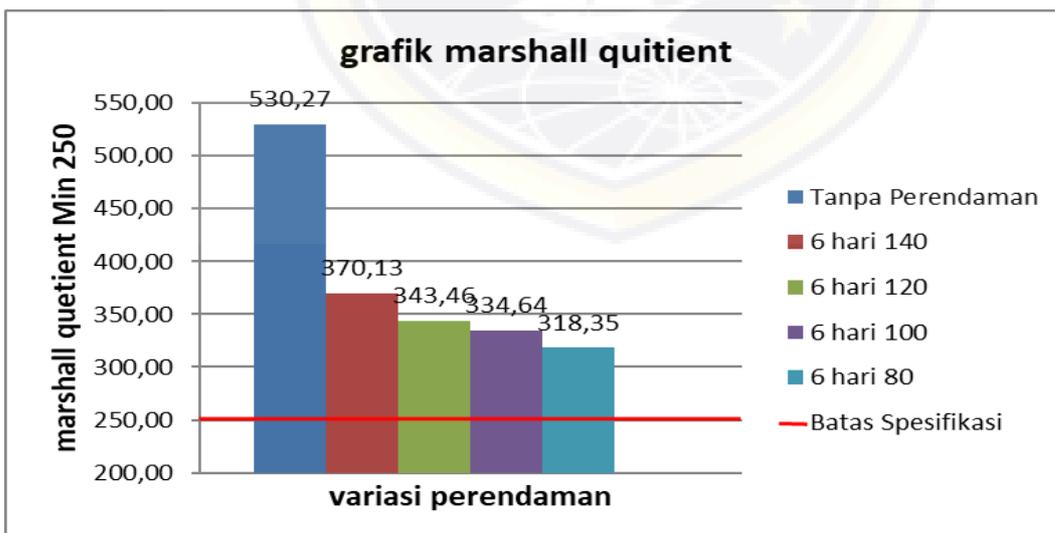
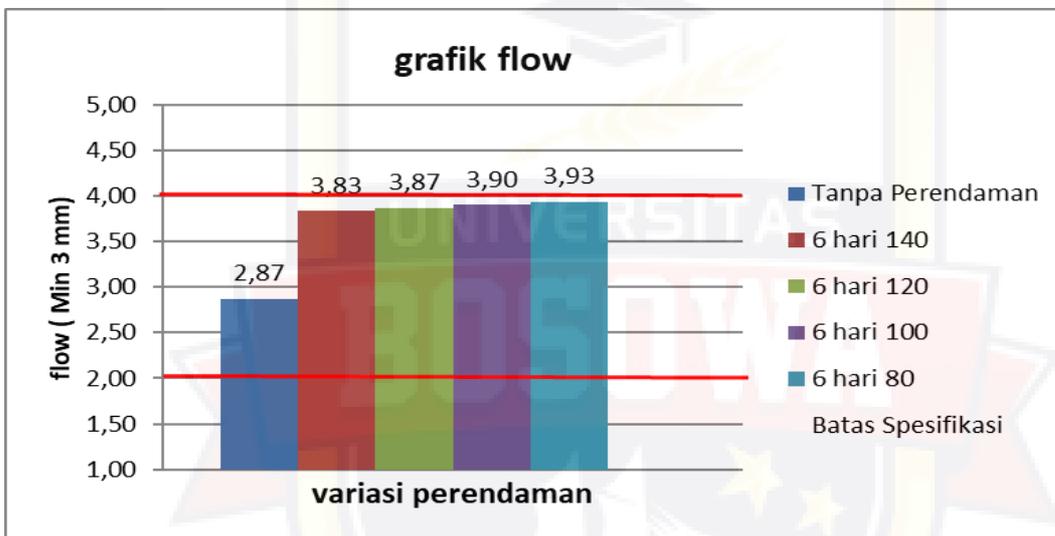
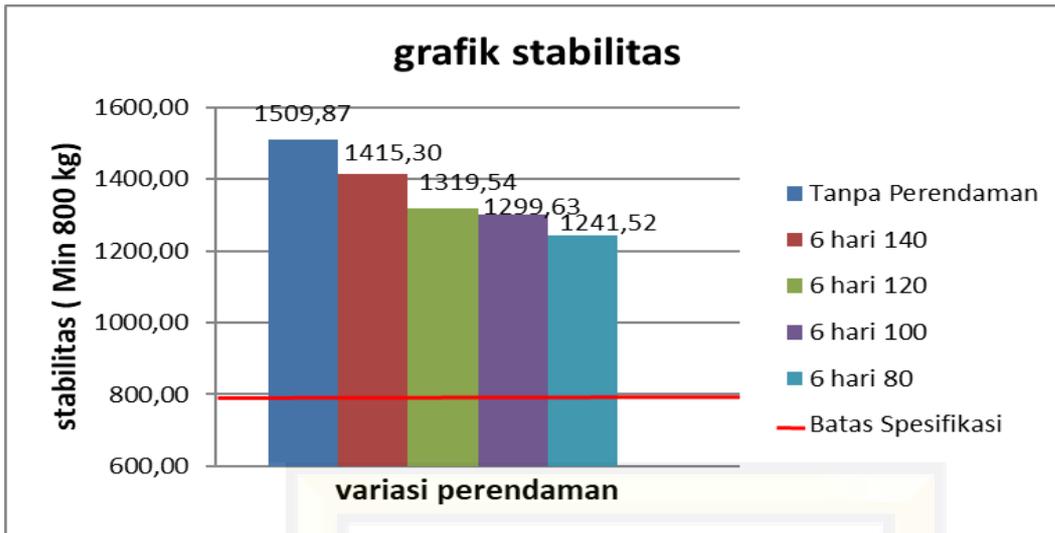
No	Pemeriksaan	Variasi Perendaman					
		KAO 7 %					
		Tanpa Perendaman	140	120	100	80	Spesifikasi 2018
		6 Hari	6 Hari	6 Hari	6 Hari		
1	Kepadatan	2,329	2,340	2,341	2,349	2,381	-
2	VIM (%)	4,64	4,23	4,09	3,57	3,37	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1415,30	1319,54	1299,63	1241,52	Min 800
4	Flow (mm)	2,87	3,83	3,87	3,90	3,93	Min 2-4
5	MQ (Kg/mm)	530,27	370,13	343,46	334,64	318,35	Min 250
6	VMA (%)	17,64	17,20	17,12	16,59	16,15	Min 15
7	VFB (%)	73,72	75,49	76,40	76,50	77,29	Min 65

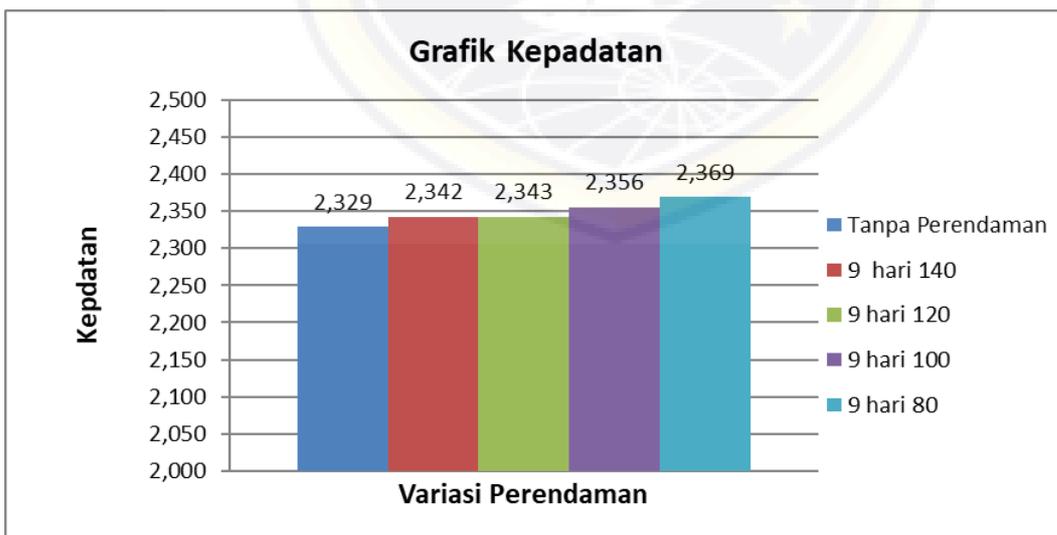
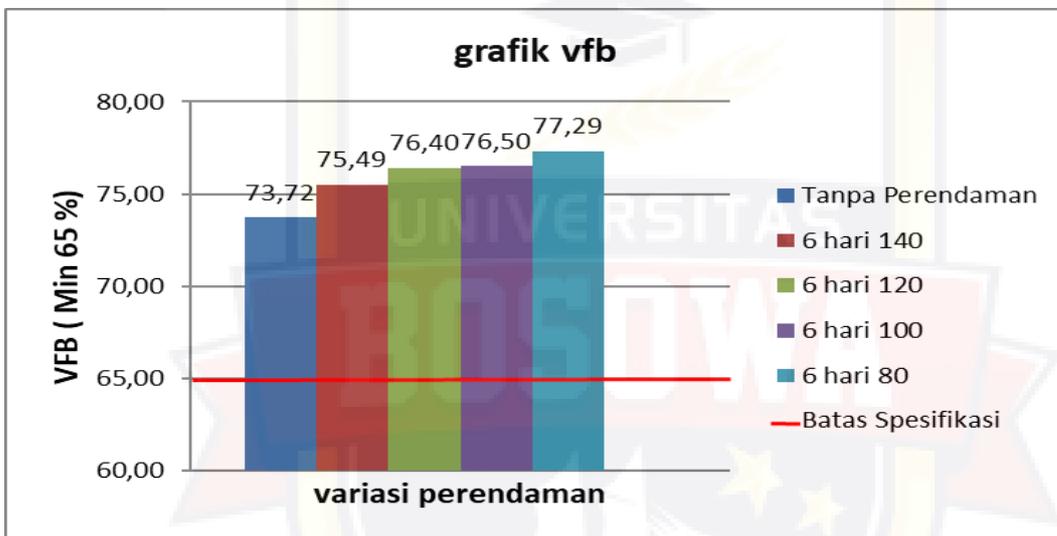
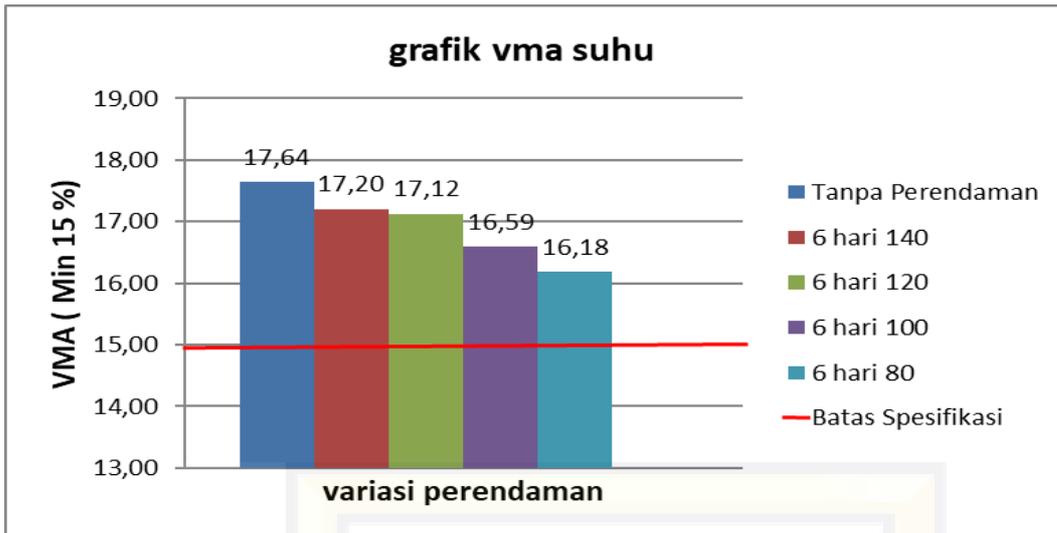
No	Pemeriksaan	Variasi Perendaman					
		KAO 7 %					
		Tanpa Perendaman	140	120	100	80	Spesifikasi 2018
		9 hari	9 Hari	9 Hari	9 Hari		
1	Kepadatan	2,33	2,342	2,343	2,356	2,369	-
2	VIM (%)	4,64	3,95	3,95	3,48	3,33	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1509,87	1337,82	1317,67	1250,01	1185,44	Min 800
4	Flow (mm)	2,87	3,90	3,97	4,05	4,10	Min 2-4
5	MQ (Kg/mm)	530,27	342,94	332,61	308,48	286,15	Min 250
6	VMA (%)	17,64	17,08	17,06	16,47	16,15	Min 15
7	VFB (%)	73,72	76,88	76,84	78,90	82,65	Min 65



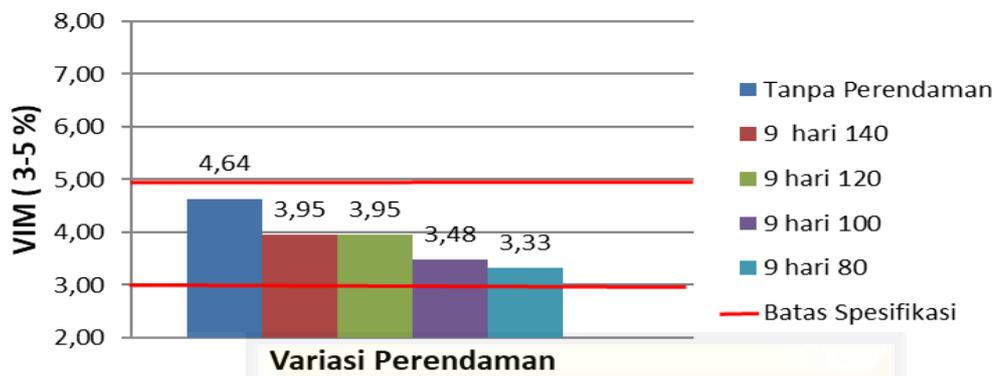




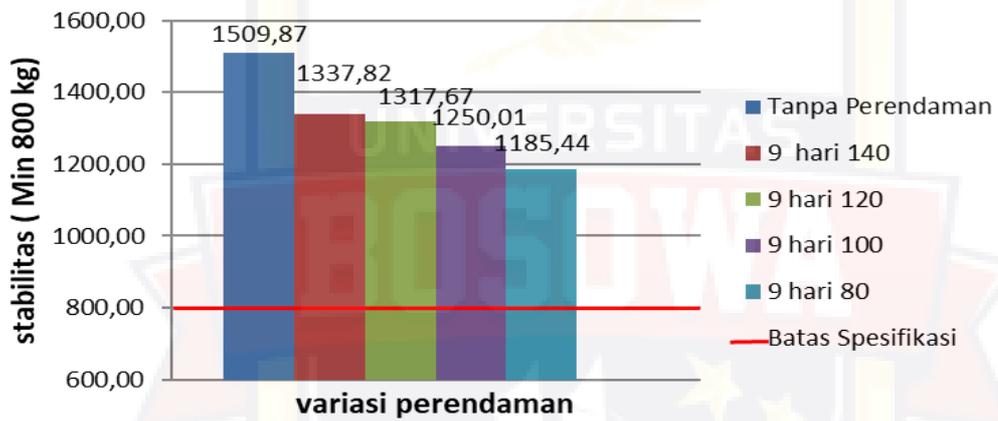




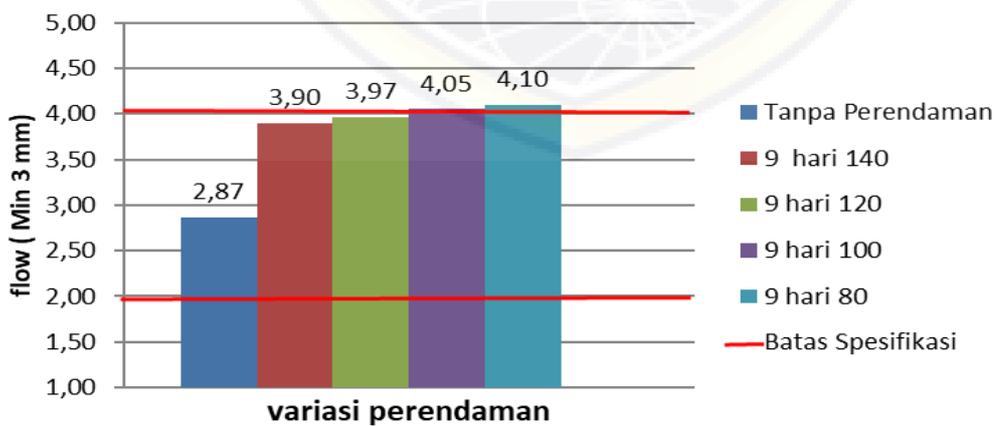
Grafik vim

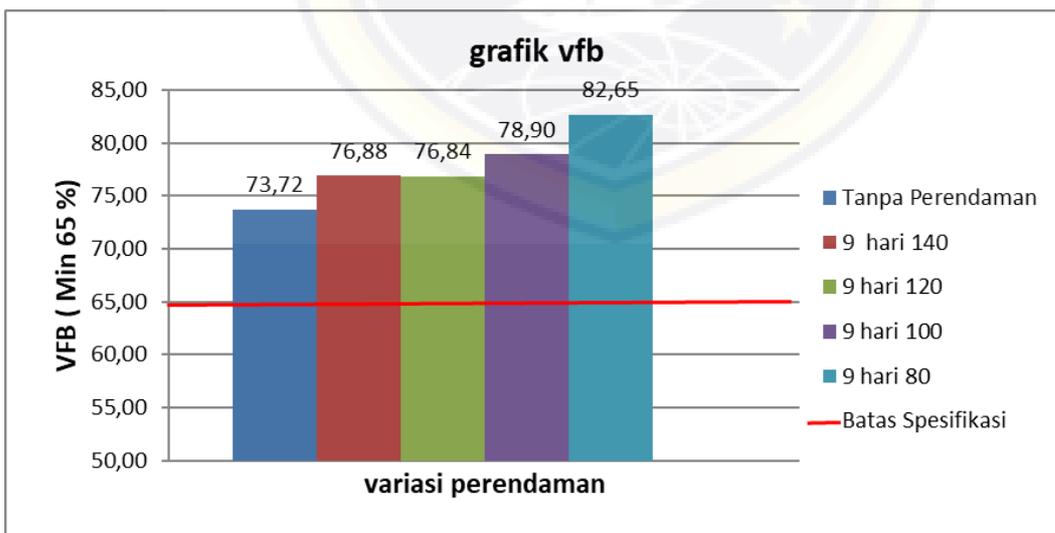
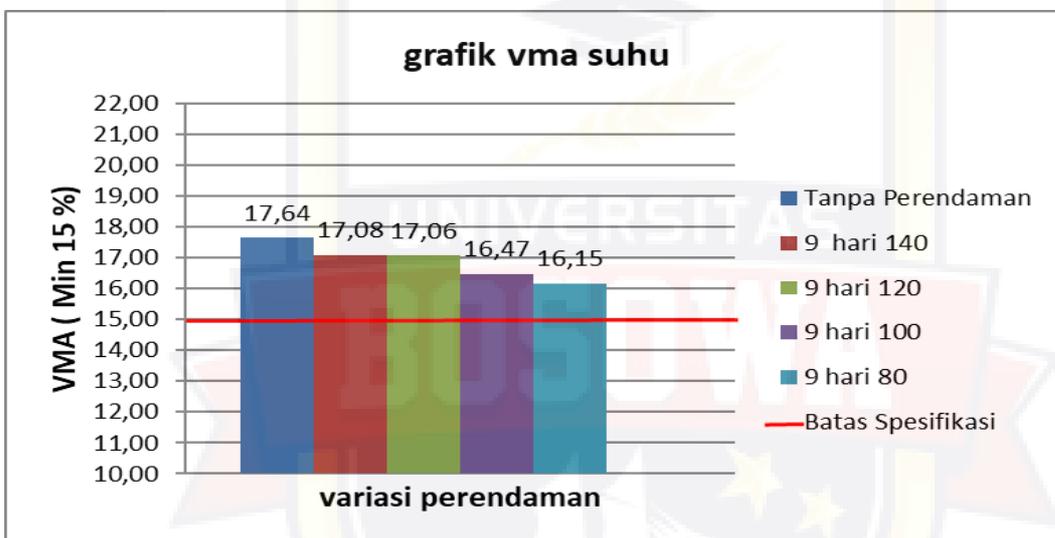
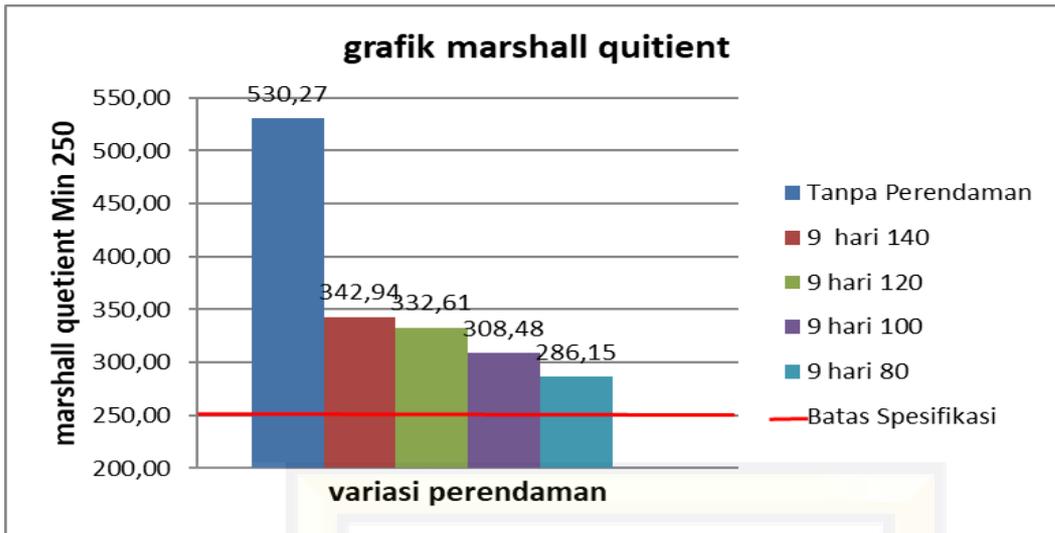


grafik stabilitas



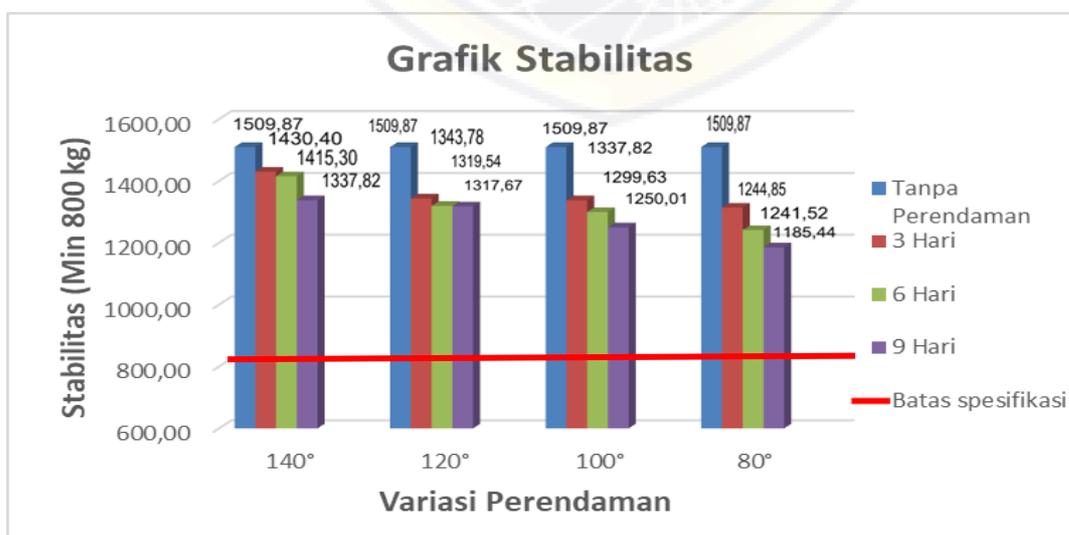
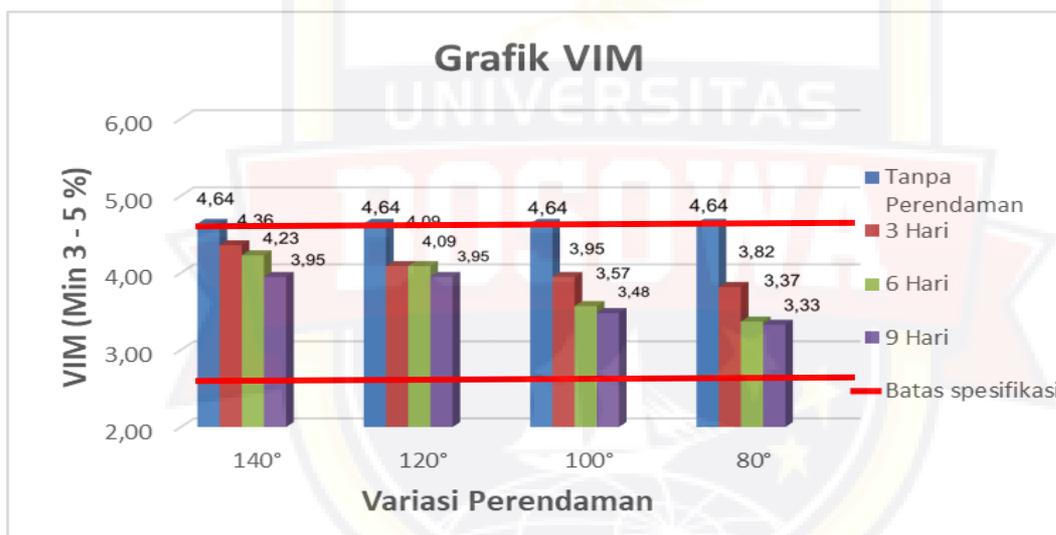
grafik flow



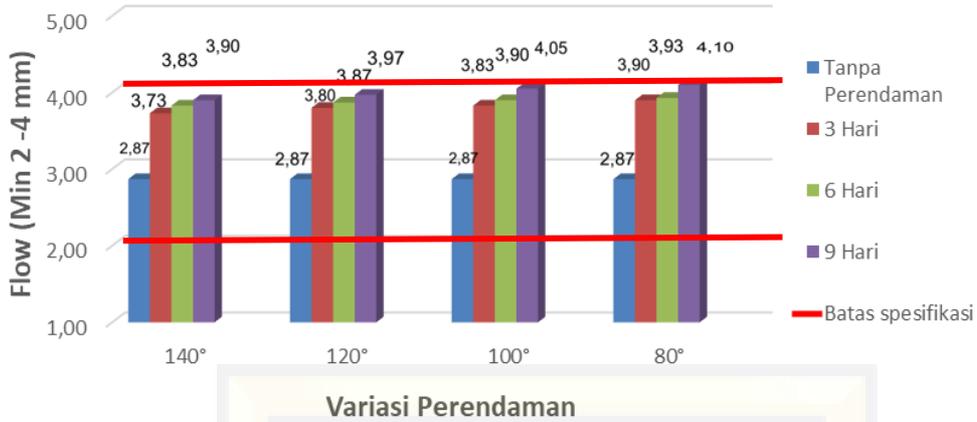


**G
R
A
F
I
K
G
A
B
U
N
G
A
N**

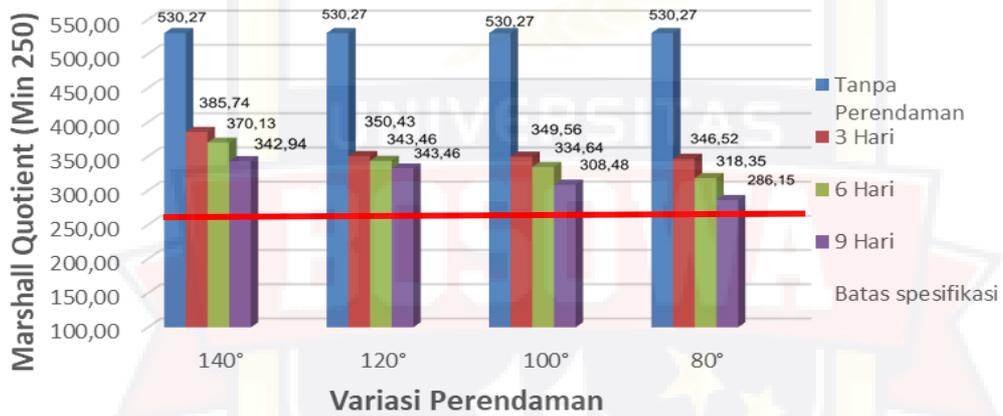




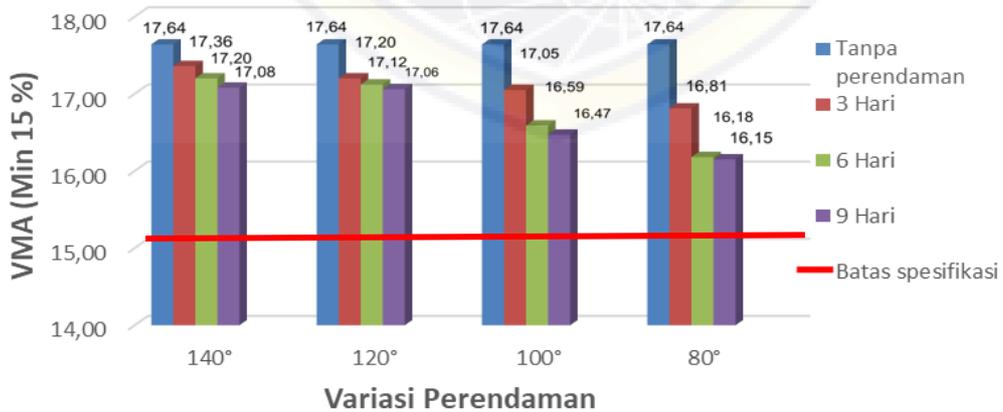
Grafik Flow



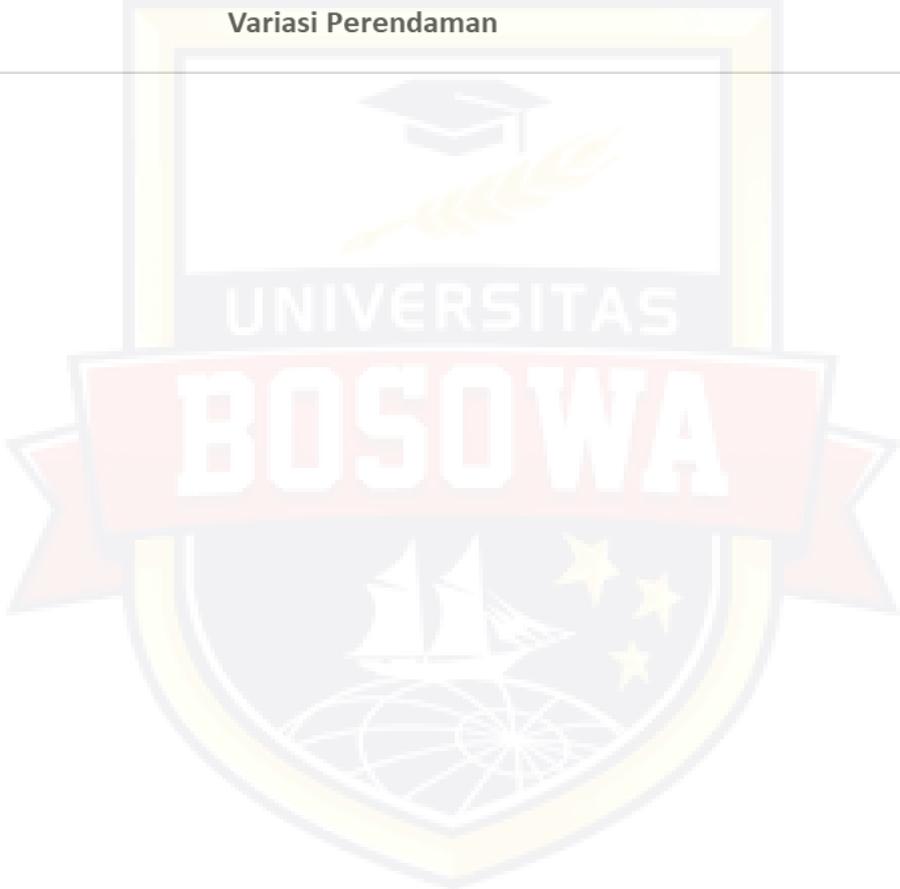
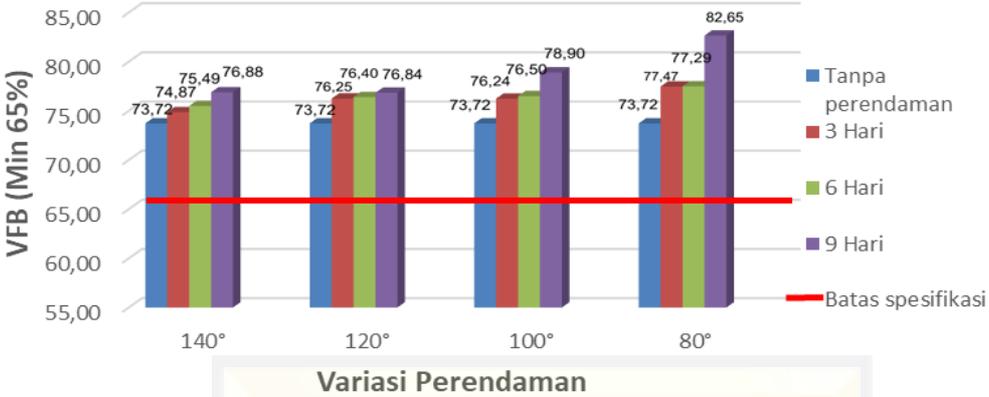
Grafik Marshall Quotient



Grafik VMA



Grafik VFB



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





Pengambilan air laut



Proses Analisa Saringan Material Pembuatan Sampel



Pengujian Berat Jenis Kasar



Pengujian Berat Jenis Halus



Pengujian Berat Jenis Aspal



Proses Sangrai Material



Penambahan aspal Pada material



Proses Pencampuran Aspal



Proses memasukkan material ke dalam mol briket



Proses meratakan material dan aspal menggunakan spatula



Pengukuran suhu pemadatan 140°



Pengukuran suhu pemadatan 120°



Pengukuran suhu pemadatan 100°



Pengukuran suhu pemadatan 80°



Proses Pemasakan Briket



Proses Mengeluarkan mol briket



Proses Mengeluarkan briket



Timbang Kering Benda uji



Proses Perendaman



Proses Timbang Dalam Air



Proses Perendaman Dalam Waterbath



Proses Uji Marshall Test