

“TUGAS AKHIR”

“Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Pematatan Terhadap Uji Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Perendaman Air Laut”



Oleh

ABDI RIFKI IMRAN

45 16 041 001

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

MAKASSAR

2021



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : "ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMADATAN
TERHADAP UJI MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN
PERENDAMAN AIR LAUT"

Disusun dan diajukan oleh :

Nama : **ABDI RIFKI IMRAN**

No.Stambuk : **45 16 041 001**

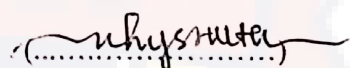
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil
/ Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : **Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, M.T.**

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

Pembimbing II : **Ir. Nurhadijah Yuniarti, S.T., M.T.**

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

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


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

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil


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



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A 110/FT/UNIBOS/I/ 2022, Tanggal 21 Januari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 26 Januari 2022
N a m a : **ABDI RIFKI IMRAN**
No.Stambuk : **45 16 041 001**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **“ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMADATAN TERHADAP UJI MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN PERENDAMAN AIR LAUT”**

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

Tim Penguji Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : **Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT** (.....)

Sekretaris / Ex Officio: **Ir.Nurhadijah Yunianti, ST. MT** (.....)

Anggota : **Dr.Suryani Syahrir, ST.MT** (.....)

: **Ir.Tamrin Mallawangeng, MT.** (.....)

Makassar, 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

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

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

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

SURAT PERNYATAAN

KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Abdi Rifki Imran**

Nomor Stambuk : **45 16 041 001**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : ***Analisis pengaruh variasi temperatur pemadatan terhadap uji marshall pada campuran aspal dengan perendaman 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 menyimpan, megalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusa Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

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

Makassar,

2022

Yang membuat pernyataan



Abdi Rifki Imran

45 16 041 001

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 ***“Analisis Pengaruh Variasi Temperatur pemadatan Terhadap Uji Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Perendaman 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 dan juga Sebagai Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing

dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.

4. Ibu Ir.Nurhadijah Yunianti. ST. MT Selaku Dosen Pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
6. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
7. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa
8. Teman – Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama hampir 5 Tahun, Semogah kalian juga cepat menyusul.
9. 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, 2 November 2021

Abdi Rifki Imran



ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMADATAN TERHADAP UJI MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN PERENDAMAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT

Oleh : Abdi Rifki Imran ¹⁾, Abdul Rahim Nurdin²⁾, Nurhadijah Yunianti³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

Email : abdirifki97@gmail.com

ABSTRAK

Air merupakan salah satu penyebab kerusakan perkerasan jalan. Derajat keasaman di air laut lebih tinggi dari air tawar, yang dapat mempengaruhi ikatan antara aspal dan agregat yang mempercepat oksidasi, menyebabkan kerusakan dini pada lapisan permukaan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aspal campuran panas (AC-WC) dengan menggunakan aspal minyak. Variasi suhu pemadatan dan perendaman air laut berulang, penelitian ini menggunakan metode uji coba yang ingin mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pengaruh suhu pemadatan dan perendaman air laut berulang pada pengujian beton aspal dengan variasi suhu pemadatan 100°, 120°, 140°, dan 170°, hasil Penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur pemadatan dan perendaman air laut secara berulang akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal dan hasil pengujian Marshall.

Kata kunci: Perendaman Air Laut, Suhu Pemadatan, Aspal Minyak, AC-WC

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGAJUAN TUTUP	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN DUPLIKASI TUGAS AKHIR ...iv	
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. LATAR BELAKANG	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-4
1.3.1.tujuan penelitian	I-4
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-5
1.5. Sistematika Penulisan.....	I-5

1.5.1. Bab I Pendahuluan	I-5
1.5.2. Bab II Tujuan Pustaka	I-6
1.5.3. Bab III Metode Penelitian	I-6
1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan	I-6
1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran	I-6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Aspal	II-12
2.1.1. Suhu dan Viskositas Aspal	II-10
2.1.2. Sifat Sifat Aspal	II-12
2.1.3. Sifat Kimiawi Aspal	II-13
2.1.3.1. Asphalten.....	II-14
2.1.3.2. Malten.....	II-14
2.1.4. Tes Standar Bahan Aspal.....	II-15
2.1.5. Fungsi Aspal.....	II-18
2.2. Campuran aspal Panas.....	II-20
2.3. Aspal Minyak	II-22
2.3.1. Aspal Dingin/Cair.....	II-19
2.4. Aspal Beton (beton)	II-23
2.4.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-25
2.5. Agregat.....	II-27

2.5.1. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya.....	II-31
2.5.2 Sifat Sifat Fisik Agregat.....	II-33
2.5.3 Gradasi.....	II-37
2.6. Bahan Pengisi Filler.....	II-40
2.7. Marshall Test	II-40
2.7.1.Flow	II-41
2.7.2. Stabilitas.....	II-41
2.7.3.VIM.....	II-42
2.7.4 VMA	II-46
2.7.5 Marshall Quetiont	II-46
2.7.6 VFB	II-46
2.7.7 VFA	II-46
2.8. Air Laut	II-48

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian	III-1
3.2 Bagan Alir Penelitian	III-2
3.3 Bahan Penelitian.....	III-4
3.4 Bahan Penelitian.....	III-4
3.4.1 Lokasi Penelitian.....	III-5
3.4.2 Waktu Pelaksana.....	III-5

3.4.3	Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel.....	III-5
3.5	Pengujian Bahan	III-13
3.5.1.	Pengujian Agregat Kasar	III-13
3.5.2.	Pengujian Agregat Halus	III-14
3.5.3.	Pengujian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	III-14
3.5.4.	Pengujian aspal.....	III-15
3.6.	Pemeriksaan Aspal	III-8
3.6.1	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-8
3.6.2	Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-8
3.6.3	Perhitungan Kadar Aspal Optimum (KAO)/Pb.....	III-9
3.7.	Pembuatan Briket/Benda Uji Variasi Temperatur Pematatan	III-10
3.8.	Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall (KAO).....	III-11
3.9.	Pengetesan Benda Uji Dengan Variasi temperatur pematatan Dengan Alat Marshall.....	III-12

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.	Analisis Rencana Campuran.....	IV-4

4.2.	Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.	IV-7
4.2.1.	Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)	IV-7
4.2.2.	Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran	IV-8
4.2.3.	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV-9
4.3.	Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-10
4.4.	Pembuatan Benda Uji dengan variasi suhu pemadatan pada Perendaman Berulang	IV-15
4.4.1.	Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan variasi suhu pemadatan	IV-15
4.4.2.	Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	IV-16
4.4.3.	Analisis Hasil Pengujian Dengan suhu pemadatan 100° Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.	IV-18
4.4.4.	Analisis Hasil Pengujian Dengan suhu pemadatan 120° Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.	IV-27
4.4.5.	Analisis Hasil Pengujian Dengan suhu pemadatan 140° Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.	IV-35
4.4.6.	Analisis Hasil Pengujian Dengan suhu pemadatan 170° Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.	IV-41
4.5.	Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS	IV-48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan V-1

5.2 Saran V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



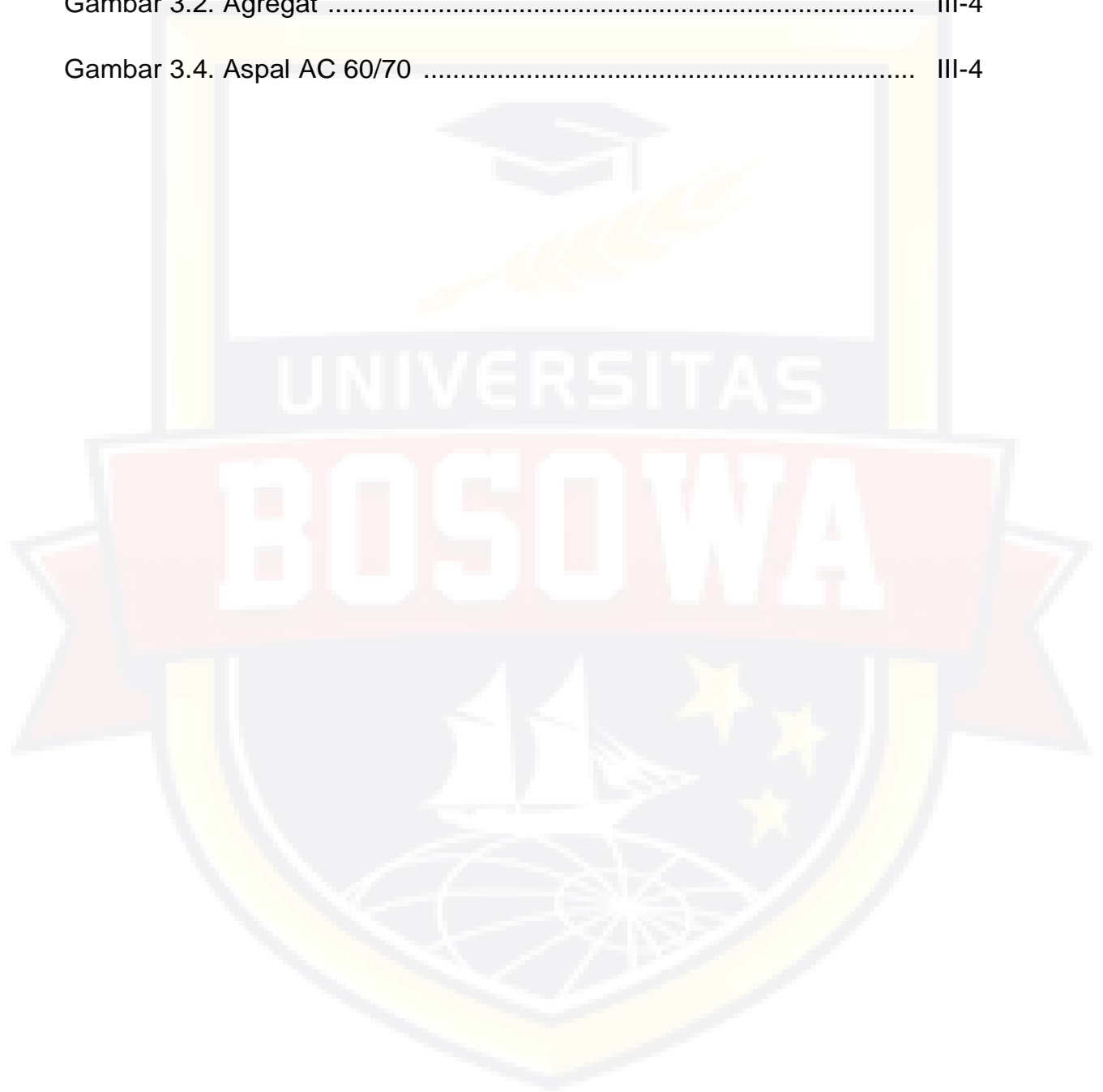
DAFTAR TABEL

➤ Tabel 2.1 Perbedaan anatara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	II-4
➤ Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur	II-4
➤ Tabel 2.3 Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal	II-12
➤ Tabel 2.4 Pengujian Aspal Keras.....	II-18
➤ Tabel 2.5 Ketentuan Sifat Sifat Campuran Aspal Panas	II-24
➤ Tabel 2.6 Ketentuan Agregat Kasar.....	II-29
➤ Tabel 2.7. Ketentuan Agregat Halus	II-30
➤ Tabel 2.8 Gradaso Agregat Untuk Campuran Aspal	II-39
➤ Tabel 3.1. Tabel Benda Uji	III-9
➤ Tabel 4.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat.....	IV-1
➤ Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1).....	IV-2
➤ Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-3
➤ Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	IV-4
➤ Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC	IV-6
➤ Tabel 4.6. Komposisi campuran AC-WC	IV-8
➤ Tabel 4.7. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC Standar.....	IV-8
➤ Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat....	IV-9
➤ Tabel 4.9 Hasil Marshall tes KAO	IV-10
➤ Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan variasi suhu pemadatan 100,120,140,170.....	IV-16

- Tabel 4.11. Hasil Uji Marshall Sisa KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C..... IV-16
- Tabel 4.12. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan 100° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-26
- Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan 120° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-26
- Tabel 4.14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan 140° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-27
- Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan 170° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C..... IV-27
- Tabel 4.16 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC IV-58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyerapan agregat aspal oleh agregat.....	II-36
Gambar 3.1. Bagan alir penelitian	III-2
Gambar 3.2. Agregat	III-4
Gambar 3.4. Aspal AC 60/70	III-4



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_2O	= Potassium Oxide (potasium oksida)
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
MQ	= Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium Oxide (magnesium oksida)
MC	= Medium Curingcut back
Na_2O	= 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

Air merupakan salah satu penyebab kerusakan pada perkerasan. Tingkat derajat Keasaman pada air laut lebih tinggi dibanding air tawar, dapat mempengaruhi ikatan antara aspal dan agregat yang mempercepat terjadinya oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada lapisan permukaan jalan. Kondisi ini dapat diperparah, apabila jalan terendam dalam waktu lebih dari 24 jam dan terbebani oleh beban kendaraan yang melebihi batas yang telah ditentukan. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal.

Laut merupakan wilayah yang paling luas di permukaan dunia, dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia, air laut memiliki sifat asam yang sangat agresif. Dalam dunia konstruksi perkerasan jalan, sifat agresifitas lingkungan pesisir pantai juga memberi pengaruh yang buruk terhadap konstruksi perkerasan dimana faktor penyebab dari kerusakan jalan khususnya pada jalan yang berada pada daerah pantai selain dari adanya masalah teknis dalam perencanaan maupun pelaksanaan juga akibat adanya pengaruh limpasan atau air pasang dari air laut.

Limpasan atau air pasang air laut menyebabkan dasar perkerasan jalan mengalami jenuh sempurna atau sebagian. Air yang meresap masuk ke dalam perkerasan jalan dapat mengakibatkan retakan pada struktur

perkerasan jalan adapun faktor lain yang menyebabkan kerusakan jalan yaitu pada proses pemadatan campuran aspal yang dilakukan dilapangan tidak pada temperature yang tepat karena kemungkinan terjadi perubahan suhu terhadap suatu daerah yang relatif dingin atau panas. Hal ini diakibatkan karena lemahnya daya dukung tanah dasar akibat fluktuasi kadar air tanah di lokasi tersebut. Lemahnya daya dukung tanah ini terjadi akibat pengembangan volume tanah pada tanah dasar perkerasan. air laut merupakan larutan yang juga memiliki kandungan zat bersifat asam dan dapat menyebabkan kerusakan dari apa yang dilaluinya, maka dari itu apabila air laut pasang atau terjadi limpasan sehingga menggenangi badan jalan aspal hal itu dapat mempengaruhi stabilitas, kelelahan(flow), durabilitas dan uji marshall pada aspal.

Keawetan suatu campuran berhubungan dengan kemampuannya untuk menahan kerusakan akibat pengaruh air dan suhu. Kehilangan keawetan adalah merupakan faktor utama dalam kegagalan suatu perkerasan. Maka sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh yang terjadi akibat kejadian alam tersebut terhadap perkerasan jalan. Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang terjadi terhadap karakteristik aspal AC-WC melalui Marshall test yang di rendam oleh jenis zat cair yaitu air laut dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Di beberapa wilayah Indonesia, banyak jalan yang berhubungan dengan daerah pantai yang seringkali digenangi oleh air laut pada suhu lingkungan dalam waktu yang lama.

Banyak hal yang menyebabkan kerusakan konstruksi jalan, musuh utama jalan dengan perkerasan aspal yaitu air. Dari hal tersebut dapat dikatakan bahwa air laut menyebabkan kerusakan atau mengurangi keawetan konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

kenaikan gelombang pantai dan abrasi tersebut disebabkan oleh perubahan iklim secara global, sehingga dapat menyebabkan terjadi banjir rob yang mengenai ruas jalan raya pada daerah pesisir. Genangan air laut berdampak pada kerusakan jalan raya, hal ini karena air laut (rob) memiliki kandungan tingkat keasaman, klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan tingkat alkalinitas yang tinggi yang dapat melemahkan kemampuan lekatan aspal

Salah satu bahan penyusun dari sebuah perkerasan jalan yang mempunyai fungsi sebagai bahan pengikat yaitu aspal. Aspal adalah material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen yang diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi berfungsi sebagai pengikat agregat dalam pembuatan jalan. Aspal beton adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir atau filler sebagai mortar.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas perlu dilakukan penelitian dengan uji laboratorium tentang pengaruh variasi temperatur pematangan terhadap uji Marshall pada campuran aspal dengan perendaman air laut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perendaman air laut terhadap uji Marshall?
2. Berapakah nilai yang layak digunakan pada variasi suhu pemadatan terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal beton?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. untuk menganalisis pengaruh perendaman air laut terhadap uji Marshall.
2. Untuk mengetahui nilai yang layak digunakan pada variasi suhu pemadatan terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal beton.

1.3.2. Manfaat dari penulisan ini adalah untuk menambah wawasan pembaca mengenai pengaruh variasi pemadatan uji Marshall pada campuran aspal dengan perendaman air laut.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah :

1. Membahas pengujian agregat
2. Membahas aspal pen 60/70
3. Membahas dampak perendaman air laut pada aspal.
4. Membahas uji Marshall terhadap aspal.

1.4.2. Batasan Masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston (AC-WC) *Asphalt Concrete-Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70
3. Air laut yang digunakan di ambil dari Dermaga Kayu Bangkoa Makassar
4. Permasalahan yang diamati adalah variasi temperatur pemadatan terhadap uji Marshall dengan perendaman air laut.
5. Waktu perendaman dengan air laut dilakukan 4 hari, 6 hari dan 8 hari.
6. Material yang digunakan di ambil dari Bili-Bili, Kab. Gowa - Sulawesi Selatan

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut

1.5.1. Bab I Pendahuluan

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

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

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

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

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

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

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

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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.

2.1.1. 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 lebih panas atau menjadi lebih dingin biasanya diikuti dengan perubahan bentuk atau wujudnya.

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, 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 dan yang lainnya dengan cara yang berbeda-beda, cara berinteraksi antar molekul ini mempengaruhi tidak saja sifat kimia aspal tetapi juga fisik dari aspal tersebut. Perubahan molekul-molekul yang terdapat dalam aspal juga akan mempengaruhi sifat fisik aspal.

Tabel 2.3 ketentuan Viskositas dan Temperatur aspal

NO	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas aspal (Pa.s)	Perkiraan temperature aspal
			Tipe 1
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,17±0,02	155±1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,28±0,03	145±1
3	Pencampuran, rentang temperature sasaran	0,2-0,5	145-155
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	±0,5	135-150
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

2.1.2. 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.

2.1.3. 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:

2.1.3.1. Asphalten

Asphalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Asphalten berwarna coklat sampai hitam yang terdiri dari senyawa karbon dan hydrogen dengan perbandingan 1 : 1, dan kadang-kadang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Molekul asphalten ini memiliki ukuran antara 5 – 30 nano meter. Besar kecilnya kandungan asphalten dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologi aspal tersebut.

2.1.3.2. Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain asphalten. 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 asphalten yang paling dominan

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

c) Saturated

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

2.1.4. 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 lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

c. Titik Nyala

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

d. Daktilitas

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

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

e. 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 di atas 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.

f. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Maksud dari pemeriksaan ini untuk mencegah pasokan bahan aspal yang terlalu banyak mengandung

minyak-minyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163°C selama 5 jam sebagai simulasi) terlalu banyak yang menguap sehingga aspal akan kering dan sulit dikerjakan (kental dan getas). berikut Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal.

Tabel 2.4 Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 06-2456- 2011	60-70
2	Viskositas kinematis 135° C (Cst)	ASTM D2170-10	≥300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48C
4	Penetrasi pada (% semula)	SNI 2456-2011	≥54
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 06-2432-2011	≥50
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	≥232
7	Kelarutan dalam tricholoroethylene (%)	AASTHO 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	<0.80
12	Indeks Penetrasi 4	-	>-1.0
13	Kadar parafin lilin %	SNI 03-3639-2002	≥2

Sumber : Spesifikasi Umum 2018

2.1.5. Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

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

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

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

Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada keadaan ini aspal akan meresap ke dalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya.

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

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah

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

2.2. Campuran aspal panas

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

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145⁰C-155⁰C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua

material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *Hotmix*.

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

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

rapat / menerus, umumnya digunakan untuk jalan- jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat

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

2.3. Aspal Minyak

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

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

2.3.1. Aspal Dingin/Cair (Cut Back Asphalt)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan-bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan

pencairnya dan kemudahan bahan pelarutnya aspal cair dapat di bedakan atas :

a) RC (*Rapid Curing cat back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium, RC merupakan cut back aspal yang paling mudah menguap.

b) MC (*Medium Curingcut back*)

Merupakan aspal yang di larutkan dengan bahan pencair minyak tanah.

c) SC (*slow Curing cat back*)

Merupakan aspal semen yan dilarutkan dengan bahan yang kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan aspal yang paling lama menguap.

2.4. Aspal beton (Laston)

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

Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki koposisi 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.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Lapis aspal beton (Laston)		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Max	1,2		
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	Max	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Max	4		6
Marshall Quotien (kg/mm)	Max	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah	Min	90		
Perendaman selama 24 jam, 60° C				

Sifat-Sifat Campuran		Lapis aspal beton (Laston)		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan (refusal)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga 2018 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (1c)]

2.4.1. Karakteristik campuran aspal beton

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

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 repitisi 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 repitisi 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/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

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

2.5. Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat. Agregat mempunyai peranan yang sangat

penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dapat memenuhi syarat, akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Sedangkan menurut American Society for Testing and Materials (ASTM) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat adalah bahan yang berbutir yang mempunyai komposisi mineral seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau komposisi mineral-minerallainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahannya yang merupakan bahan utama untuk konstruksi jalan.

Salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah sifat agregat. Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik dari material. Dalam hal ini yang perlu untuk dilakukan pemeriksaan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk

butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal

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

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran terkecil tertahan diatas saringan no 4 (4,75) menurut ASTM, lebih besar dari 2 mm menurut AASTHO. agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran (*particle shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi.

Tabel 2.6 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 33407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%

Pengujian		Standar	Nilai
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min. 95%
Partikel pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.2

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan diatas saringan No.200 (0,74 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekasaran permukaan butiran).

Tabel 2.7 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan lempung dan butir butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Kadar lempung	SNI 3423:2008	Maks 1%

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

c. Ukuran Agregat

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

d. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari ukuran partikelnya dan dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya. Gradasi ditentukan 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

dinyatakan dalam persen berat agregat. Untuk keperluan penelitian ini, maka dipilih kombinasi agregat yang sesuai dengan dibawah. Gradasi agregat dalam diambil dari spesifikasi agregat campuran dari 3 fraksi agregat.

2.5.1. Klasifikasi agregat berdasarkan asalnya

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

a. Agregat Alam

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

b. Agregat yang Diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk

megurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel.

Penyaringan yang di lakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

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

2.5.2. 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.

a. Ukuran Butir

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

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

b. Kebersihan Agregat

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

c. Kekerasan

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

d. Bentuk butir agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (rounded) dan bersudut (angular). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas

campuran perkerasan pada saat penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan untuk kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

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

e. Tekstur permukaan agregat

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

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

f. Daya serap agregat

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

Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material seperti batu apung yang memiliki keporusan tinggi yang digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi.

g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrofobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan

dolomit. Sebaliknya, agregat hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik.

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

2.5.3. Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau

persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

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

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

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

b. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

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

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

Tabel 2.8 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat				
		HRS		AC		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90-100
¾"	19	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	75-85	65-90	75-90	66-82	52-71
No.4	4,75			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18			21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300			9-22	7-20	6-15
No.100	0,150			6-15	5-13	4-10
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

2.6. Bahan Pengisi (*Filler*)

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

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

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

2.7. Marshall test

Rancangan campuran berdasarkan Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar Metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 *lbs*) dan *flow* meter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow* meter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall

berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,2 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a) Jumlah benda uji yang disiapkan.
- b) Persiapan agregat dan serat *Polypropylene* yang akan digunakan.
- c) Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
- d) Persiapan campuran aspal beton.
- e) Pemadatan benda uji.
- f) Persiapan untuk pengujian Marshall.

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 :

2.7.1. Flow/Kelelahan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai *flow* juga diperoleh dari

hasil pembacaan pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*.

2.7.2. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

2.7.3. Rongga di dalam Campuran (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal, dinyatakan dalam % volume.

2.7.4. (Rongga didalam Agregat (VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume.

Nilai VMA dihitung dengan rumus di bawah ini :

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

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

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

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

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

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.7.5. *Marshall Quotient* adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai kelelahan (*flow*), dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm.

(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)

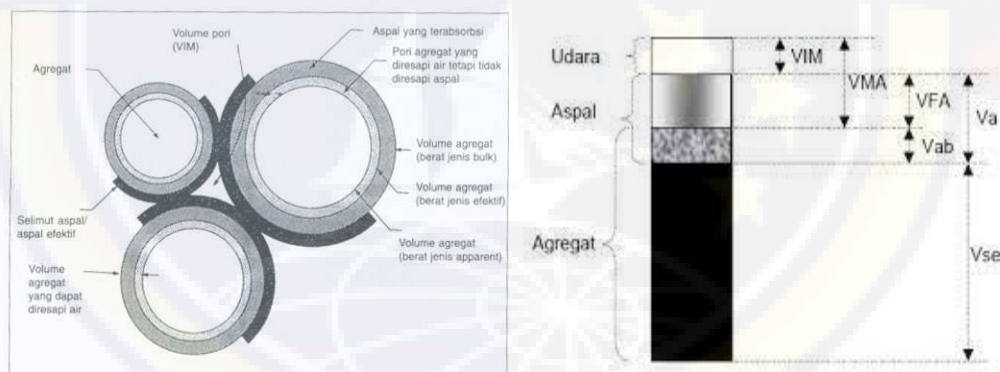
Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai- nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan

oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

2.7.6. VFB (Rongga terisi aspal) adalah bagian dari volume rongga di dalam agregat (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % VMA.

2.7.7. Void Filled With Asphalt (VFA). VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energy pematat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat.

Gambar 2.4 : Penyerapan agregat aspal oleh agregat



2.8. 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 di permukaan bumi, 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.

kandungan 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 :

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.
1. Air laut yang digunakan sebagai air rendaman benda uji marshall diambil dari dermaga Kayu Bangkoa Mak
 2. assar .

Setelah mengambil sampel agregat maka dilakukan pengujian agregat dan aspal kembali untuk diperiksa sesuai standar Kementerian PU DIRJEN Bina Marga 2018. Setelah pemeriksaan agregat dan aspal maka tahap selanjutnya membuat komposisi material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji Marshall, diikuti dengan pengujian Marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum sebagai acuan penggunaan kadar aspal pada pembuatan benda uji selanjutnya.

3. Peneliti menggunakan air laut sebagai air rendaman dalam pengujian rendaman yang diambil dermaga Kayu Bangkoa Makassar.

Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal terbaik maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis, benda uji tersebut akan digunakan untuk proses pengujian Marshall setelah perendaman benda uji dalam air laut yang mempunyai variasi suhu pemadatan, dan durasi perendaman.

BAB III

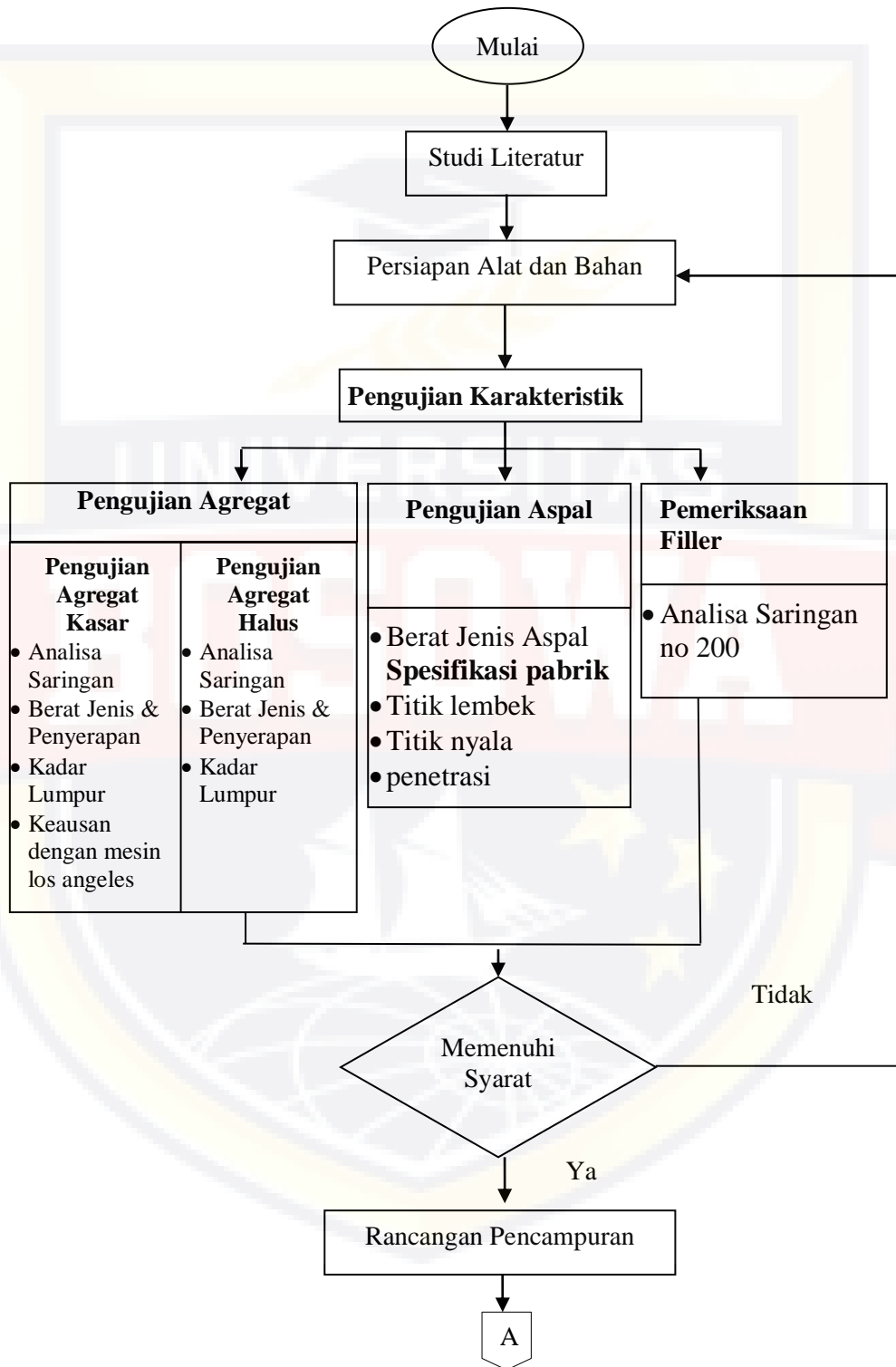
METODE PENELITIAN

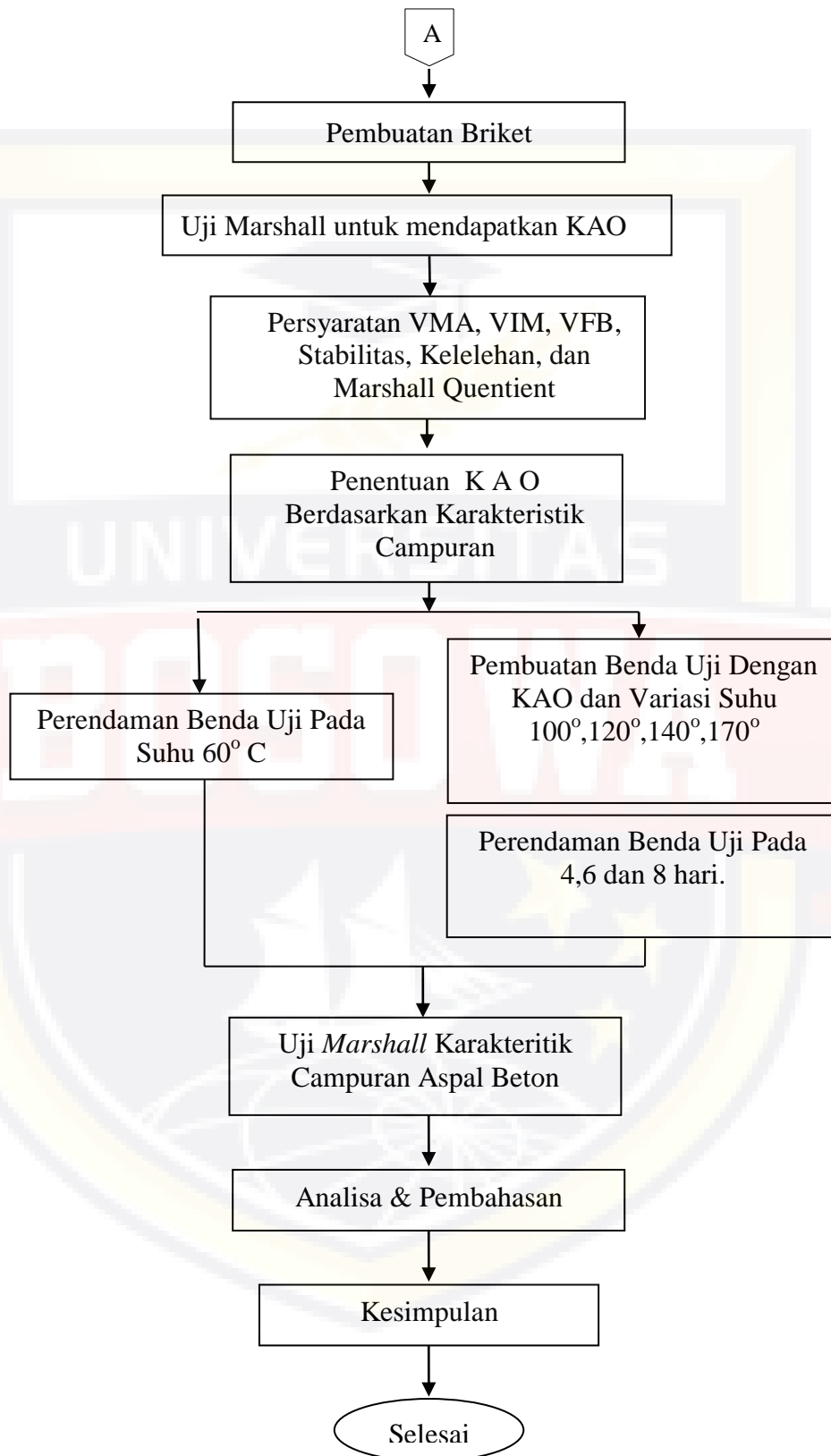
3.1 Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Teknik 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 filler menggunakan metode kering yaitu agregat dan filler dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI 2018) dan AASHTO yang telah disahkan.

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian kadar lumpur dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga pengujian pembakaran, penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta Menggunakan variasi perendaman dan air laut dan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah Metode Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*)

3.2 Diagram Flowchart





3.3. 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



Gambar 3.2. Agregat

2. Aspal

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



Gambar 3.4. Aspal AC 60/70

3.4. Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari di Bili-Bili, Kab. Gowa - Sulawesi Selatan dan air laut diambil dari Dermaga Kayu Bangkoa Makassar.

3.4.1 Lokasi Penelitian

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

3.4.2 Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2021

3.4.3 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).

3.5 Pengujian Bahan

3.5.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan

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

b. Prosedur kerja :

1. Masing-masing benda uji dibagi dengan menggunakan alat Splitter sampai mendapat pembagian sesuai kebutuhan.
2. Kemudian saringan disusun sesuai spesifikasi.

3. Lalu masing-masing benda uji tersebut baik Batu Pecah 1-2, Batu Pecah 0,5-1, Abu Batu maupun semen dimasukkan kedalam saringan, lalu dilakukan penyaringan sampai tidak ada lagi yang lolos pada tiap-tiap saringan.
4. Setelah itu saringan diangkat dan dibuka lalu ditimbang berat masing-masing agregat yang tertahan pada saringan tersebut.

c. Rumus :

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

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

3.5.2. Pemeriksaan Berat Jenis

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. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama ± 24 jam.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan keringkan dengan dilap agar air pada permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab (Kondisi SSD).
3. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan kering permukaan jenuh (Bj).

4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (B_a).
5. Keluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian keringkan dalam oven selama ± 24 jam.
6. Keluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan dalam suhu ruangan hingga dingin kemudian timbang, sehingga didapat berat benda uji kering (B_k).

c. Rumus :

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

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

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

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

3.5.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

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

b. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama 24 jam.
2. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talang, keringkan diudara panas dengan

cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpacung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpacung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling kedalam piknometer kira-kira $\frac{3}{4}$ bagian, putar sambil guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dipergunakan pompa hampa udara.
5. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
6. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt)
7. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu 110°C , kemudian dinginkan benda uji lalu timbang (Bk).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukuran suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

c. Rumus :

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

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

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

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

keterangan :

Bk = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

Bt = Berat picnometer + air + benda uji

3.5.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

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

b. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji (kerikil).
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.
5. Analisa data.

c. Perhitungan

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

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

b. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji (kerikil dan pasir).
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.
5. Analisa data.

c. Perhitungan

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.6. Pemeriksaan 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.

a. Prosedur Kerja :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles.
 2. Ambil agregat kasar sebanyak 5000 gr, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
 3. Cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
 4. Setelah dingin masukkan benda uji kedalam mesin Los Angeles dan 6 buah bola baja.
 5. Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30 – 33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
 6. Setelah selesai keluarkan agregat dari mesin los angeles dan saring dengan menggunakan saringan 2,36 mm.
 7. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan saringan 2,36 mm tersebut.
 8. Lakukan pengolahan data.
- b. Rumus :

$$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$$

Keterangan :

w1 = Berat benda uji semula

w2 = Berat benda uji tertahan saringan no. 12

3.6. Pemeriksaan Aspal

3.6.1. 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. Prosedur Kerja :

1. Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut dalam bak perendam yang telah berada pada suhu 25°C.
2. Letakkan pemberat 100 gram diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar (110 ± 0.1) gram, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.
3. Pindahkan tempat air dari bak perendam tepat dibawah alat penetrasi.
4. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpik dengannya.
5. Lepaskan pemegang jarum.
6. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
7. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.

8. Lakukan pekerjaan 1 sampai dengan 6 diatas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.

3.6.2. Pemeriksaan Titik Nyala

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dari semua jenis hasil aspal minyak bumi. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan aspal.

b. Prosedur Kerja :

1. Letakkan cawan diatas plat pemanas dan atur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
2. Letakkan pembakar dititik tengah cawan
3. Letakkan thermometer tegak lurus diatas benda uji dengan jarak 6.4 mm diatas cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala burner. Kemudian aturlah sehingga poros thermometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.
4. Nyalakan Bunsen dan atur pemanas sehingga kenaikan suhu temperatur 15°C permenit sampai suhu 56°C dibawah titik nyala perkiraan.
5. Aturlah kecepatan pemanasan $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$.

6. Putar bagian nyala Bunsen melalui permukaan cawan (dari ketepi cawan) dalam waktu 1 detik. Ulangi pekerjaan diatas tiap kenaikan temperatur 2°C.
7. Ulangi prosedur 5-6 sampai terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik nyala yang terjadi.
8. Lanjutkan prosedur 7 sampai terlihat nyala agak lama kurang lebih 3 detik diatas permukaan benda uji.

3.6.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa temperatur pada saat dimana aspal menjadi lunak atau lembek.

b. Prosedur Kerja :

1. Pasang dan atur benda uji diatas kedua kedudukannya dan letakkan pengarah bola keatasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut kedalam bejana gelas. Isi bejana dengan air suling dengan suhu 5°C dan tinggi permukaanair berkisar antara 101.6 – 108 mm, letakkan thermometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji. Atur jarak antara permukaan pelat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25.4 mm.
2. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C/menit.
3. Catat suhu dan waktu pada saat bola menyentuh pelat dasar.

3.6.4. Penentuan Jumlah Benda Uji

Dalam perhitungan dibawah ini, kadar aspal yang digunakan di-tabel 3.1 hanya merupakan sampel dan digunakan untuk menghitung jumlah aspal.

Tabel 3. 1 Contoh Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian							
1.	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)					Jumlah	
	Variasi Kadar Aspal (%)			Jumlah Benda Uji			
	AC-WC			AC-WC			
	5	3		3	3		
	5.5	3		3	3		
	6	3		3	3		
	6.5	3		3	3		
	7	3		3	3		
Total Benda Uji					15		
2.	Pengujian Kadar Aspal Optimum						
	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 Temperatur						
	Kadar Aspal (%)	Variasi Suhu	Siklus (hari)		AC-WC	Jumlah	
	KAO	100°	4	6	8	2	6
	KAO	120°	4	6	8	2	6
	KAO	140°	4	6	8	2	6
	KAO	170°	4	6	8	2	6
Total Benda Uji							24

3.6.5. Perhitungan Kadar Aspal Optimum Rencana (KAO) / Pb

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

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

+ K (Konstanta).

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

Filler = Persen agregat lolos saringan No.200

K = Nilai konstanta 0,5-1,0 untuk laston.

CA = Agregat Kasar

FA = Agregat halus

3.6.6. Pembuatan Briket / Benda Uji Variasi Temperatur Pemadatan

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 cara disangrai dengan suhu 160°
5. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata
6. Kemudian tuangkan aspal tersebut kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 100° , 120° , 140° dan 170° C yang dimasukkan kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.7. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall (KAO)

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

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

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

marshall.

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

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

3.8. Pengetesan Benda Uji Dengan Variasi Temperatur Pematatan 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 dengan 4 hari, 6 hari, dan 8 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 8 hari. Begitu pula dengan perendaman 6 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 12 hari dan perendaman 8 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 16 hari.

Kemudian dikeluarkan benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang lalu kemudian tes dengan alat Marshall.

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



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

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

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

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

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

Tabel 4. 1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	51.43	100.00	100.00	100
3/8"	9,5	11.20	85.82	100.00	100
No.4	4,75	1.56	58.19	90.47	100
No. 8	2,36	1.46	43.77	67.36	100
No. 16	1,18	1.02	27.67	50.34	100
No. 30	0,6	0.99	21.05	34.52	100
NO. 50	0,3	0.92	15.18	25.59	100
No.100	0,14	0.67	11.65	11.97	100
No.200	0,075	0.61	4.85	5.20	95.07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2, dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82			%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.59	-	-
2. SSD		2.65	-	-
3. Semu		2.76	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.41	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.62	-	-
2. SSD		2.69	-	-
3. Semu		2.83	Min 2,5	-
4. Penyerapan		2.73	Max 3	-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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

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. 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-6819-2002	2.78	-	Gram
2. SSD		2.85	-	Gram
3. Semu		3.01	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.75	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. 4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

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

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (*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 :

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

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

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

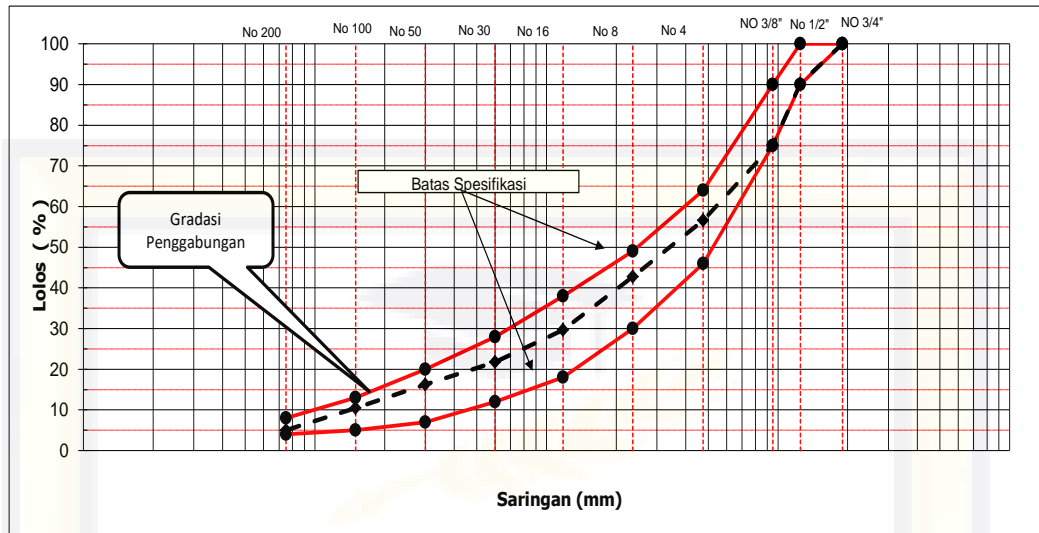
$$= 100\%$$

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

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Sari	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC		Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	
					Ngan		
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00	100	
1/2"	51.43	100.00	100.0	100	90.29	90-100	
3/8"	11.20	85.82	100.0	100	75.15	75-90	
#4	1.56	58.82	90.47	100	56.64	53-69	
#8	1.46	43.77	67.36	100	42.71	33-53	
#16	1.02	27.67	50.34	100	29.64	21-40	
#30	0.99	21.05	34.52	100	21.73	14-30	
#50	0.92	15.18	25.59	100	16.19	9-22	
#100	0.67	11.65	11.97	100	10.43	6-15	
#200	0.61	4.85	5.20	95.07	5.003	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)					5.61		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Asphalt Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Asphalt Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar asphalt untuk campuran asphalt panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (57,29) + 0.045 (37,71) + 0.18 (5,00) + 0,75 \\
 &= 5,35 \% - 6,0 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = #3/4" - #8	Agregat Halus = #8 - #200
= 100 - 42,71	= 42,71 - 5,003
= 57,29	= 37,71
Filler = #200	
= 5,003	

Kadar asphalt yang didapatkan adalah 6,0%, dengan mengambil dua kadar asphalt dibawah dan dua kadar asphalt 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 4.6. 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 4.7. 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	33.60	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 4.8 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	2,59	2,76	2,68
Batu Pecah 0,5 – 1	2,62	2,83	2,72
Abu batu	2,78	3,01	2,90
Filler		3,17	
Aspal		1,005	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

- a. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,59}\right) + \left(\frac{50\%}{2,62}\right) + \left(\frac{29\%}{2,78}\right)} \\ &= 2,68 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,76}\right) + \left(\frac{50\%}{2,82}\right) + \left(\frac{56\%}{3,01}\right)} \\ &= 2,89 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,68+2,89}{2} = 2,78 \text{ gram}$$

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.

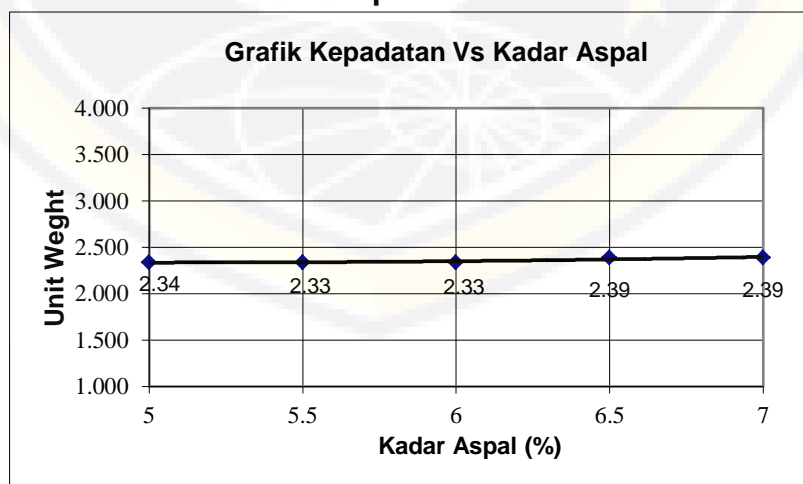
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.9 Hasil Marshall tes KAO

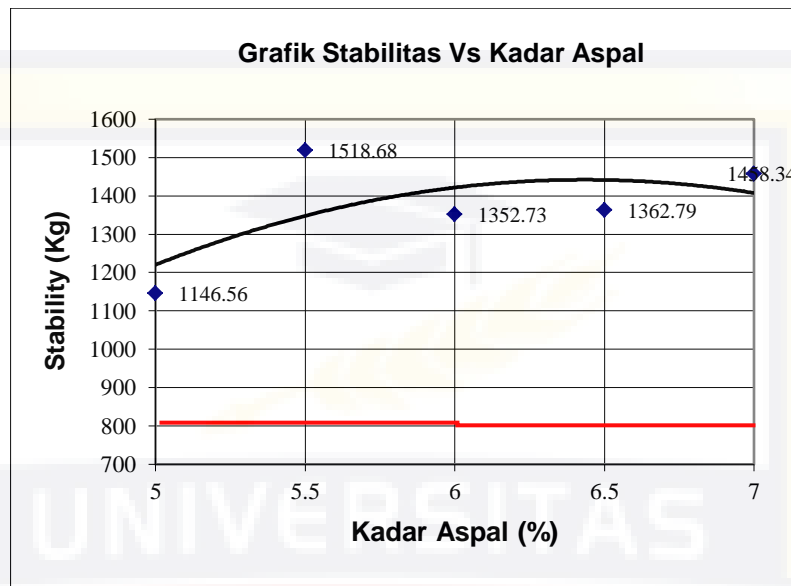
HASIL PENGUJIAN							
kadar aspal	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	Vim (%)	VMA (%)	IQ (Kg/mm)	VFB (%)
5	2.34	1146.56	3.54	8.39	17.34	323.86	51.65
5.5	2.33	1518.68	3.60	7.73	17.85	434.39	57.11
6	2.33	1352.73	3.72	7.03	18.31	376.31	62.82
6.5	2.38	1362.79	3.87	4.24	16.86	353.86	75.05
7	2.39	1458.34	3.99	3.43	17.37	365.83	80.77
	-	Min 800	2-4	3-5	Min 15	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

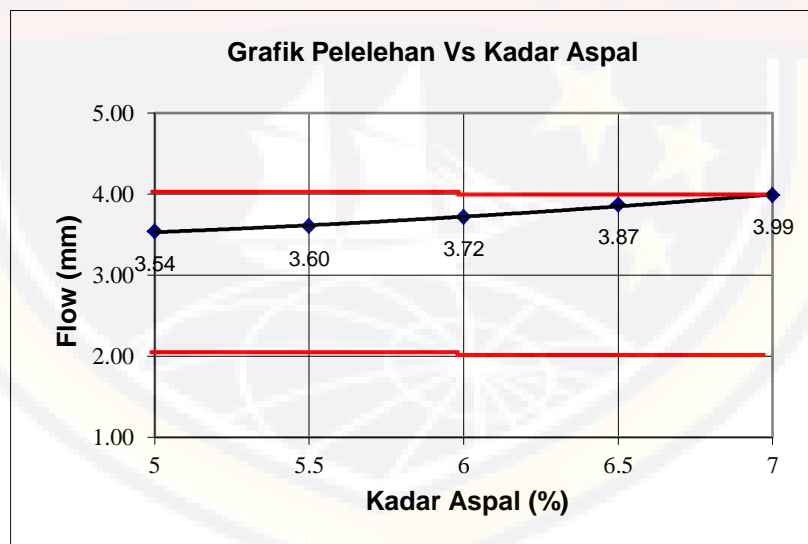


Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO
Stabilitas Minimum 800 (KG)



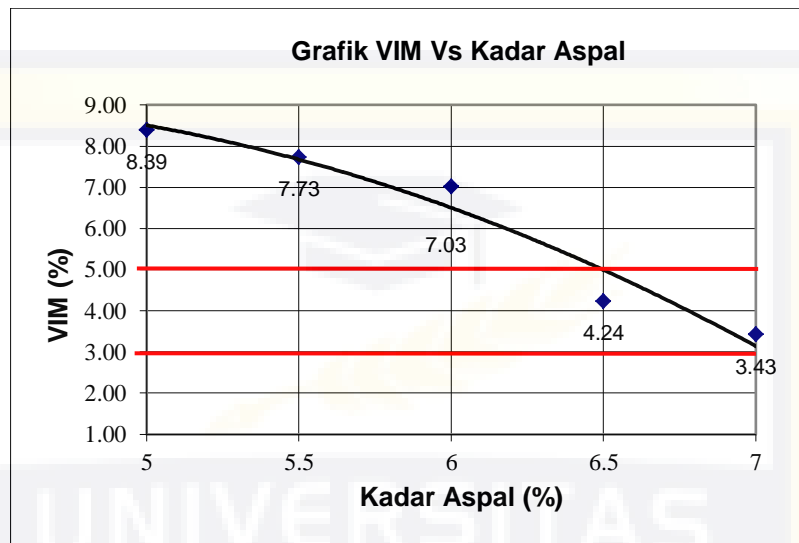
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



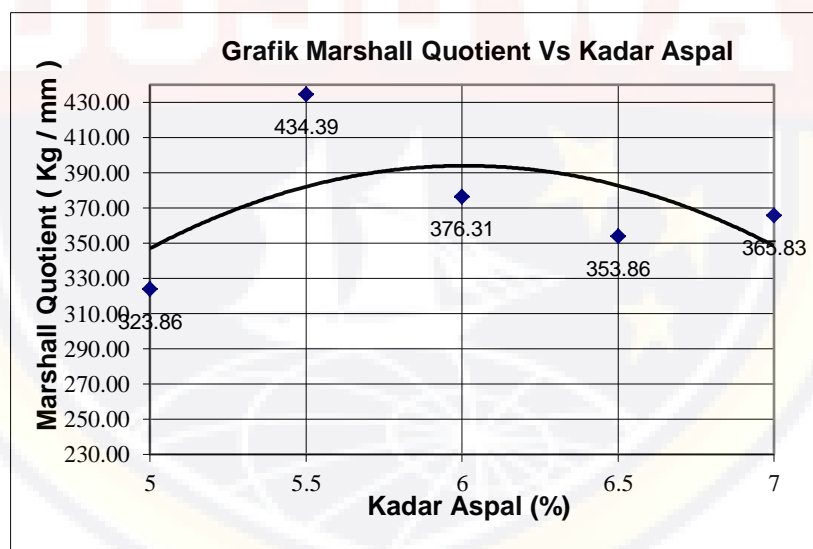
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



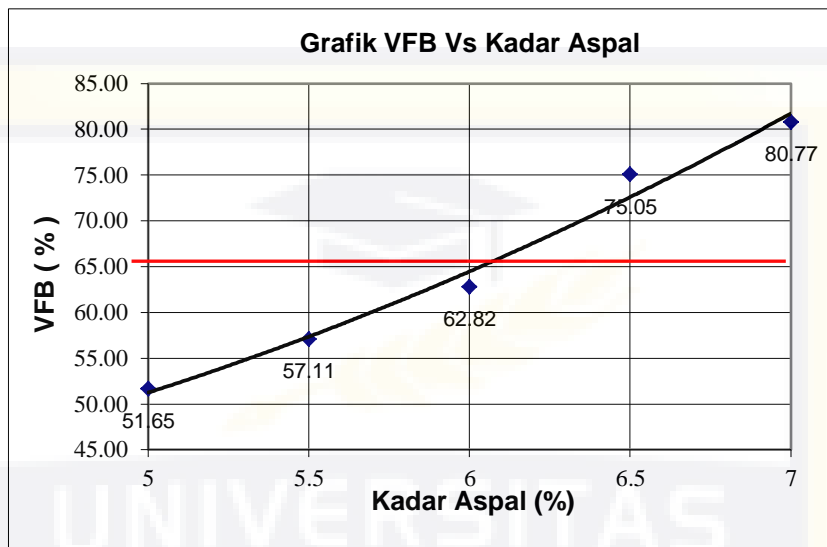
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



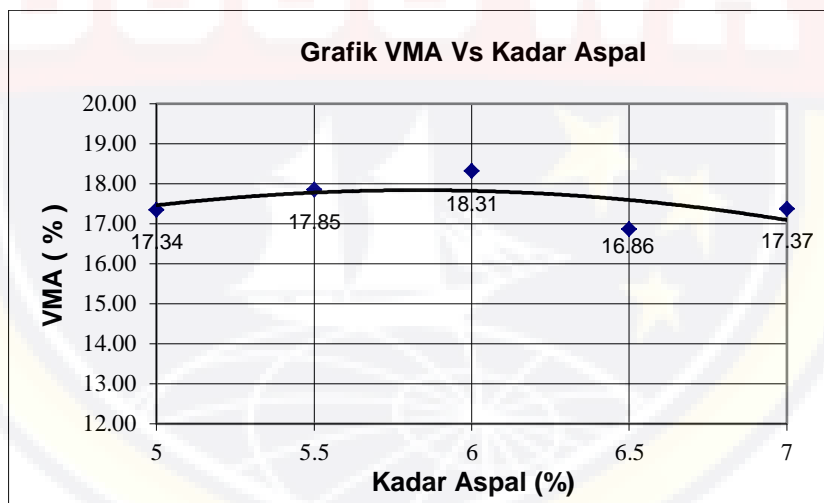
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

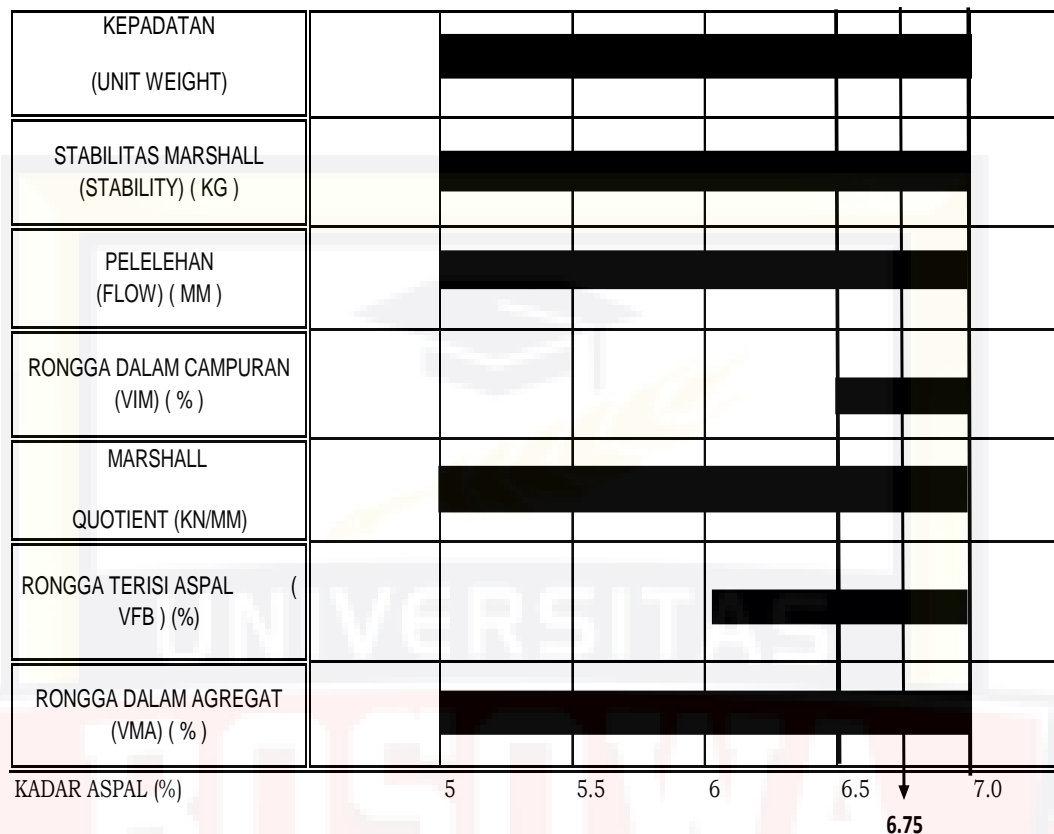


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



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



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6.5\% + 7.0\%}{2} = 6.75 \gg 6,8 \%$$

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

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

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

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 100°, 120°, 140°, dan 170°C pada perendaman berulang, 4 hari, 6

hari dan 8 hari. didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan variasi suhu pemadatan 100,120,140,170

Kadar Aspal	=	6.8	%	100	%	-	6.8	%	=	93.2	
Hasil Combine											
BP 1-2	20	%	X	93.2	%	=	0.186	x	1200	=	223.7
BP 0.5-1	50	%	X	93.2	%	=	0.446	x	1200	=	559.2
Abu Batu	29	%	X	93.2	%	=	0.27	x	1200	=	324.3
Filler semen	1	%	X	93.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.48
Aspal	6.8	%			X				1200	=	81.6
											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 4.11. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6.8%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2.379	2.359	-
2	Stabilitas (Kg)	1582.6	1497.9	Min 800
3	VMA (%)	17.28	18.26	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	551.0	526.9	Min 250
5	Flow (mm)	2.87	2,88	2-4
6	VIM (%)	3.84	4.82	3-5
7	VFB (%)	77.79	73.63	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.12. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan suhu pemadatan 100° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan 100°				Spesifikasi
		KAO 6.8 %				
		Tanpa rendaman	Variasi Perendaman			2018
	4 Hari	6 Hari	8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.364	2.368	2.371	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1486.00	1433.19	1320.05	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.52	3.75	4.05	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.62	4.46	4.33	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.95	17.82	17.71	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	422.98	382.54	325.87	Min 250
7	VFB (%)	73.63	74.36	75.17	75.98	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan suhu pemadatan 120° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan 120°				Spesifikasi
		KAO 6.8 %				
		Tanpa rendaman	Variasi Perendaman			2018
	4 Hari	6 Hari	8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.365	2.374	2.375	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1478.45	1410.56	1312.50	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.60	3.90	4.15	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.59	4.22	4.17	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.93	17.61	17.57	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	416.01	362.94	316.22	Min 250
7	VFB (%)	73.63	75.55	76.08	76.43	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4. 14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan suhu pemadatan 140° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan 140°				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		Tanpa rendaman	Variasi Perendaman			
4 Hari	6 Hari		8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.373	2.377	2.379	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1448.28	1387.94	1282.33	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.74	3.93	4.43	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.27	4.10	4.01	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.66	17.51	17.43	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	390.87	360.93	290.83	Min 250
7	VFB (%)	73.63	75.81	76.72	76.98	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Tabel 4. 15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan suhu pemadatan 170° dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan 170°				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		Tanpa rendaman	Variasi Perendaman			
4 Hari	6 Hari		8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.375	2.381	2.384	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1387.94	1342.68	1252.16	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.93	4.43	4.75	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.18	3.92	3.83	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.58	17.35	17.27	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	357.78	303.42	263.78	Min 250
7	VFB (%)	73.63	76.22	77.51	77.84	Min 65

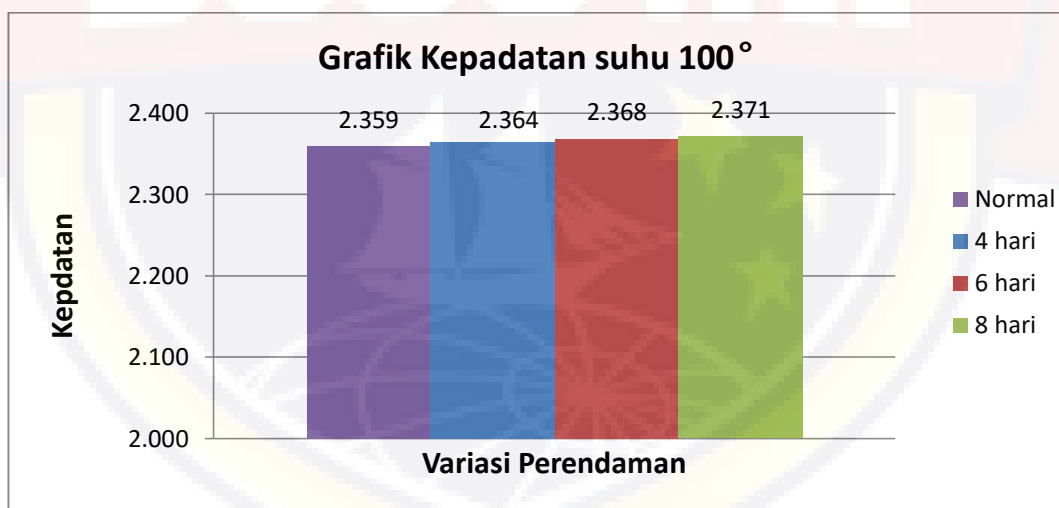
Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Suhu pemadatan 100° 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 100° Celcius, dapat dilihat pada gambar 4.1 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



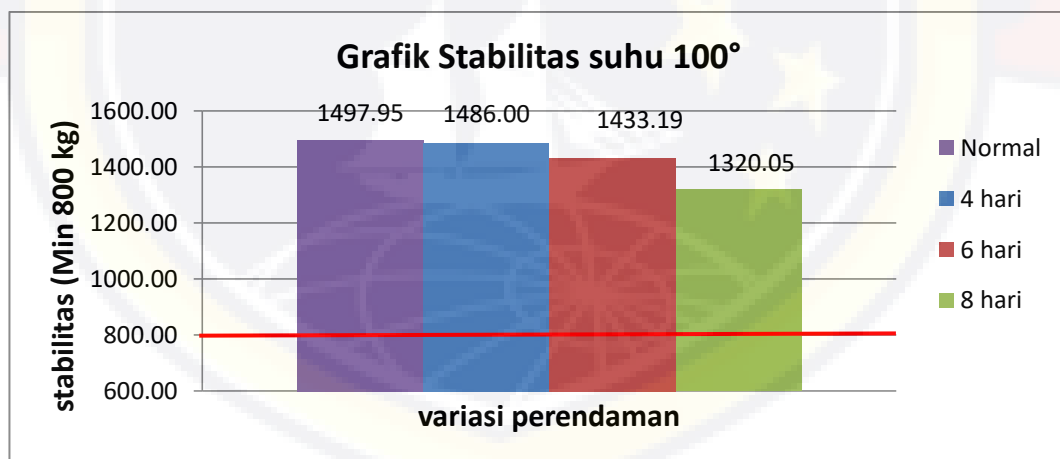
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi Dengan Suhu pemadatan 100° Celcius terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai

Kepadatan (density), pada KAO adalah 2,359, pada hari ke 4 adalah 2,364, pada hari ke 6 adalah 2,368 dan pada hari ke 8 adalah 2,371 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi 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 4.5 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

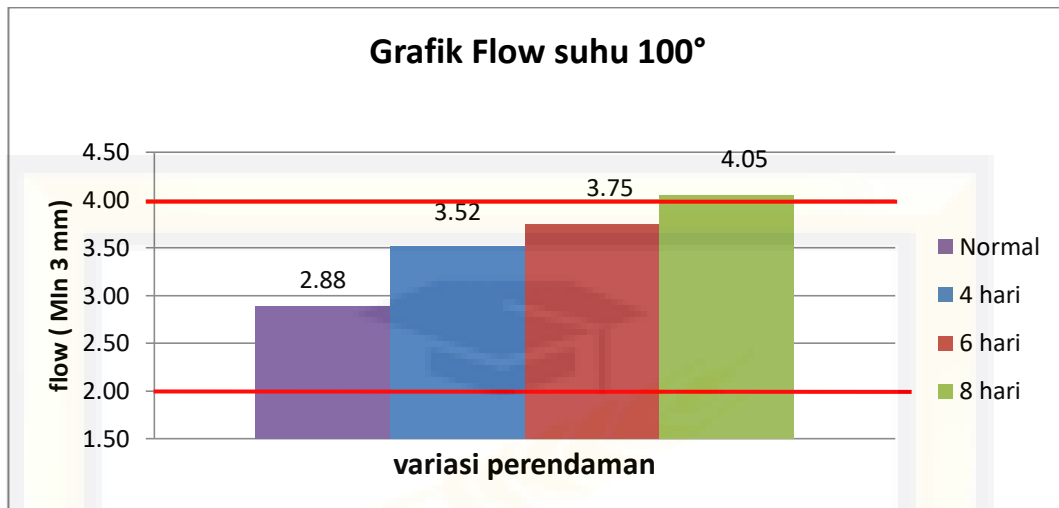
Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang Nilai stabilitas mengalami

mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1497.95 Kg, pada perendaman ke 4 hari adalah 1486.00 Kg, pada perendaman ke 6 hari adalah 1433.19 Kg dan nilai pada perendaman ke 8 hari adalah 1320.05 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 ke dalamnya 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



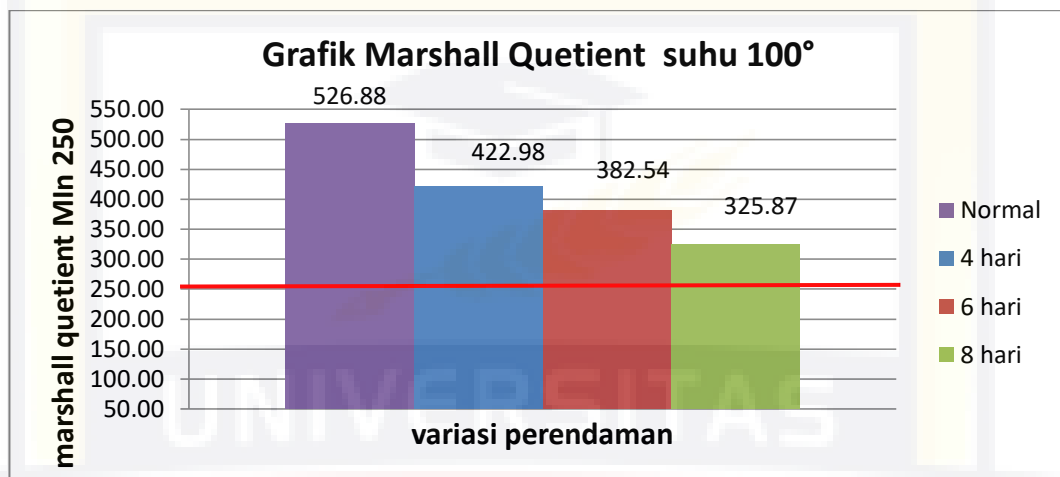
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.3. menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,88 mm, pada perendaman ke 4 hari adalah 3,52 mm, pada perendaman ke 6 hari adalah 3,75 mm dan pada perendaman ke 8 hari adalah 4.05 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 ke dalam 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.



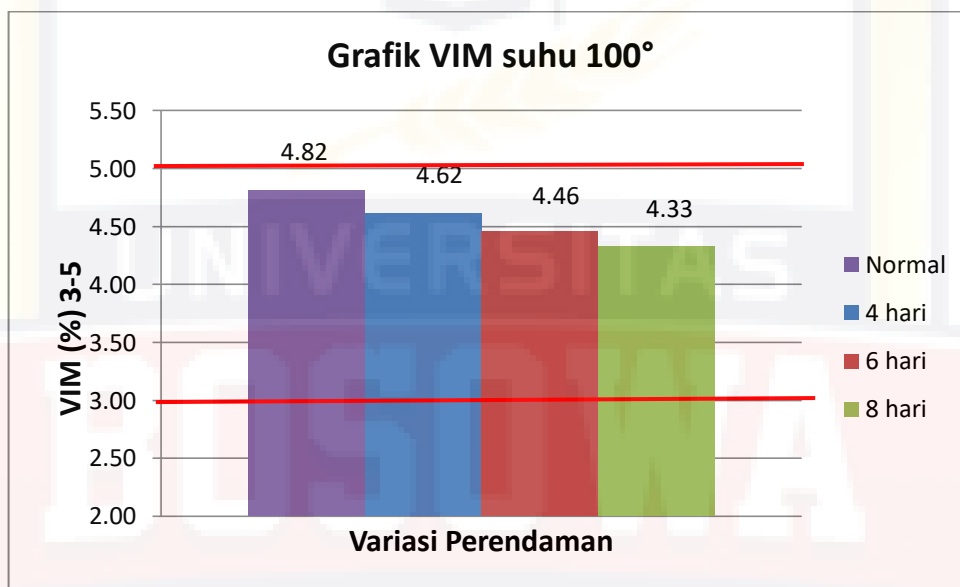
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient pada KAO adalah 526.88 Kg/mm, pada perendaman 4 hari adalah 422.98 Kg/mm, pada peredaman yang ke 6 hari adalah 382.54 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 8 hari adalah 325.87 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 suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.



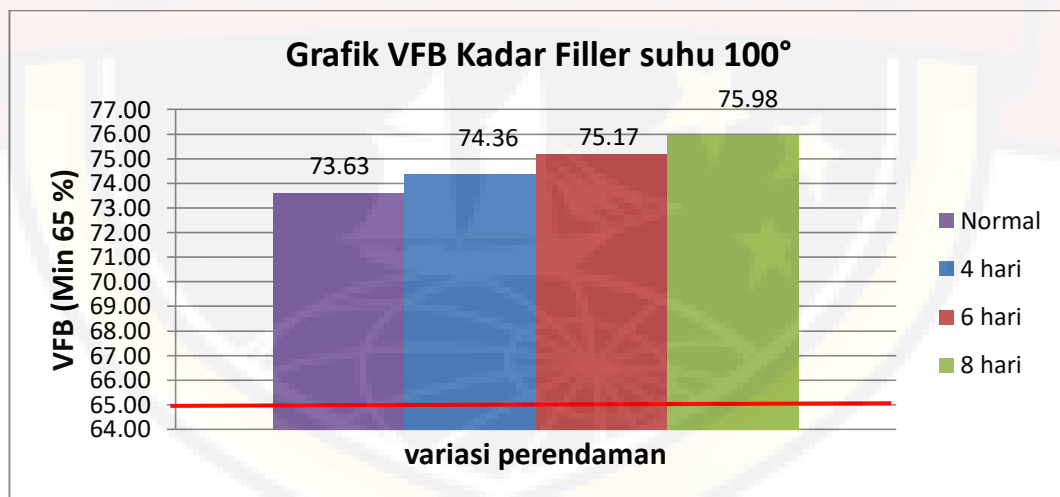
Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi kadar suhu pemadatan terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan dalam campuran yang direndam secara berulang dapat berpengaruh nilai *VIM*. pada nilai KAO adalah 4,82 % , pada perendaman 4 hari adalah 4.62 % , pada peredaman yang ke 6 hari adalah 4.46 % dan pada perendaman yang ke 8 hari adalah 4.33 %. Semakin turunnya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal dipadatkan dengan variasi 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 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 kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.



Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang akan mengalami

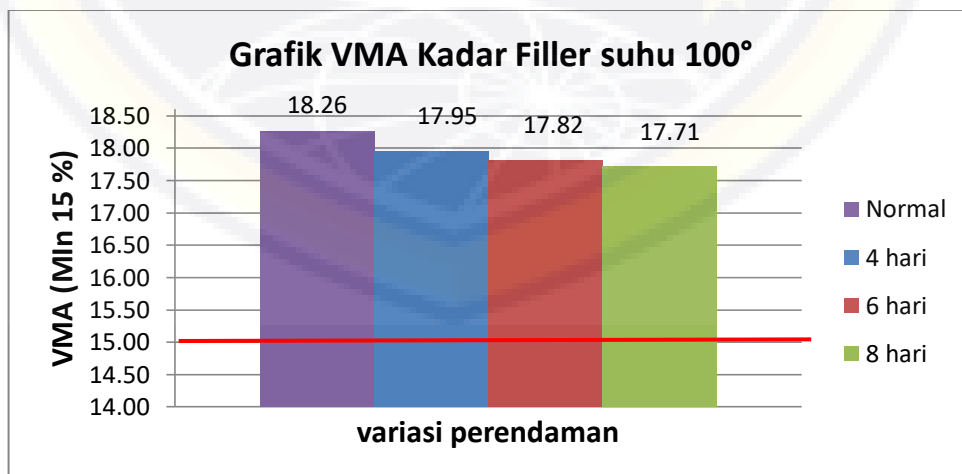
penurunan nilai *VFB* berubah. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

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 suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa variasi 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.

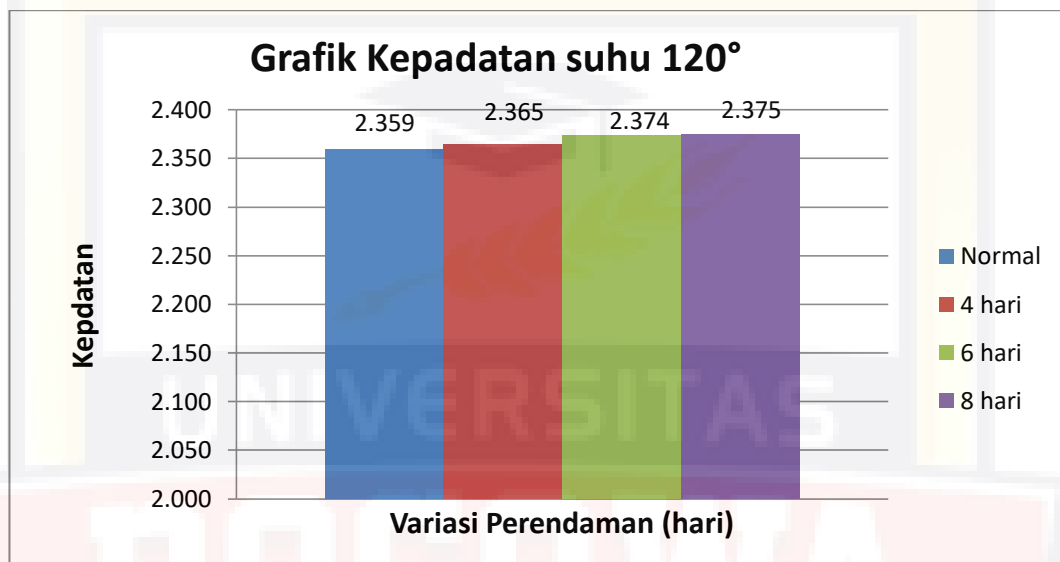
4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan variasi suhu pemadatan 120° Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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 butir rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal

lapis aus AC-WC dengan variasi suhu pemadatan 120° dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum



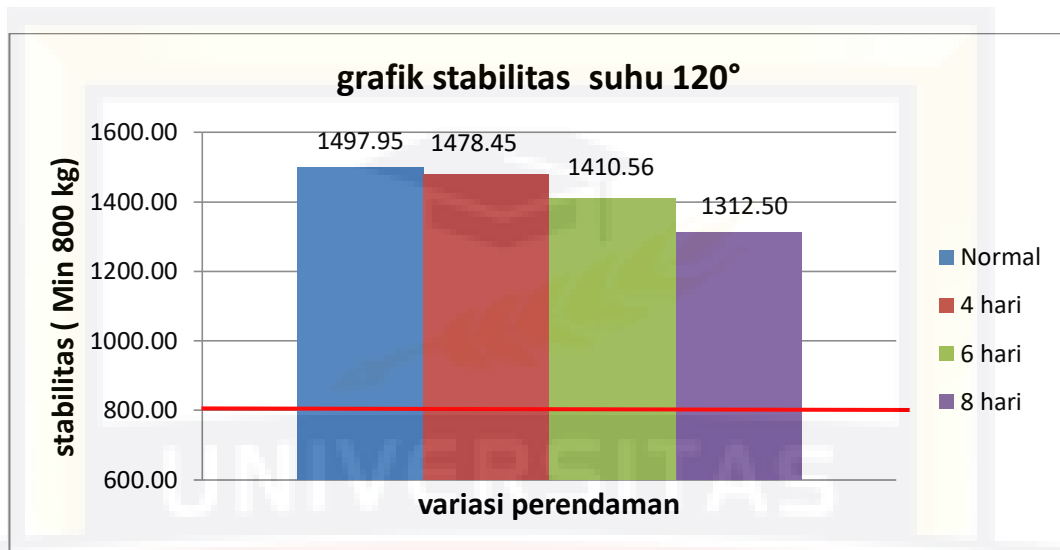
Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C. °

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa variasi 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



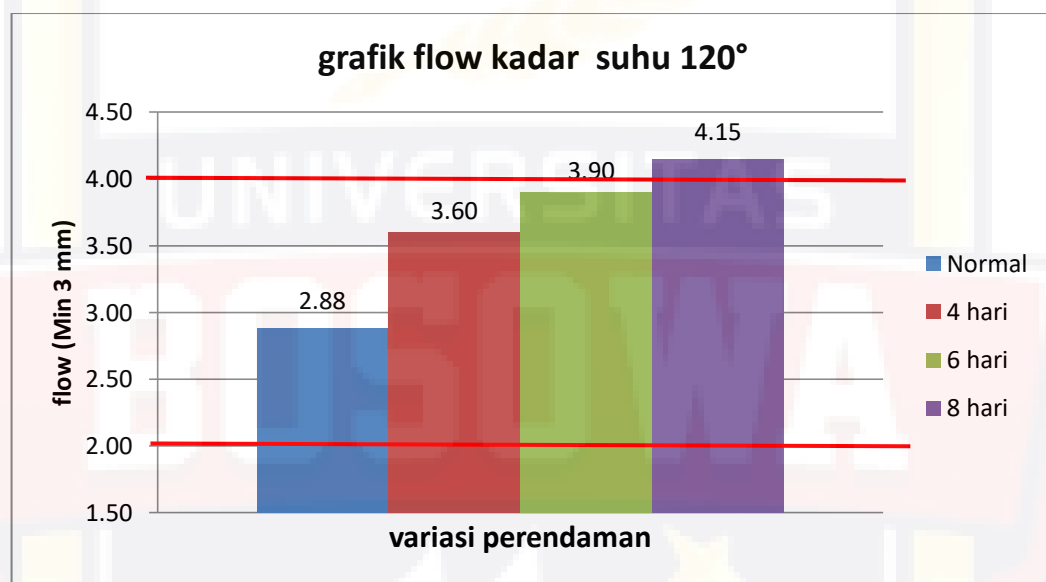
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi suhu pemadatan yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas mengalami Penurunan pada KAO nilainya adalah 1497.95 Kg pada perendaman 4 adalah 1478.45 Kg, pada perendama 6 hari adalah 1410.56 Kg.dan pada perendaman 8 hari adalah 1312.50 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 suhu pemadatan yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13

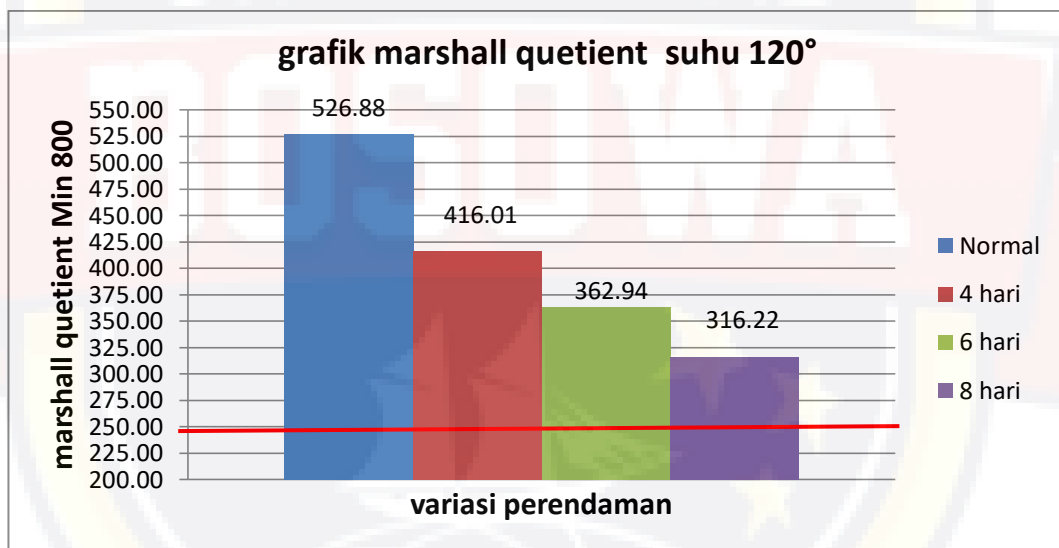


Gambar 4.13 Diagram hubungan Variasi suhu pemadatan terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa variasi 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

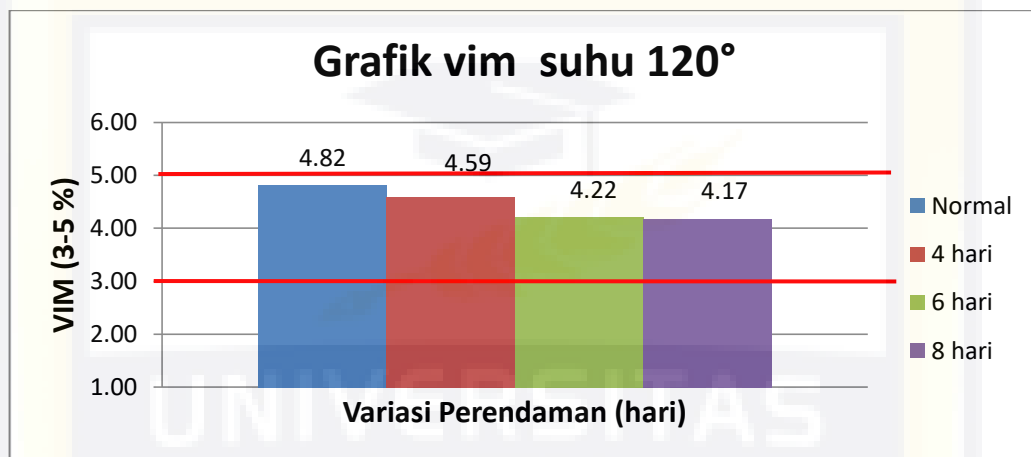


Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi suhu pematatan terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dilihat dari tabel diatas bahwa variasi suhu pematatan 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 suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15

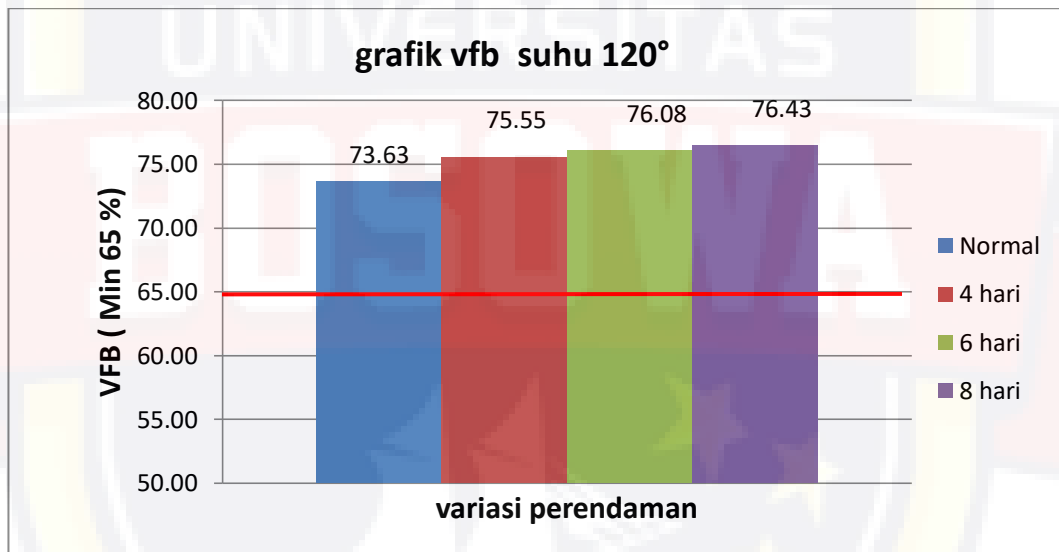


Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan pada campuran yang direndam menghasilkan nilai KAO adalah 4.82 %, pada perendaman 4 hari adalah 4.59 %, pada hari ke 6 adalah 4.22 % dan pada perendaman ke 8 hari adalah 4.17 %. Semakin turunnya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat pemadatan menggunakan variasi 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 (%)

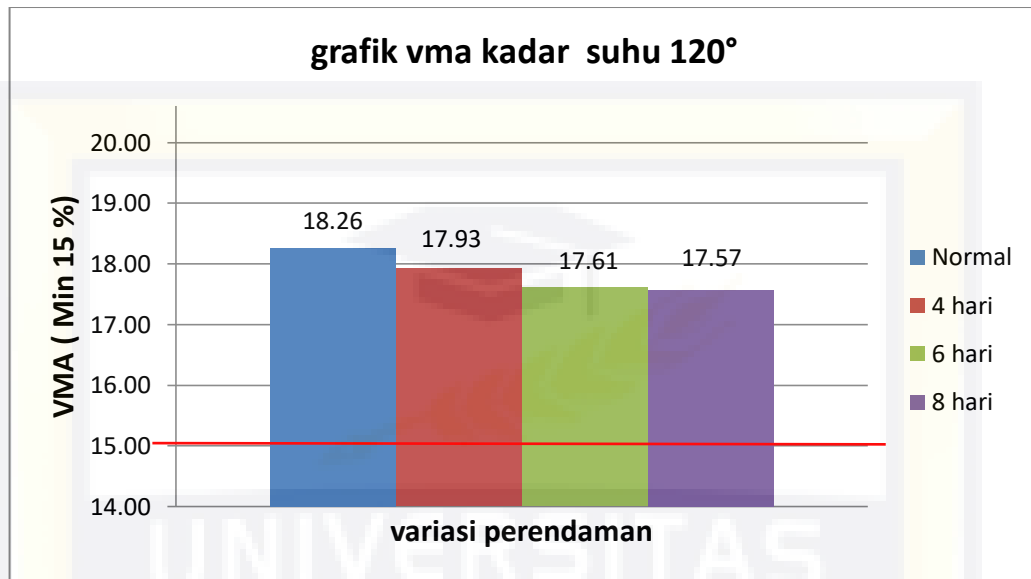
Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong.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



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

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

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15 %



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

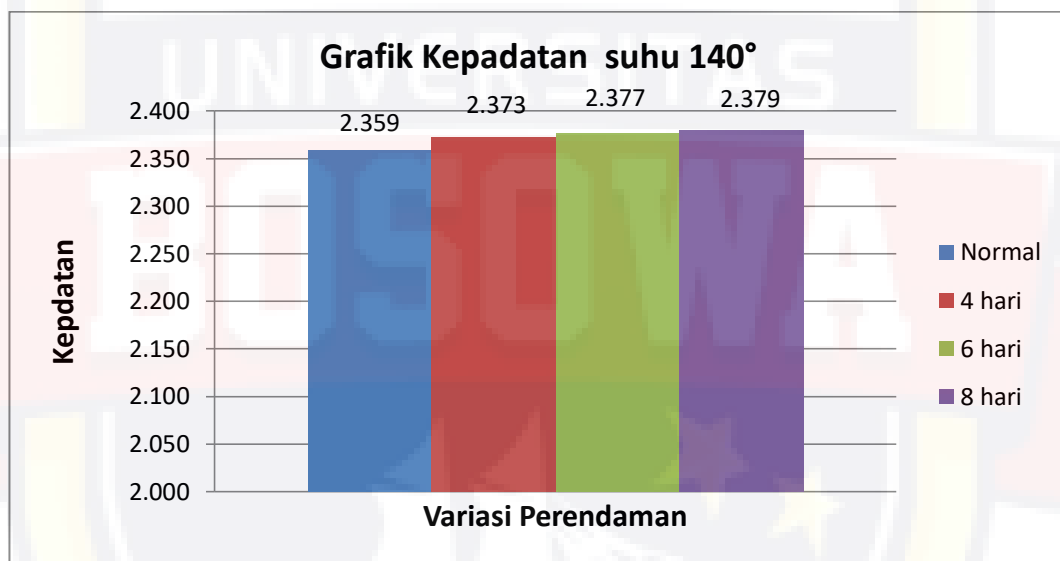
Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan ke dalam campuran yang direndam secara berulang mempengaruhi nilai VMA pada perendaman KAO adalah 18.26 %, pada perendaman 4 hari adalah 17.93 %, pada perendaman ke 6 hari adalah 17.61 % dan pada perendaman ke 8 hari adalah 17.57 %. Hal ini disebabkan 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 variasi suhu pemadatan 140° 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 suhu pemadatan dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

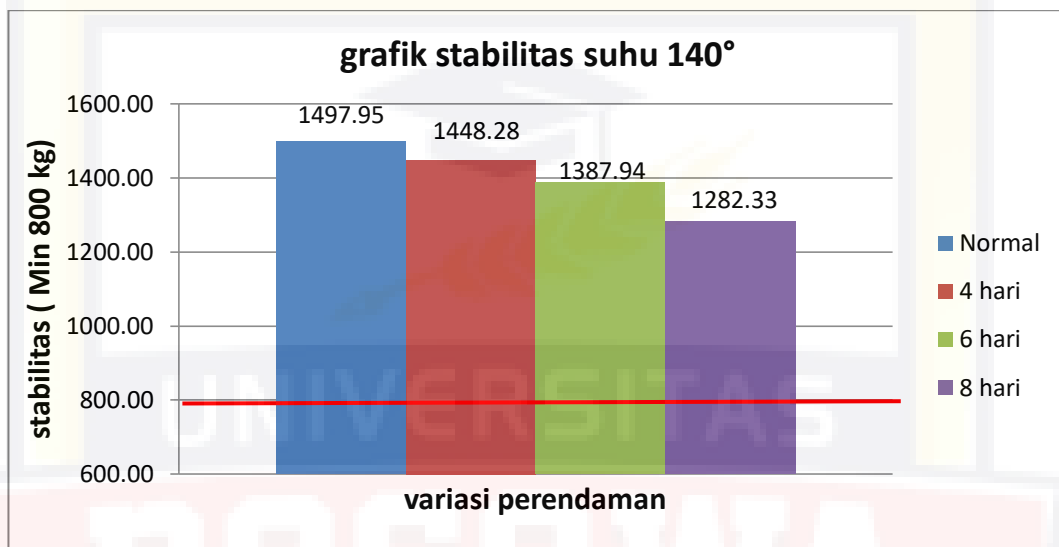


Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa dengan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah yakni pada perendaman 4 hari adalah 2.373 dan mengalami kenaikan pada perendaman 6 hari adalah 2.377 dan perendaman 8 hari adalah 2.379.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

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



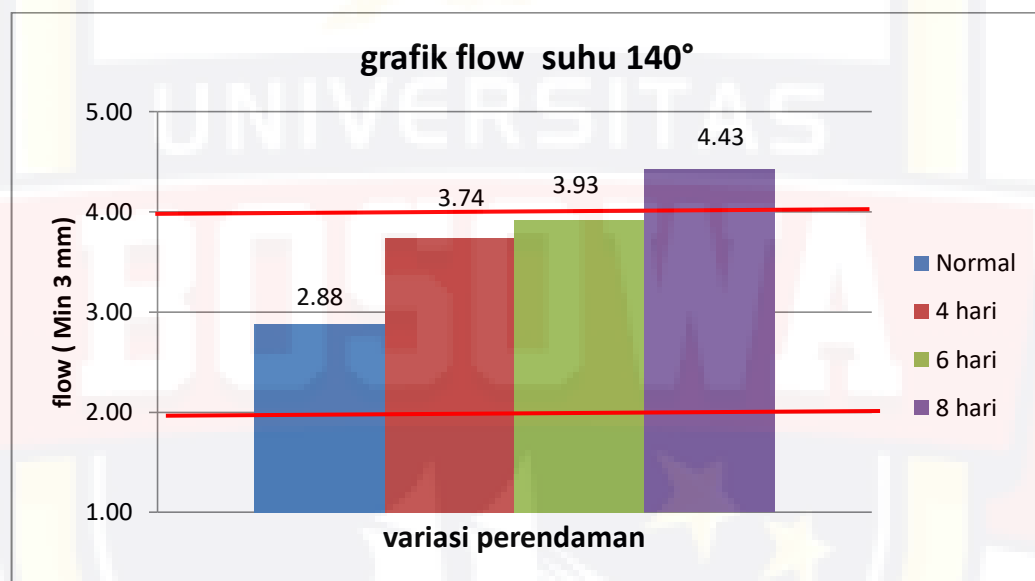
Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan, yakni pada perendaman KAO nilainya adalah 1497.95 Kg, pada perendaman 4 hari adalah 1448.28 Kg, pada perendaman yang ke 6 hari nilainya adalah 1387.94 kg dan pada perendaman yang ke 8 hari 1282.33 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 variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.



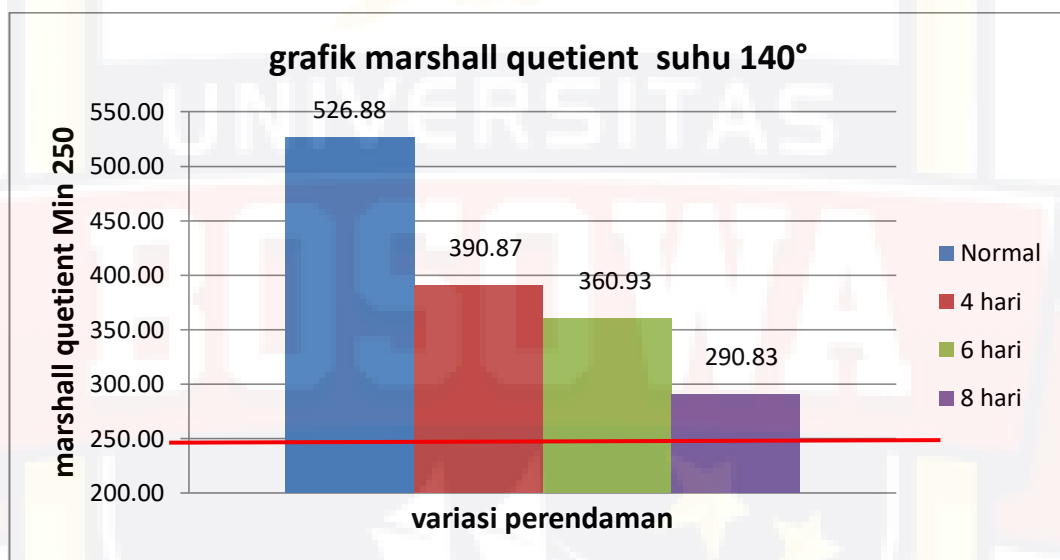
Gambar 4.20. Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada perendaman KAO adalah 2.88 mm, pada perendaman 4 hari nilainya adalah 3.74 mm, pada perendaman yang ke 6 hari meningkat menjadi 3.93 mm dan pada perendaman ke 8 hari menurun ke 4.43 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.



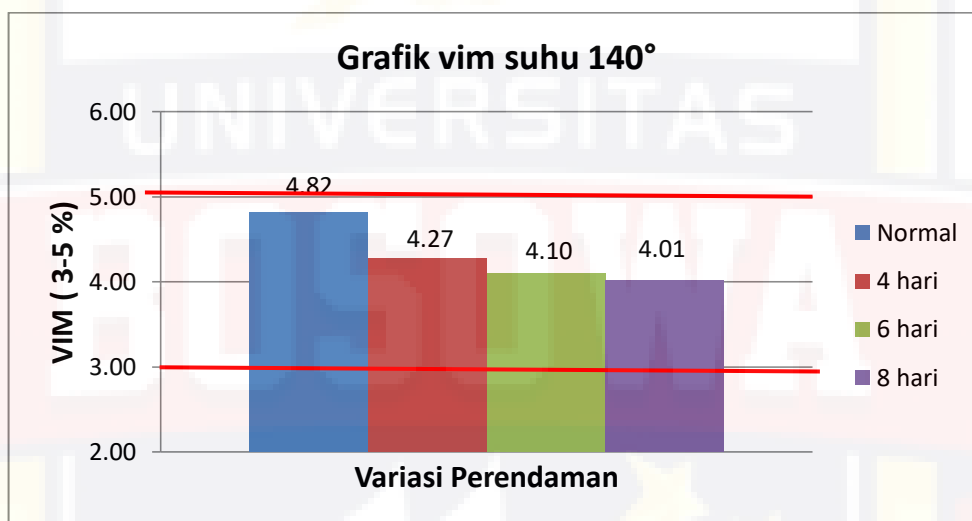
Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi suhu pematatan terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas terlihat bahwa nilai Marshall Quetient menurun pada perendaman KAO adalah 526.88 Kg/mm pada perendaman 4 hari adalah 390.92 Kg/mm, pada perendaman yang ke 6 hari adalah 360.93 Kg/mm dan pada perendaman yang ke 8 hari adalah 290.83, 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 suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22

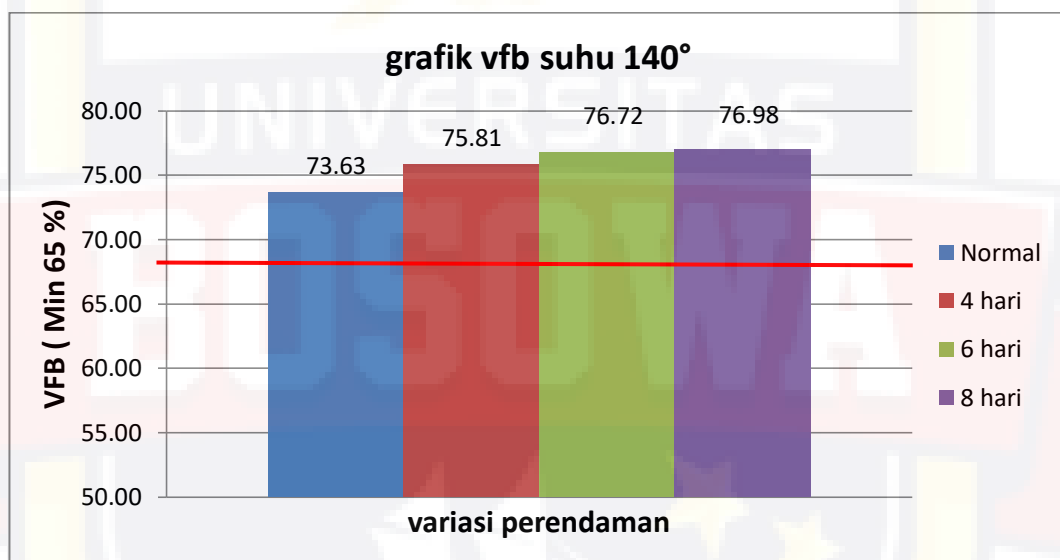


Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai VIM menurun. Yaitu pada perendaman KAO adalah 4,82 % pada perendaman 4 hari adalah 4.27%, pada perendaman yang ke 6 hari adalah 4.10 %, dan pada perendaman 8 hari adalah 4.01 %. Semakin turunnya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan variasi suhu pemadatan 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 (%)

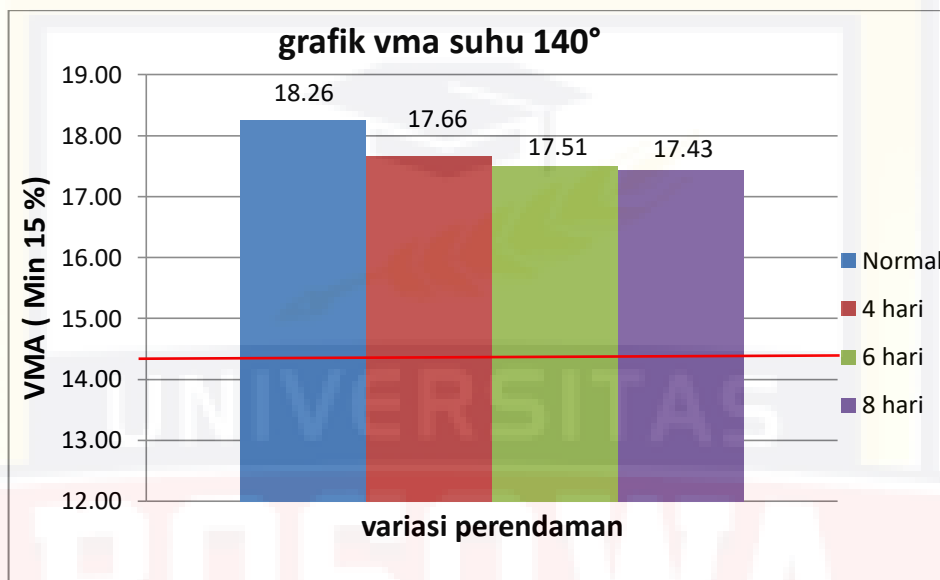


Gambar 4.23 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa variasi 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 suhu pemadatan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24



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

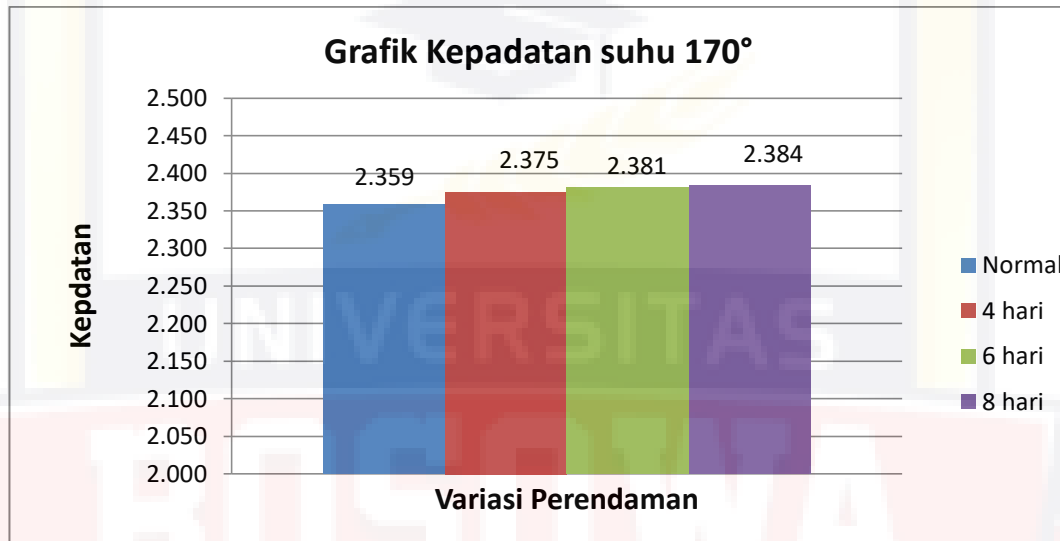
Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan pada campuran berada pada yakni nilai KAO adalah 18.26 %, pada hari ke 4 adalah 17.66 %, mengalami penurunan pada hari 6 adalah 17.51% dai penurunan pada hari ke 8 adalah 17.43%.

4.4.6. Analisis Hasil Pengujian Dengan variasi suhu pemadatan 170° 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 suhu pemadatan dapat dilihat pada gambar 4.25 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



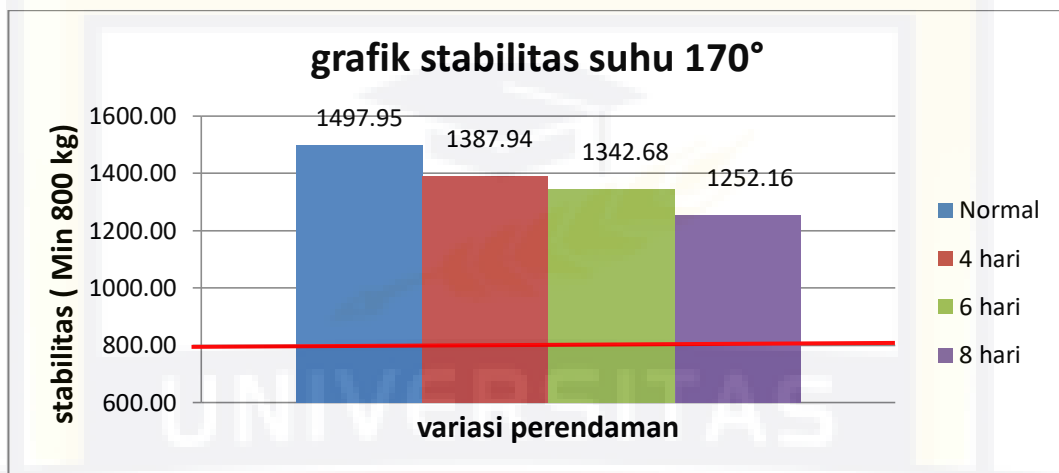
Gambar 4.25 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa variasi 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



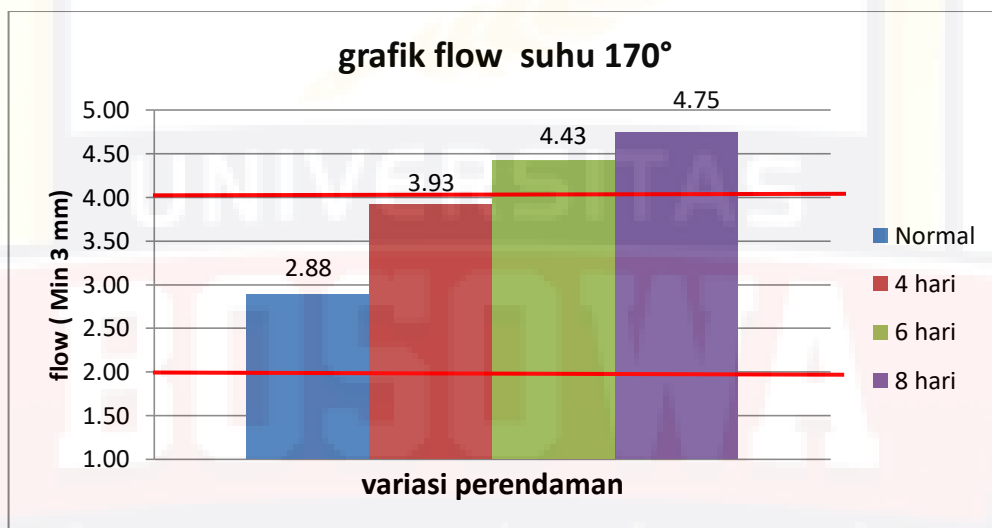
Gambar 4.26 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi suhu pemadatan kedalam campuran yang direndam secara berulang mengalami penurunan dimana nilai pada perendaman KAO adalah 1497.95 Kg pada perendaman 4 hari adalah 1387.94 Kg, pada perendaman 6 hari adalah 1342.68 Kg, dan pada perendaman 8 hari adalah 1252.16 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 suhu pemadatan yang digunakan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.27



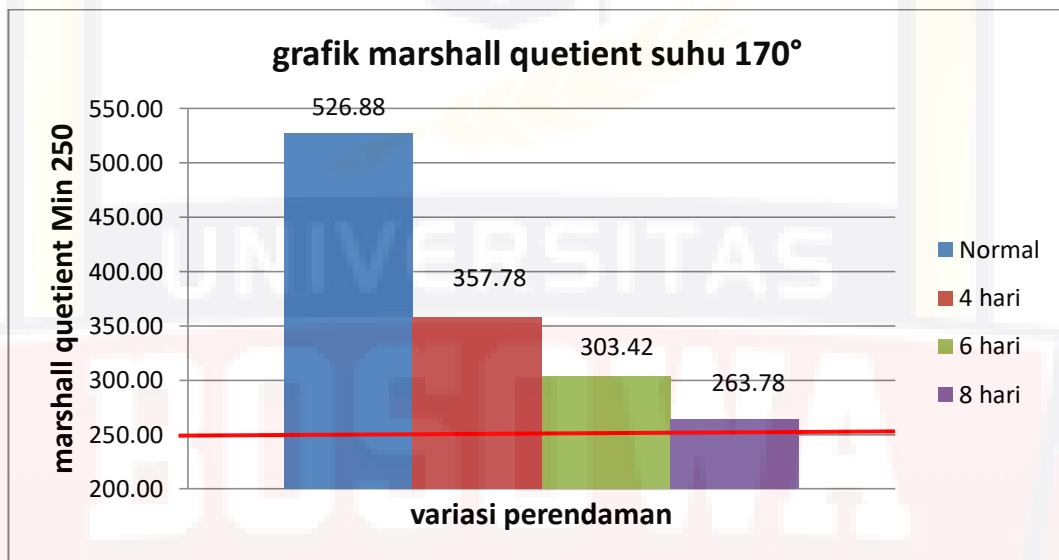
Gambar 4.27 Diagram hubungan Variasi suhu pemadatan terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.27 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada perendaman KAO nilainya adalah 2,88 mm pada perendaman 4 hari adalah 3.93 mm, pada perendaman yang ke 6 hari adalah 4.43 mm, dan pada perendaman yang ke 8 hari nilai flownya adalah 4.75 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 4.28

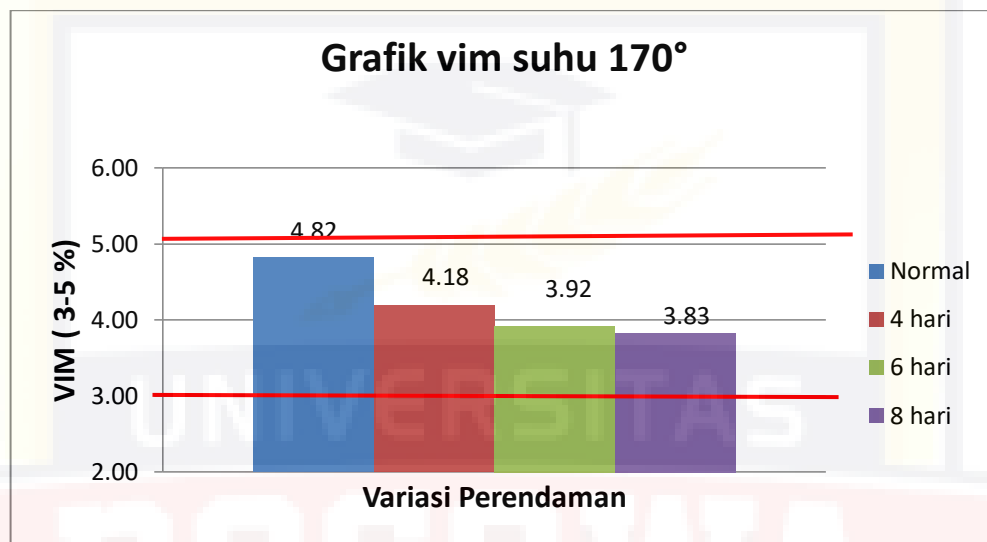


4.28 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan pada terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°

Gambar diatas menunjukkan bahwa lamanya perendaman mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* KAO adalah 526.88 Kg/mm, pada perendaman 4 hari nilai yang diperoleh 357.78 Kg/mm, pada perendaman yang ke 6 hari nilai yang di peroleh yaitu 303.42 kg/mm, dan pada perendaman ke 8 hari adalah 263.78 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 suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.29



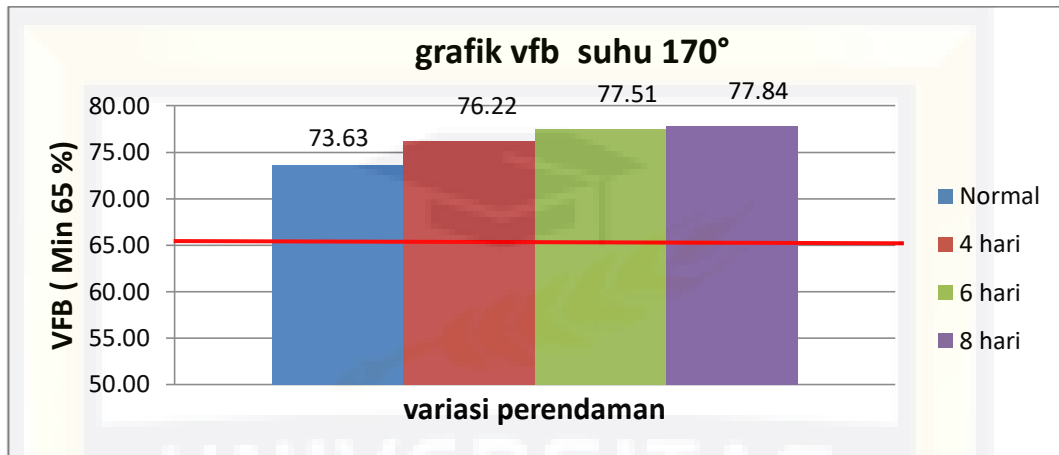
Gambar 4.29 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.29 menunjukkan bahwa penambahan variasi suhu pemadatan pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VIM* menurun. Dimana untuk nilai KAO adalah 4.82 %, untuk perendaman 4 hari adalah 4.18 %, untuk perendaman 6 hari adalah 3.92 % dan untuk perendaman ke 8 hari adalah 3.83 %.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan persentase 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.

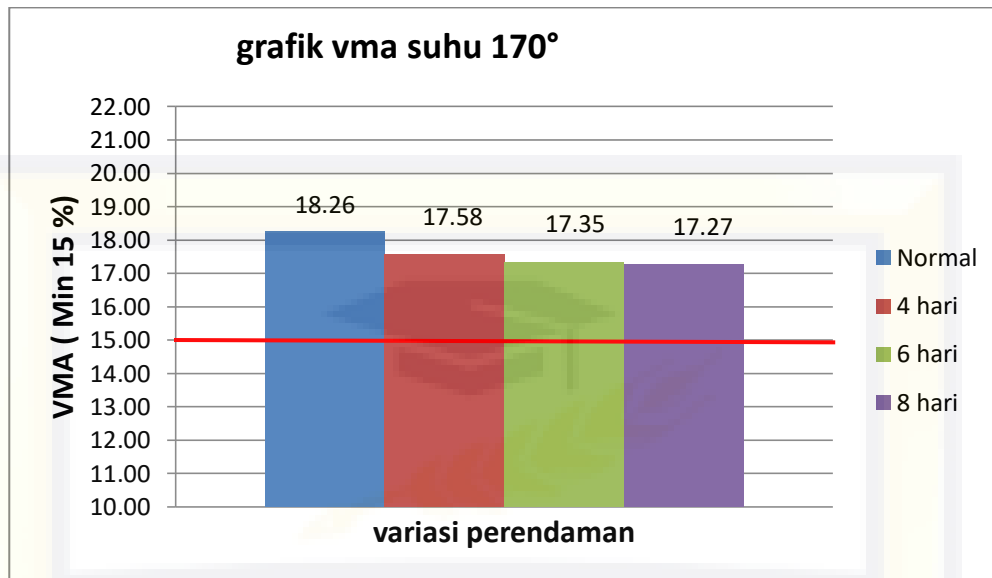


Gambar 4.30 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.30 menunjukkan bahwa menggunakan variasi suhu pemadatan pada campuran dimana nilai pada KAO adalah 73.63 % , pada perendaman 4 hari adalah 76.22 % , pada perendaman 6 hari adalah 77.51 % dan pada perendaman ke 8 hari adalah 77.84 % terjadi kenaikan dan memenuhi spesifikasi yg di tentukan

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

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



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

Dari gambar 4.31 menunjukkan bahwa variasi suhu pemadatan yang direndam secara berulang mengalami kenaikan nilai VMA. Dimana nilai KAO adalah 18.26% pada perendaman 4 Hari adalah 17.58% , pada perendaman 6 hari adalah 17.35% sedangkan untuk perendaman 8 hari adalah 17.27%. Dapat dilihat bahwa pada perendaman dari 4 hari sampai 8 hari mengalami penurunan hal ini disebabkan suhu pemadatan yang digunakan sangat tinggi.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

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

24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.16.

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		
	1582,63	1497,95	94.649	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data campuran aspal AC-WC dengan perendaman air laut, untuk perendaman 4 hari layak digunakan dibandingkan dengan perendaman lainnya, hal ini disebabkan semakin lama aspal terendam dengan air laut maka menyebabkan aspal melunak dan ikatan antara aspal dan agregat berkurang sehingga mudah retak/rapuh.
2. Nilai yang layak digunakan pada pengujian karakteristik Marshall yaitu suhu 100^oc dibanding dengan karakteristik Marshall yang lainnya, karena semakin tinggi suhu pemadatan yang digunakan maka akan mempengaruhi kinerja campuran lapis perkerasan.

5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk :

- a. Penelitian yang sedang berlangsung peneliti harus memerlukan ketelitian yang cermat dan fokus pada saat penimbangan agregat, mengontrol suhu aspal dan agregat yang sedang masa pemanasan, serta pencampuran dan pemadatan benda uji tersebut, sehingga memperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat pada saat pengolahan data tanpa mengalami masalah.

- b. Perlu 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

UNIVERSITAS

BOSOWA

Daftar Pustaka

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

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

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

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

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

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

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

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

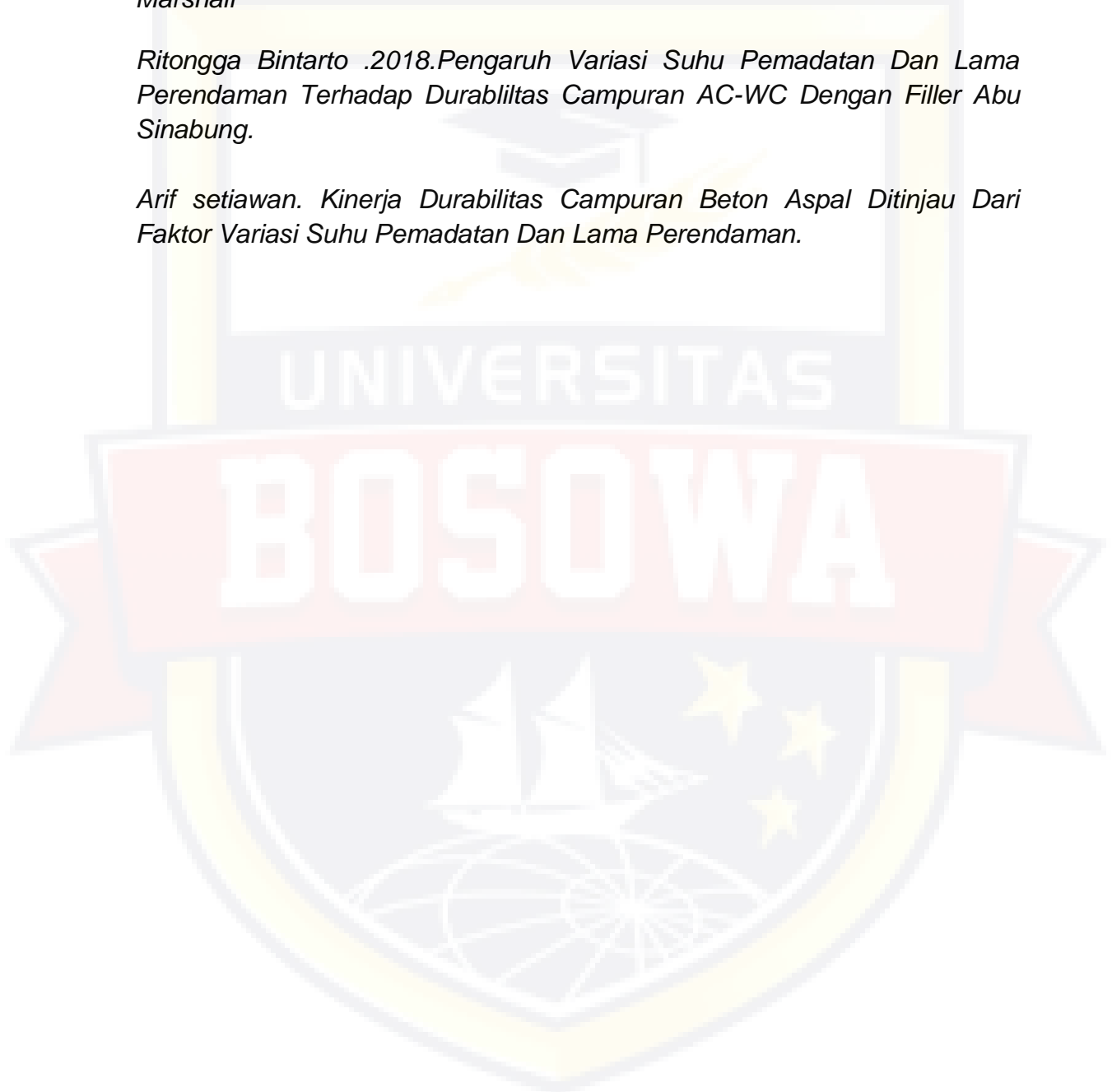
*Jusmidah. Pengaruh Waktu Perendaman Air Laut Terhadap Mutu Perkerasan
Hot Rolled Sheet A (Hrs A)*

.....
[_https://media.neliti.com/media/publications/344614-pengaruh-waktu-
perendaman-air-laut-terha-298874d2.pdf](https://media.neliti.com/media/publications/344614-pengaruh-waktu-perendaman-air-laut-terha-298874d2.pdf)

BAB I PENDAHULUAN - Perbandingan Lama Rendaman Campuran Aspal AC-WC Dengan Memakai Air Laut Dan Air Tawar Terhadap Karakteristik Marshall

Ritonga Bintarto .2018.Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran AC-WC Dengan Filler Abu Sinabung.

Arif setiawan. Kinerja Durabilitas Campuran Beton Aspal Ditinjau Dari Faktor Variasi Suhu Pemadatan Dan Lama Perendaman.





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL
(SNI - 06-2441-2011)

Tanggal : 19 April 2021

Material : Aspal Penetrasi 60/70

URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53.50	51.90
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116.40	111.70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	$(B - A)$	62.90	59.80
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	86.60	84.30
BERAT ASPAL (gram)	$(C - A)$	33.10	32.40
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116.50	111.90
BERAT AIR (gram)	$(D - C)$	29.90	27.60
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1.003	1.006
Rata-rata		1.005	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2016)

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, S.T

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2435.20	2447.50	2441.35
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500.10	2500.20	2500.15
Berat benda uji didalam air	B_a	1555.30	1560.40	1557.85

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.58	2.60	2.59
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.65	2.66	2.65
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.77	2.76	2.76
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.67	2.15	2.41

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

(PB - 0202 - 76 / SNI 1969 : 2016)

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal :

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven B_k	2438.20	2429.10	2433.65
Berat benda uji kering - permukaan jenuh B_j	2500.10	2500.20	2500.15
Berat benda uji didalam air B_a	1576.20	1568.70	1572.45

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.64	2.61	2.62
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.71	2.68	2.69
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.83	2.82	2.83
Penyerapan (Absorption) $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.54	2.93	2.73

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

(PB - 0202 - 76 / SNI 1970 : 2016)

Material : Abu Batu

Asisten : Marlina Alwi, S.T

Tanggal :


	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500.00	500.20	500.10
Berat benda uji kering oven B_k	486.10	487.30	486.70
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	688.40	687.40	687.90
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	999.80	1023.80	1011.80


	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.58	2.98	2.78
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.65	3.06	2.85
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.78	3.23	3.01
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2.88	2.63	2.75

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

Material : Batu Pecah 1 - 2

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.3	2500.7
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2479.1	2472.2
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	0.85	1.14
4	Hasil Rata - rata	0.99	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

Material : Batu Pecah 0.5 - 1

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.4	2500.7
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2474.2	2476.9
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	1.05	0.95
4	Hasil Rata - rata	1.00	


BOSOWA

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

Material : Abu Batu

Tanggal :

Asisten : Marlina Alwi, ST


No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.2	1500
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1359	1362.9
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	9.41	9.14
4	Hasil Rata - rata	9.28	

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST



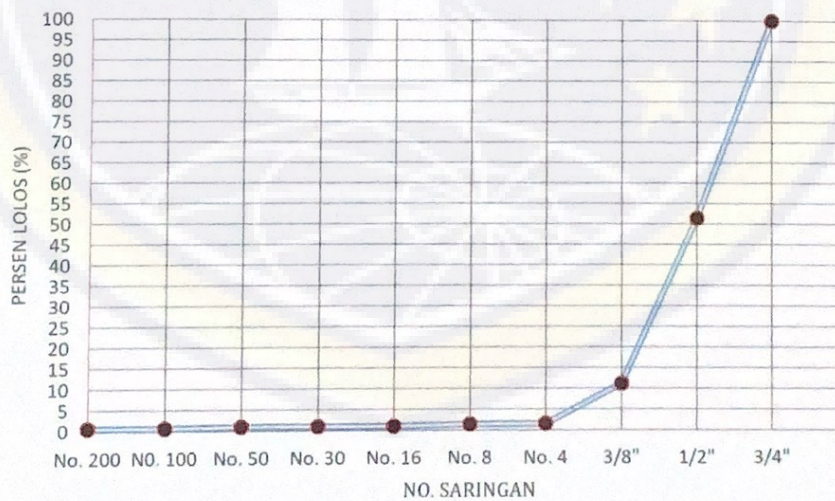
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal :
Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total : 2500.1			Total : 2500			Rata - rata %
	Sampel 1		Sampel 2		Lolos		
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan		% Tertahan	% Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	1079.40	43.17	56.83	1349.30	53.97	46.03	51.43
3/8"	2187.50	87.50	12.50	2252.50	90.10	9.90	11.20
No. 4	2453.60	98.14	1.86	2468.70	98.75	1.25	1.56
No. 8	2458.10	98.32	1.68	2469.10	98.76	1.24	1.46
No. 16	2474.30	98.97	1.03	2474.70	98.99	1.01	1.02
No. 30	2474.80	98.99	1.01	2475.90	99.04	0.96	0.99
No. 50	2476.60	99.06	0.94	2477.70	99.11	0.89	0.92
No. 100	2485.90	99.43	0.57	2480.50	99.22	0.78	0.67
No. 200	2487.10	99.48	0.52	2482.50	99.30	0.70	0.61
Pan	2498.00	100.00	0.00	2497.80	100.00	0.00	0.00

**GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU
PECAH 1-2**





**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

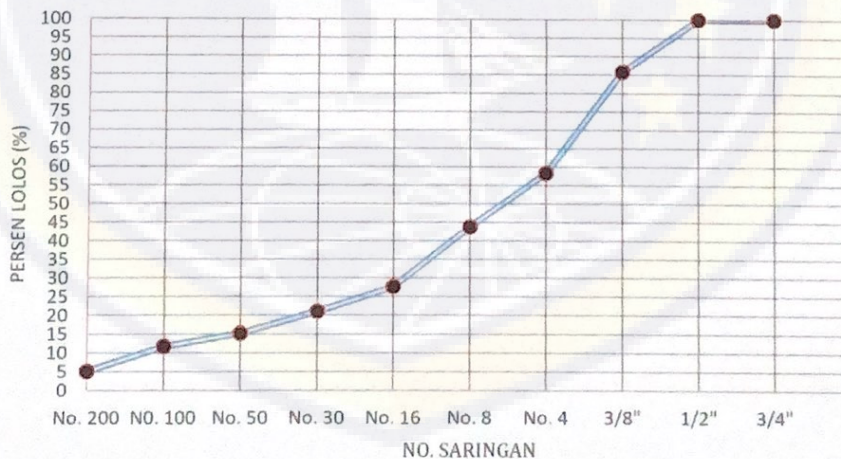
ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

(SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 0.5-1
 Tanggal :
 Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total : 2600.2			Total : 2600			Rata - rata %
	Sampel Kumulatif Tertahan	1		Sampel Kumulatif Tertahan	2		
		% Tertahan	% Lolos		% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	353.70	14.15	85.85	355.20	14.21	85.79	85.82
No. 4	1017.00	40.68	59.32	1073.40	42.94	57.06	58.19
No. 8	1400.90	56.03	43.97	1410.90	56.44	43.56	43.77
No. 16	1798.20	71.92	28.08	1818.60	72.74	27.26	27.67
No. 30	2002.60	80.10	19.90	1945.30	77.81	22.19	21.05
No. 50	2136.20	85.44	14.56	2105.00	84.20	15.80	15.18
NO. 100	2306.20	92.24	7.76	2111.70	84.47	15.53	11.65
No. 200	2375.20	95.00	5.00	2382.70	95.31	4.69	4.85
Pan	2496.30	100.00	0.00	2496.60	100.00	0.00	0.00

**GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU
PECAH 0,5-1**





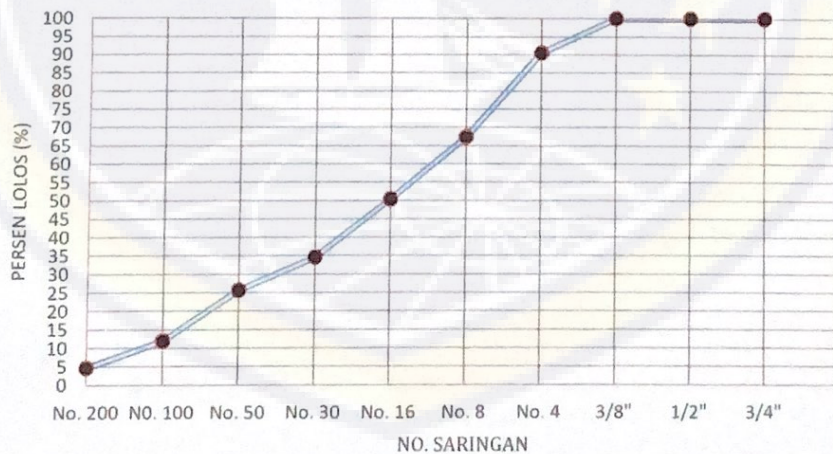
**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

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

Material : Abu Batu
 Tanggal :
 Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Saringan No	Total : 2500.0			Total : 2500.2			Rata - rata %
	Sampel 1			Sampel 2			
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 4	229.40	9.18	90.82	247.30	9.89	90.11	90.47
No. 8	770.20	30.81	69.19	861.70	34.47	65.53	67.36
No. 16	1186.00	47.44	52.56	1297.00	51.88	48.12	50.34
No. 30	1611.70	64.47	35.53	1662.50	66.49	33.51	34.52
No. 50	1840.70	73.63	26.37	1879.80	75.19	24.81	25.59
NO. 100	2209.10	88.36	11.64	2192.40	87.69	12.31	11.97
No. 200	2404.00	96.16	3.84	2336.20	93.44	6.56	5.20
Pan	2493.40	100.00	0.00	2495.40	100.00	0.00	0.00

GRAFIK ANALISA SARINGAN ABU BATU





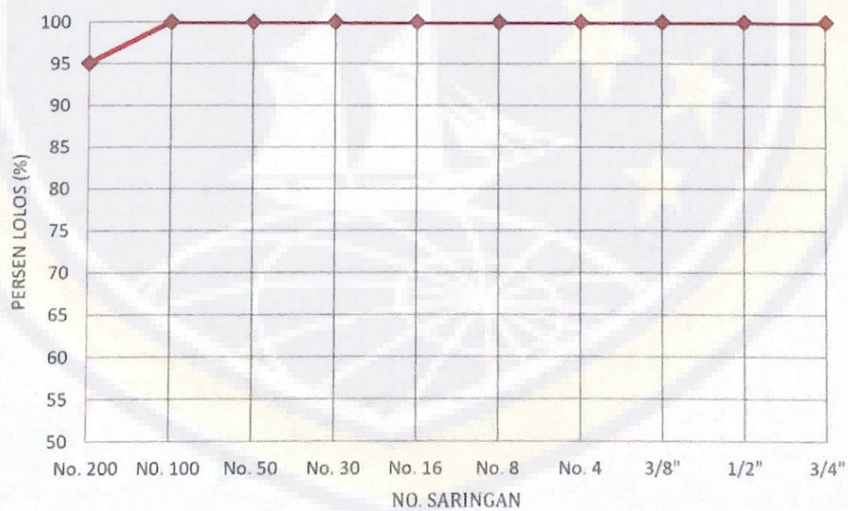
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

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

Material : Filler
Tanggal :
Sumber :

Saringan No	Total :	2000.0		Total :	2000		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	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

GRAFIK ANALISA SARINGAN FILLER





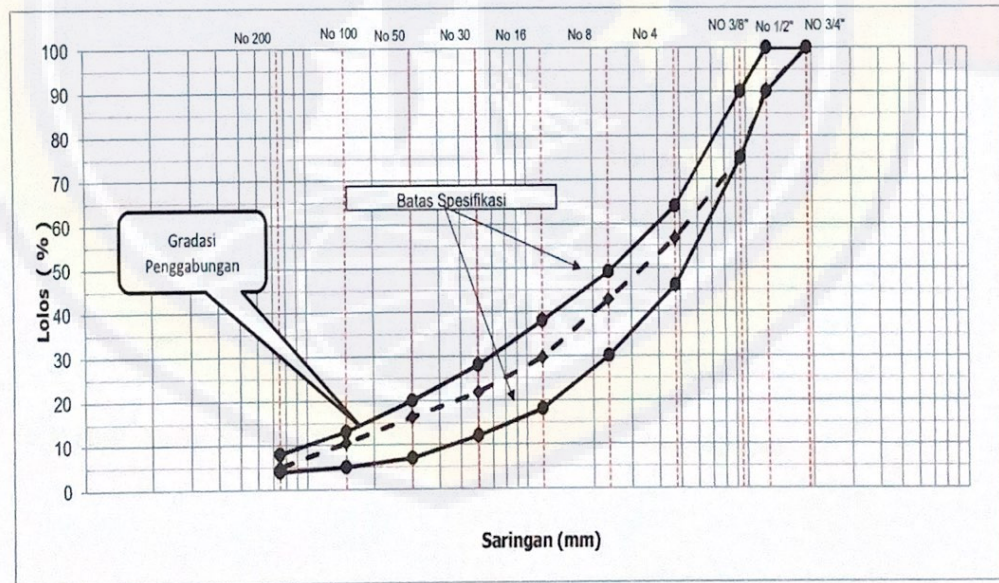
LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT
(COMBINED)

Material
 Tanggal
 Sumber

No. Saringan	Gradasi Penggabungan Agregat (Combined)											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat					
	b	c	d	e	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"	51.43	100.00	100.00	100.00	90.29												90 - 100	0.41
3/8"	11.20	85.82	100.00	100.00	75.15												75 - 90	0.41
# 4	1.56	58.19	90.47	100.00	56.64												53 - 69	0.41
# 8	1.46	43.77	67.36	100.00	42.71												33 - 53	0.82
# 16	1.02	27.67	50.34	100.00	29.64												21 - 40	1.64
# 30	0.99	21.05	34.52	100.00	21.73												14 - 30	2.87
# 50	0.92	15.18	25.59	100.00	16.19												9 - 22	6.14
# 100	0.67	11.65	11.97	100.00	10.43												6 - 15	12.29
# 200	0.61	4.85	5.20	95.07	5.003												4 - 9	32.77

Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	b. Batu Pecah 1 - 2	20																
	c. Batu Pecah 0,5 - 1	50																
	d. Abu Batu	29																
	e. Filler	1																
		100																
Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)		5.61																





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

$$P_b = 0.035 \times CA + 0.045 \times FA + 0.18 \times FF + K$$

$$\begin{aligned} P_b &= 0.035 \times 57.29 + 0.045 \times 37.71 + 0.18 \times 5.00 + 0.75 \\ &= 2.01 + 1.70 + 0.90 + 0.75 \\ &= 5.36 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS

BOSOWA

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium

Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT

Marlina Alwi. ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Kadar Aspal = 5 % 100 % - 5 % = 95.00							
Hasil Combine							
BP 1-2	20 %	x	95 %	=	0.19	x	1200 = 228.00
BP0,5 -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	94.50 %	=	0.19	x	1200 = 226.80
BP 0,5 -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 MAKASSAR


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
						<u>1200.00</u>

Kadar Aspal = 7 % 100 % - 7 % = 93.00						
Hasil Combine						
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
						<u>976.80</u>

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST

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

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

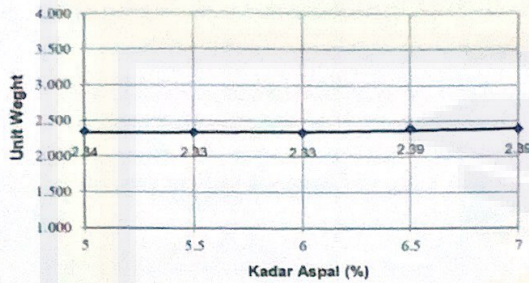
No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)			Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal Efektif (%)	Bj Buluk Gab.	Bj Efield Gab.	Bj Maks Campuran (GMM)	Agregat			Volume Benda Uji	Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)													
	a	b	c						d	E	F											G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	No		Bj Semu	Agregat		Bj buluk	Bj Semu	No			Bj Maks	Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)														
	a		2.59	Batu Pecah 1 - 2		2.76	2.76	Bj Maks			Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)															
	b		2.62	Batu Pecah 0.5 - 1		2.83	2.83	Bj Maks			Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)															
	c		2.78	Abu Batu		3.01	3.01	Bj Maks			Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)															
	d		3.17	filler		3.17	3.17	Bj Maks			Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (kg)	Pelabuhan (mm)	Marshalf Quesion (kg / mm)	Luas Permulakan Agregat	Absorbsi Aspal (Hpb Berat Total Campuran)	Tebal Film ($\frac{1000(A-P)}{T.O. (100-A)}$)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)															
I	20	50	29	1	3.96	5	2.69	2.78	2.55	1164.3	689.2	1185.1	495.9	8.0	65.0	980.6	3.50	280.2	5.61	1.2	8.954	18.94	53.04											
II	20	50	29	1	3.90	5	2.69	2.78	2.55	1173.7	696.2	1196.2	500.0	8.0	78.0	1176.7	3.46	340.1	5.61	1.2	8.954	18.06	52.98											
III	20	50	29	1	3.90	5	2.69	2.78	2.55	1182.2	695.4	1206.1	510.7	9.2	85.0	1282.3	3.65	351.3	5.61	1.2	8.954	18.11	48.93											
I	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.55	1173.4	693.6	1195.8	502.20	8.39	76.0	1146.66	3.54	323.9	5.61	1.2	6.964	17.34	91.86											
II	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1161.3	689.6	1184.7	495.1	7.3	104.0	1589.0	4.56	344.1	5.61	1.1	7.910	17.46	58.19											
III	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1172.9	694.5	1187.6	493.1	6.0	107.0	1614.2	3.03	532.7	5.61	1.1	7.910	16.30	63.21											
I	20	50	29	1	4.42	5.5	2.69	2.78	2.53	1181.8	693.8	1202.2	518.4	9.9	91.0	1372.8	3.22	426.4	5.61	1.1	7.910	18.78	49.92											
II	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.63	1172.00	689.30	1191.60	502.20	7.73	100.7	1618.69	3.60	434.4	5.61	1.1	7.910	17.89	57.11											
III	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1178.3	679.7	1175	495.3	5.2	102.0	1538.6	3.20	480.9	5.61	1.1	8.877	16.73	68.76											
I	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1188.2	689.9	1198.1	499.2	5.0	82.0	1237.1	3.35	389.3	5.61	1.1	8.877	16.52	69.81											
II	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1161.4	685.8	1204.9	519.1	10.9	85.0	1282.3	4.80	278.8	5.61	1.1	8.877	21.69	48.88											
III	20	50	29	1	4.93	6	2.69	2.78	2.51	1175.87	688.47	1192.67	504.20	7.83	88.7	1382.73	3.72	378.3	5.61	1.1	8.877	18.31	62.82											
I	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1178.3	697.8	1184.9	487.1	2.42	84.0	1287.2	4.10	309.1	5.61	1.2	9.753	15.78	81.01											
II	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1191.4	699.6	1199.9	500.3	2.38	94.0	1418.1	3.70	383.3	5.61	1.2	9.753	17.09	73.63											
III	20	50	29	1	5.39	6.5	2.69	2.78	2.49	1188.1	697.8	1200.5	502.7	5.2	93.0	1403.0	3.80	369.2	5.61	1.2	9.753	17.71	70.50											
I	20	50	29	1	6.96	7	2.69	2.78	2.49	1185.83	696.07	1191.77	496.70	4.24	90.3	1382.79	3.87	363.9	5.61	1.2	9.753	16.56	78.08											
II	20	50	29	1	6.96	7	2.69	2.78	2.47	1173.3	696.9	1180.8	483.9	1.9	98.0	1482.5	4.00	373.4	5.61	1.1	10.841	16.03	89.38											
III	20	50	29	1	6.96	7	2.69	2.78	2.47	1183.6	698.6	1182.4	483.8	3.0	88.0	1342.7	3.70	362.9	5.61	1.1	10.841	16.96	82.49											
I	20	50	29	1	6.96	7	2.69	2.78	2.47	1190.5	691.5	1201	509.5	5.4	102.0	1538.8	4.26	361.2	5.61	1.1	10.841	18.08	71.54											
II	20	50	29	1	6.96	7	2.69	2.78	2.47	1182.47	692.33	1188.07	495.73	3.43	96.7	1488.34	3.99	365.8	5.61	1.1	10.841	17.37	80.77											
SPESIFIKASI																						Min 3.0 - 6.0	Min 3	Min 800	Min 250	Max 1.2	Min 15	Min 85						

GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

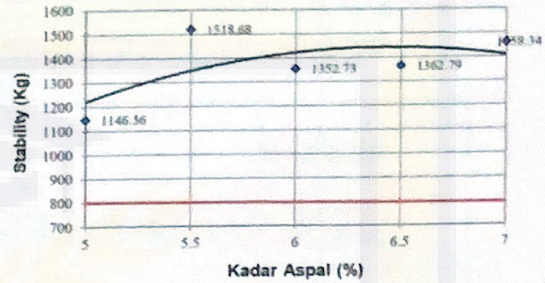
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)

Grafik Kepadatan Vs Kadar Aspal



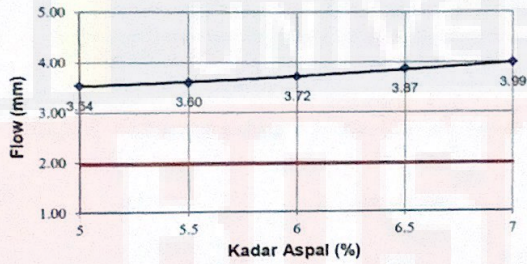
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)

Grafik Stabilitas Vs Kadar Aspal



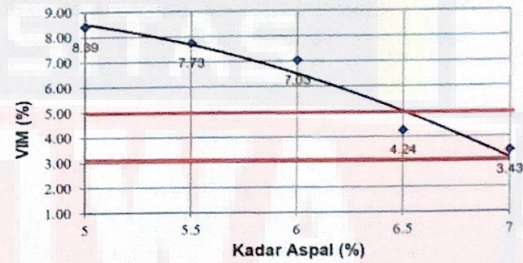
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 3 (MM)

Grafik Pelelehan Vs Kadar Aspal



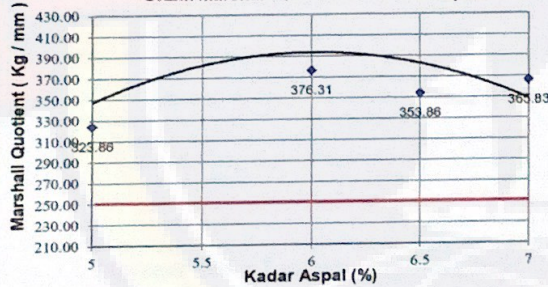
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)

Grafik VIM Vs Kadar Aspal



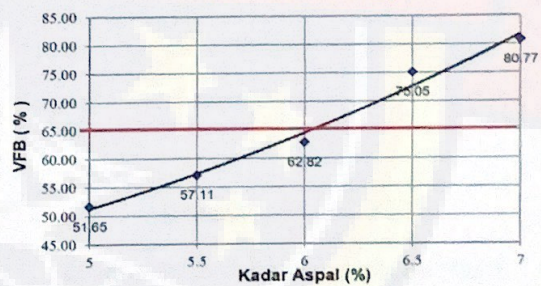
MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)

Grafik Marshall Quotient Vs Kadar Aspal



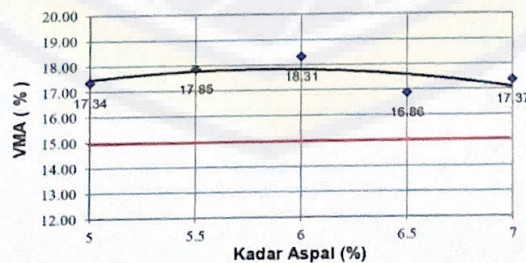
RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)

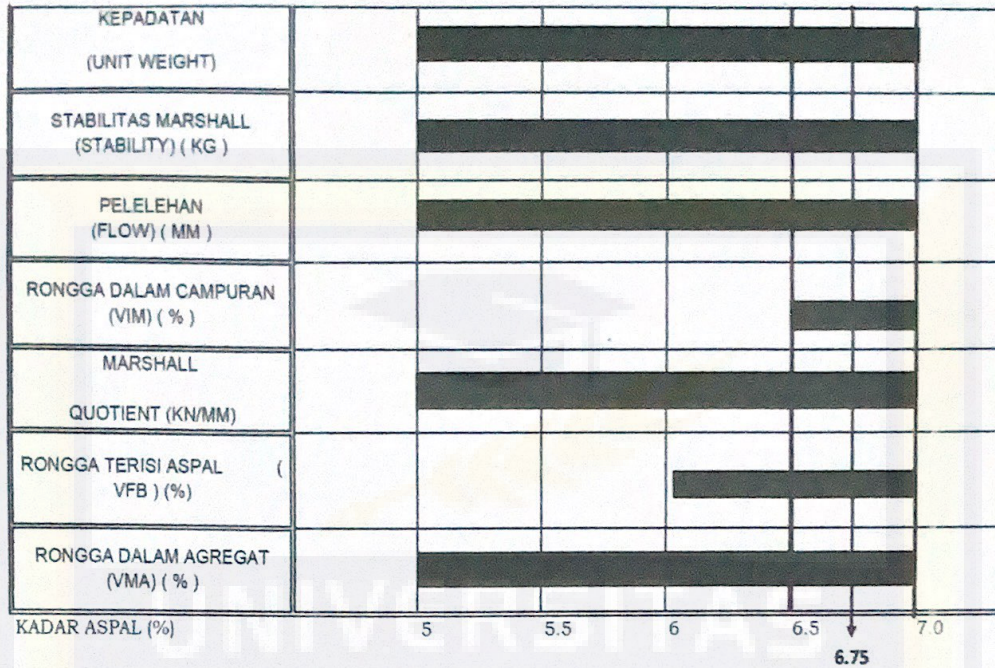
Grafik VFB Vs Kadar Aspal



RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 16 (%)

Grafik VMA Vs Kadar Aspal





$$\begin{aligned}
 \text{KADAR ASPAL OPTIMUM} &= \frac{6.5 + 7}{2} \\
 &= 6.75 \approx 6.80 \\
 \text{KAO} &= 6.80\%
 \end{aligned}$$

Makassar, 2021

Diperiksa Oleh Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium


Ir.H.Abd Rahim Nurdin MT


Marlina Alwi. ST

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

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1.005 gr/cc
di Tes Oleh	: Gelombang II

Campuran : AC - WC
 Test : Kadar Aspal Optimum
 Filler : Semen
 Tanggal Tes : 19 April 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.62	2.83
c	abu batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				%		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)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB) (
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
	a	b	c	d	A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
					$A - \frac{P}{100} \times (100 - A)$	% terhadap total Campuran			$\frac{100}{100 - A} \times \frac{A}{C}$				G - F	E H	$100 \frac{(D - I)}{D}$		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi	$\frac{L}{M}$	Combined	$\frac{T(100 - A) \cdot B}{100 \cdot T \cdot D}$	$\frac{1000(A - P)}{TO(100 - A)}$	$100 - \frac{I}{B} \times (100 - A)$	$\frac{(R - J)}{R}$	
I	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1176.8	670.7	1164.7	494.00	2.382	3.89	94	1418.1	2.70	525.2	5.61	1.13	10.79	17.33	77.56
II	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1192.5	674.8	1166.6	491.80	2.425	2.17	118	1780.2	3.00	593.4	5.61	1.13	10.79	15.99	86.42
III	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1192.8	669.4	1178.4	509.00	2.343	5.45	104	1549.6	2.90	534.3	5.61	1.13	10.79	18.81	71.01
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°									2.48	1187.4	671.6	1169.9	498.27	2.383	3.84	105.33	1582.6	2.87	551.0	5.61	1.13	10.79	17.28	77.79
I	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.9	1184.8	503.9	2.36	4.70	103	1596.1	3.20	498.8	5.61	1.13	10.79	18.16	74.10
II	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1193	686.6	1189.6	503.0	2.37	4.31	87	1348.2	3.00	449.4	5.61	1.13	10.79	17.83	75.83
III	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.3	1188.1	507.8	2.34	5.44	100	1549.6	2.45	632.5	5.61	1.13	10.79	18.79	71.08
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2.48	1191.1	682.6	1187.5	504.9	2.36	4.82	96.7	1497.9	2.88	526.9	5.61	1.13	10.79	18.26	73.63
SPESIFIKASI															Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250			Min 15	Min 65		

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1497.9}{1582.6} \times 100\% = 94.65 < 100$$

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

Penetrasi Aspal	: 60/70
Berat Jenis Aspal	: 1.005 gr/cc
di Tes Oleh	: Gelombang II

Campuran : AC - WC
 Test : Kadar Aspal Optimum
 Filler : Semen
 Tanggal Tes : 19 April 2021

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.62	2.83
c	abu batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				%		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)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)	Pelelehan	Marshall Quetient					
a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
				$A - ((P/100) \times (100-A))$	% terhadap total Campuran			$\frac{100}{100-A} \times \frac{A}{C} \times T$			G - F	E H	$100 (D - I)$ D		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi		$\frac{L}{M}$	Combined	$\frac{T(100-A)}{B}$ $\frac{100 \cdot T}{D}$	$\frac{1000(A - P)}{TO (100 - A)}$	$100 - (\frac{I}{B}) \times (100 - A)$	$(R - J)$ R		
I	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.9	1184.8	503.9	2.36	4.70	103	1596.1	3.20	498.8	5.61	1.13	10.79	18.16	74.10
II	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1193	686.6	1189.6	503.0	2.37	4.31	87	1348.2	3.00	449.4	5.61	1.13	10.79	17.83	75.83
III	20	50	29	1	5.75	6.8	2.69	2.78	2.479	1190.2	680.3	1188.1	507.8	2.34	5.44	100	1549.6	2.45	632.5	5.61	1.13	10.79	18.79	71.08
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2.48	1191.1	682.6	1187.5	504.9	2.359	4.82	96.7	1497.9	2.88	526.9	5.61	1.13	10.79	18.26	73.63
SPESIFIKASI															Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250			Min 15	Min 65		

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1497.9}{1582.6} \times 100\% = 94.65 < 100$$

MARSHALL TEST

Nama : Abdi Rifki Imran	Penetrasi Aspal : 60/70	
	Berat Jenis Aspal : 1.005 gr/cc	

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.62	2.83
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)			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) Pembacaan	(mm) Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Pelelehan	(kg / mm) Marshall Quetient	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Variasi Suhu Perendaman				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)												E
a	b	c	d	A	% terhadap total Campuran	Suhu	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$					$\frac{100}{C} \times \frac{A}{T}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$100 (D - 1)$		$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100-A) \times B}{1000(A-P) \times D}$	$\frac{1000(A-P)}{100(100-A)}$	$100 - \frac{(R-J)}{(100-A)}$	$\frac{(R-J)}{R} \times 100$			
IA	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1181.8	688.8	1185.4	496.60	2.38	3.99	110	1659.488	3.50	474.14	5.61	1.13	10.79	17.41	77.11
IIA	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1161.8	667.9	1162.6	494.70	2.35	5.25	87	1312.504	3.53	371.81	5.61	1.13	10.79	18.49	71.62
	Perendaman 4 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				495.65	2.364	4.62	98.50	1486.00	3.52	422.98	5.61	1.13	10.79	17.95	74.36
IA	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1183.6	675.8	1188.9	513.10	2.31	6.93	105	1584.06	3.30	480.02	5.61	1.13	10.79	19.94	65.24
IIA	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1187.4	682.8	1172.9	490.10	2.42	2.25	93	1403.02	3.90	359.75	5.61	1.13	10.79	15.92	85.86
	Perendaman 4 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				501.60	2.365	4.59	99.00	1493.54	3.60	419.88	5.61	1.13	10.79	17.93	75.55
IA	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1180.8	689.8	1188.9	499.10	2.37	4.55	95	1433.19	3.36	427	5.61	1.13	10.79	17.89	74.58
IIA	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1165.9	689.9	1179.9	490.00	2.38	4.00	97	1463.37	4.12	355.19	5.61	1.13	10.79	17.42	77.03
	Perendaman 4 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				494.55	2.373	4.27	96.00	1448.28	3.74	390.87	5.61	1.13	10.79	17.66	75.81
IA	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1192.3	688.8	1192.4	503.60	2.37	4.48	89	1342.68	4.29	312.98	5.61	1.13	10.79	17.83	74.88
IIA	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1181.8	689.6	1185.7	496.10	2.38	3.89	95	1433.19	3.56	402.58	5.61	1.13	10.79	17.33	77.55
	Perendaman 4 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				499.85	2.375	4.18	92.00	1387.94	3.93	357.78	5.61	1.13	10.79	17.58	76.22
SPESIFIKASI																Min 3,0 - 5,0	Min 800	Min 2-4	Min 250			Min 15	Min 65		

MARSHALL TEST

Nama : Abdi Rifki Imran	Penetrasi Aspal : 60/70
	Berat Jenis Aspal : 1.005 gr/cc

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.62	2.83
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)			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)		(mm) Pelelehan	(kg / mm) Marshall Quetient	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Variasi Suhu Perendaman				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Korelasi							
	a	b	c	d	A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
					$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$	% terhadap total Campuran	Suhul			$\frac{100}{C} \times \frac{A}{T}$			G - F	$\frac{E}{H}$	$100(D - I)$		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi	$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100-A) \times B}{100 \times D}$	$\frac{1000(A - P)}{TO(100 - A)}$	$100 - \frac{I}{B} \times \frac{R}{(100 - A)}$	$\frac{(R - J) \times 100}{R}$		
IB	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1180.9	679	1182.9	503.90	2.34	5.4	100	1508.63	4.00	377.16	5.61	1.13	10.79	18.67	70.81
IIB	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1168.5	680.8	1169.2	488.40	2.39	3.5	90	1357.76	3.50	387.93	5.61	1.13	10.79	16.97	79.54
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				496.15	2.368	4.46	95.00	1433.19	3.75	382.54	5.61	1.13	10.79	17.82	75.17
IB	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1178.6	687.9	1182.3	494.40	2.38	3.8	95	1433.194	3.7	387.35	5.61	1.13	10.79	17.27	77.88
IIB	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1177.8	685.1	1183.3	498.20	2.36	4.6	92	1387.935	4.10	338.52	5.61	1.13	10.79	17.95	74.28
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				496.30	2.374	4.22	93.50	1410.56	3.90	362.94	5.61	1.13	10.79	17.61	76.08
IB	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1194.1	689.3	1195.7	506.40	2.36	4.9	95	1433.194	4.55	314.99	5.61	1.13	10.79	18.16	73.22
IIB	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1161.3	679.1	1163.8	484.70	2.40	3.3	89	1342.676	3.30	406.87	5.61	1.13	10.79	16.85	80.21
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				495.55	2.377	4.10	92.00	1387.94	3.93	360.93	5.61	1.13	10.79	17.51	76.72
IB	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1182.6	685.8	1185.9	500.10	2.36	4.6	88	1327.59	4.4	301.73	5.61	1.13	10.79	17.93	74.39
IIB	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1174.8	687.7	1177.6	489.90	2.40	3.2	90	1357.763	4.45	305.12	5.61	1.13	10.79	16.77	80.63
	Perendaman 6 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				495.00	2.381	3.92	89.00	1342.68	4.43	303.42	5.61	1.13	10.79	17.35	77.51
SPESIFIKASI																Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 2-4	Min 250				Min 15	Min 65

MARSHALL TEST

Nama : Abdi Rifki Imran	Penetrasi Aspal : 60/70	
	Berat Jenis Aspal : 1.005	gr/cc

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.59	2.76
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.62	2.83
c	Abu Batu	2.78	3.01
d	Filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%	Stabilitas (Kg)			(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Variasi Suhu Perendaman				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)							
a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
				$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$	% terhadap total Campuran	Suhu	$\frac{100}{100-A} \frac{A}{C} \frac{A}{T}$				$G - F$	$\frac{E}{H}$	$100 \frac{(D - I)}{D}$		$\frac{(Pembacaan \times Kalibrasi Alat) \times Angka Korelasi}{D}$	$\frac{L}{M}$	Combine	$A + \frac{T(100-A)}{B}$	$\frac{1000(A - P)}{TO (100 - A)}$	$100 - \frac{(I/B) \times (R - J)}{(100 - A)}$	$\frac{(R - J)}{R} \times 100$					
IC	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1183.7	679.9	1186.7	506.80	2.34	5.8	90	1357.76	4.10	331.16	5.61	1.13	10.79	18.94	69.55	
IIC	20	50	29	1	5.75	6.8	100	2.69	2.78	2.48	1178.6	689.9	1179.6	489.70	2.41	2.9	85	1282.33	4.00	320.58	5.61	1.13	10.79	16.47	82.42	
	Perendaman 8 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				498.25	2.371	4.33	87.50	1320.05	4.05	325.87	5.61	1.13	10.79	17.71	75.98	
IC	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1177.4	687.8	1178.8	491.00	2.40	3.3	89	1342.67625	4.20	319.68	5.61	1.13	10.79	16.78	80.62	
IIC	20	50	29	1	5.75	6.8	120	2.69	2.78	2.48	1175.9	688.9	1188.8	499.90	2.35	5.1	85	1282.331	4.1	312.76	5.61	1.13	10.79	18.36	72.25	
	Perendaman 8 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				495.45	2.375	4.17	87.00	1312.50	4.15	316.22	5.61	1.13	10.79	17.57	76.43	
IC	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1181.7	693.2	1190.9	497.70	2.37	4.2	69	1156.6125	4.55	254.20	5.61	1.13	10.79	17.60	76.10	
IIC	20	50	29	1	5.75	6.8	140	2.69	2.78	2.48	1179.5	691.7	1186.5	494.80	2.38	3.8	84	1408.05	4.30	327.45	5.61	1.13	10.79	17.27	77.86	
	Perendaman 8 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				496.25	2.379	4.01	76.50	1282.33	4.43	290.83	5.61	1.13	10.79	17.43	76.98	
IC	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1181.8	689.8	1185.4	495.60	2.38	3.8	120	1810.35	4.7	385.18	5.61	1.13	10.79	17.24	78.01	
IIC	20	50	29	1	5.75	6.8	170	2.69	2.78	2.48	1172.8	685.9	1178.1	492.20	2.38	3.9	79	1191.81	4.80	248.29	5.61	1.13	10.79	17.30	77.67	
	Perendaman 8 Hari 30 Menit Suhu 60°C									2.48				493.90	2.384	3.83	99.50	1501.08	4.75	316.74	5.61	1.13	10.79	17.27	77.84	
SPESIFIKASI																Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 2-4	Min 250				Min 15	Min 65	

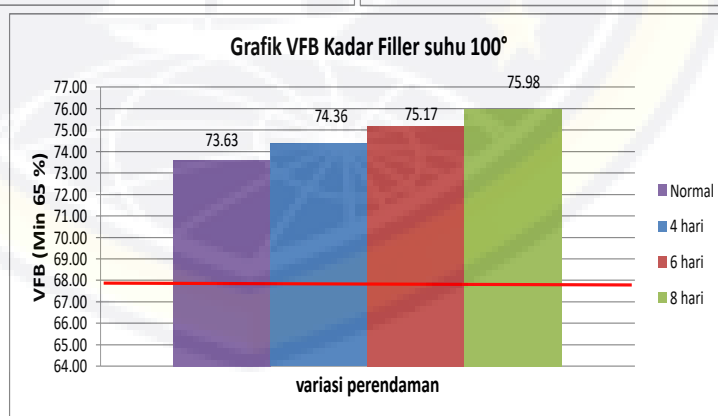
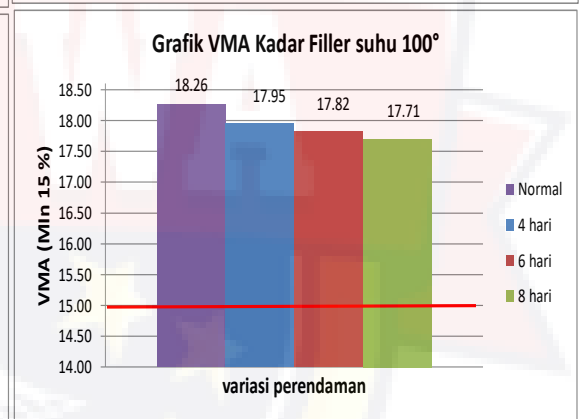
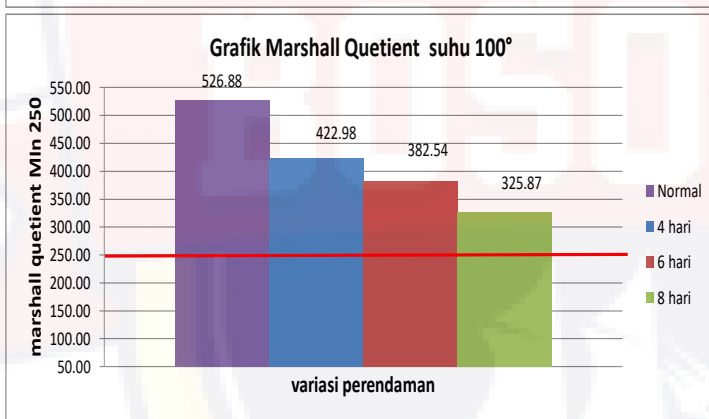
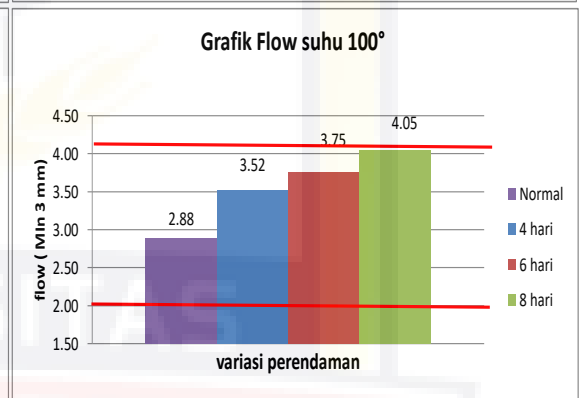
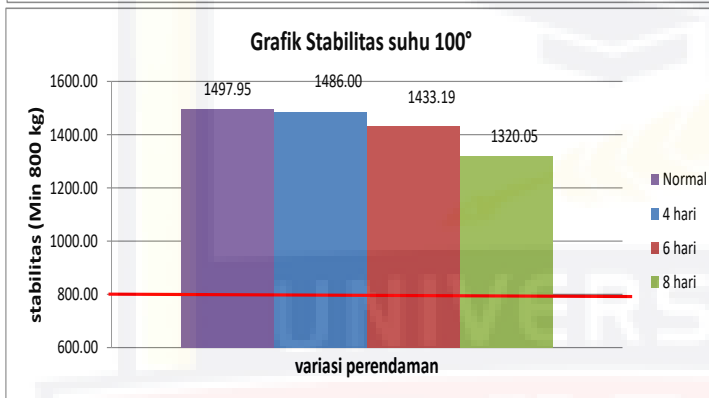
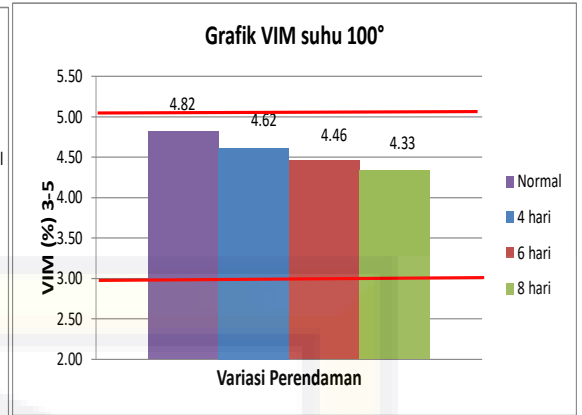
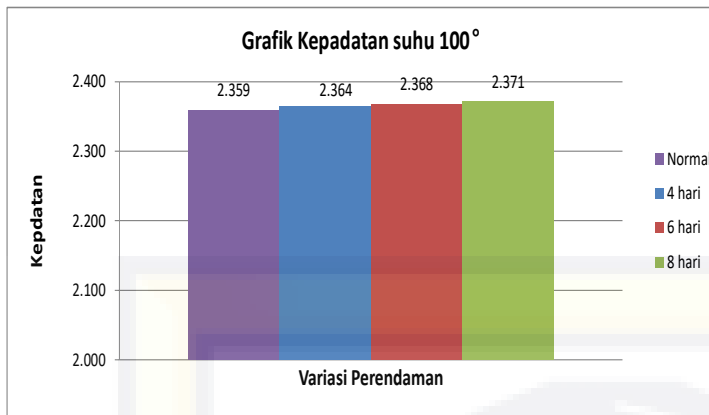
No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		KAO	Suhu 100°			
4 Hari	6 Hari		8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.364	2.368	2.371	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1486.00	1433.19	1320.05	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.52	3.75	4.05	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.62	4.46	4.33	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.95	17.82	17.71	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	422.98	382.54	325.87	Min 250
7	VFB (%)	73.63	74.36	75.17	75.98	Min 65

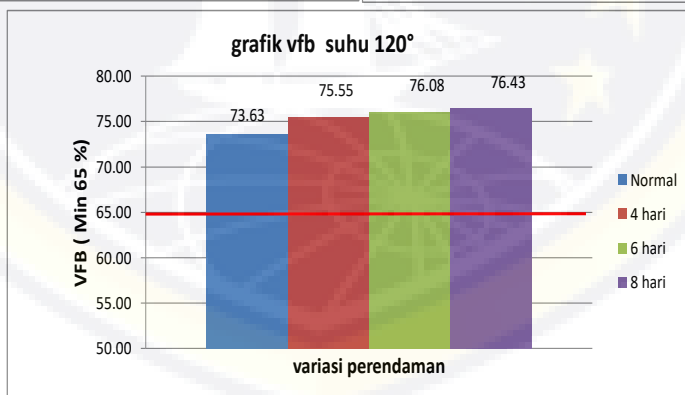
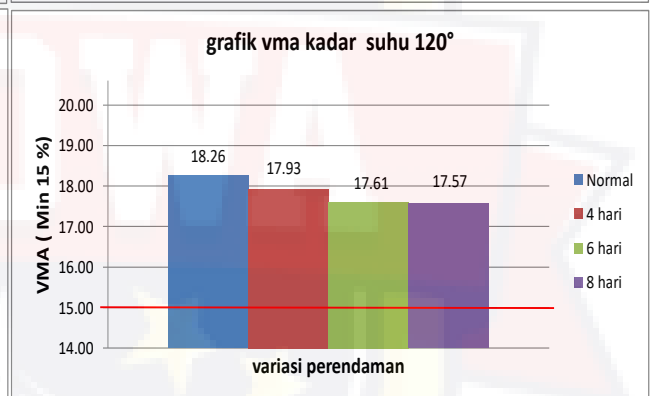
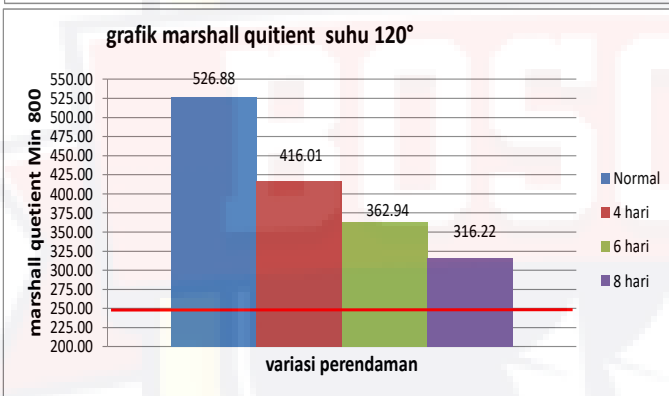
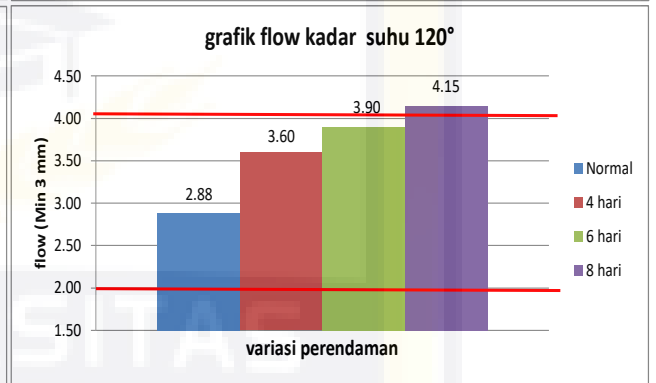
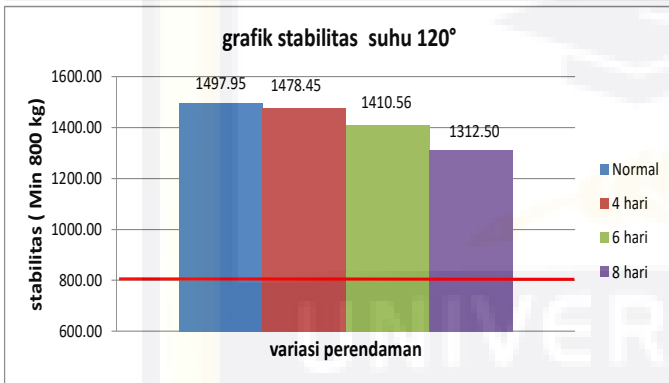
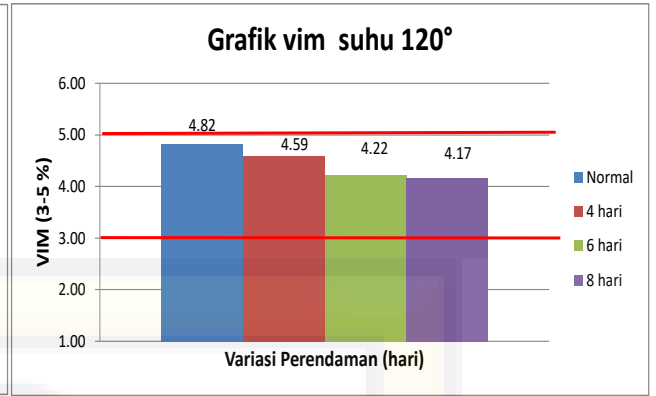
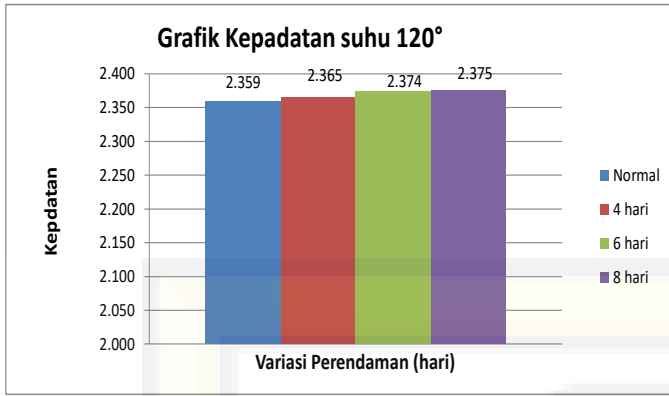
No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		KAO	Suhu 120°			
4 Hari	6 Hari		8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.365	2.374	2.375	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1478.45	1410.56	1312.50	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.60	3.90	4.15	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.59	4.22	4.17	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.93	17.61	17.57	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	416.01	362.94	316.22	Min 250
7	VFB (%)	73.63	75.55	76.08	76.43	Min 65

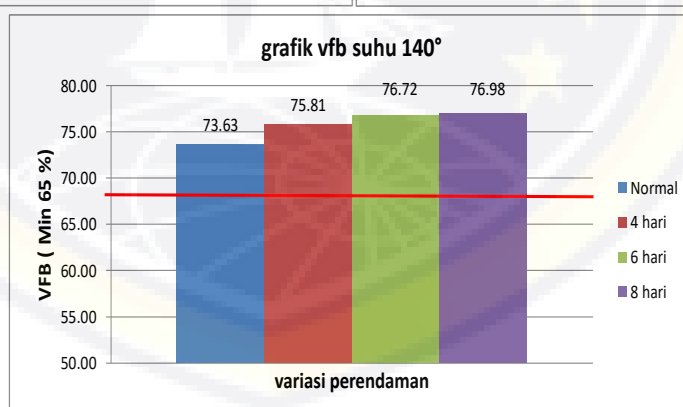
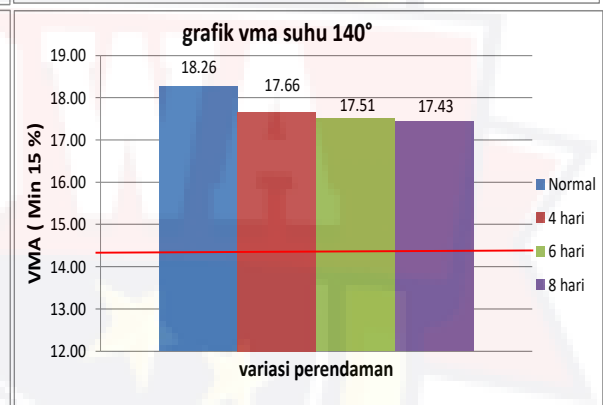
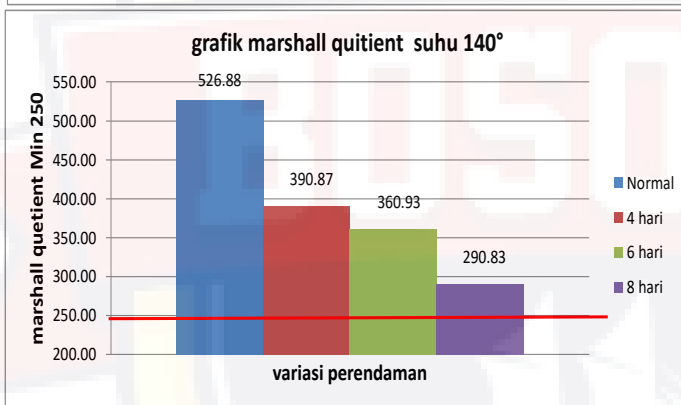
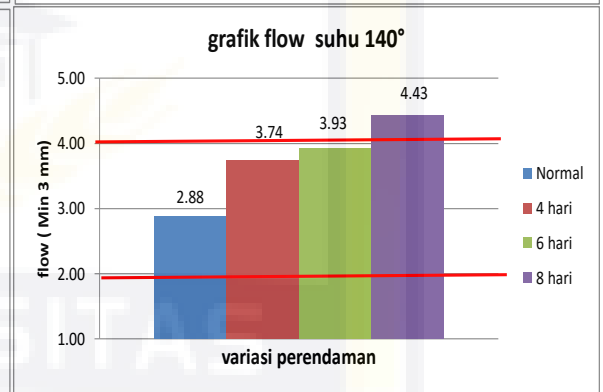
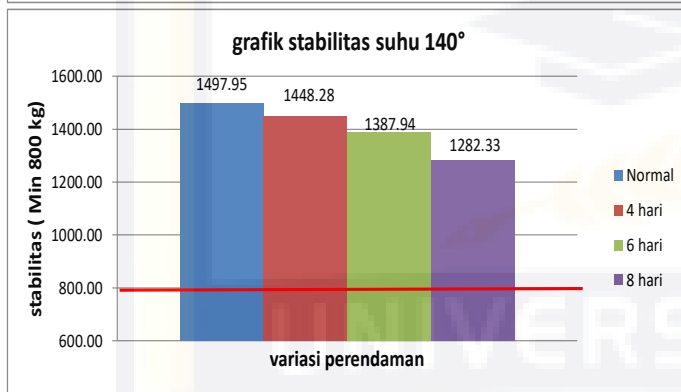
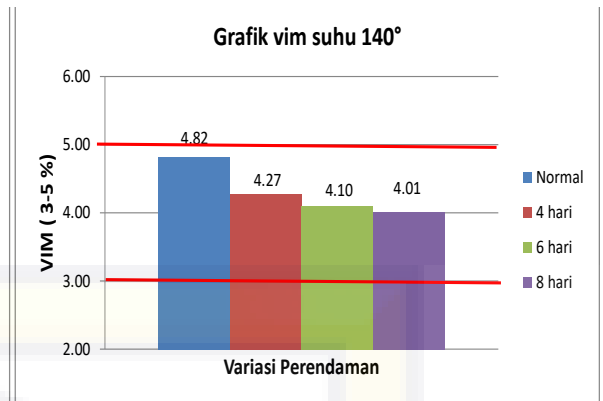
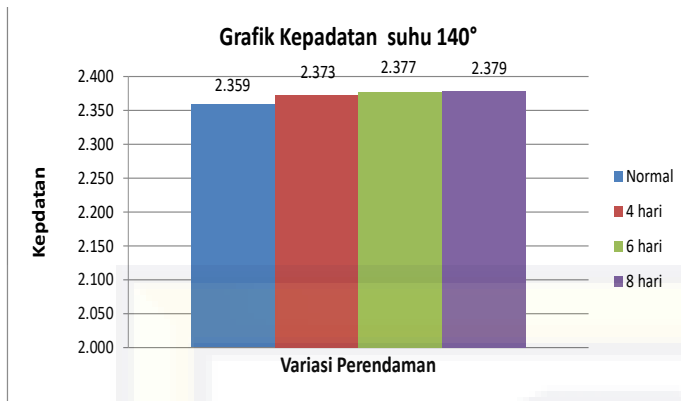
No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		KAO	Suhu 140°			
4 Hari	6 Hari		8 Hari			
1	Kepadatan	2.359	2.373	2.377	2.379	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1448.28	1387.94	1282.33	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.74	3.93	4.43	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.27	4.10	4.01	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.66	17.51	17.43	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	390.87	360.93	290.83	Min 250
7	VFB (%)	73.63	75.81	76.72	76.98	Min 65

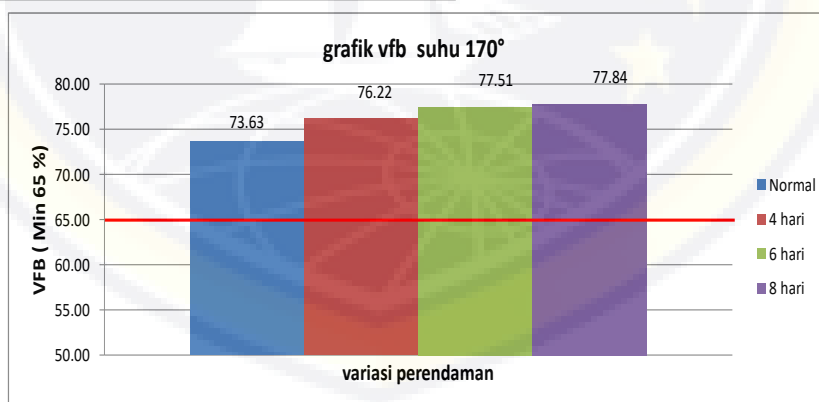
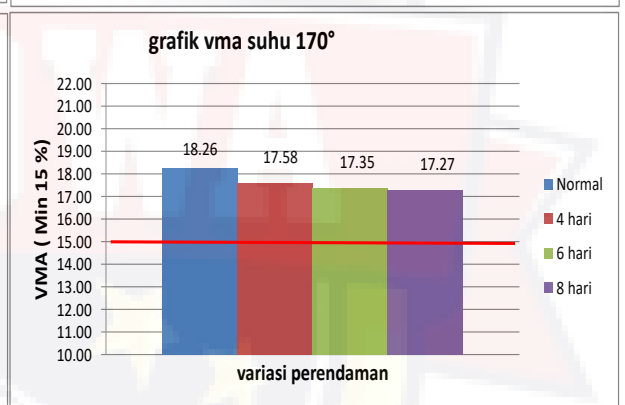
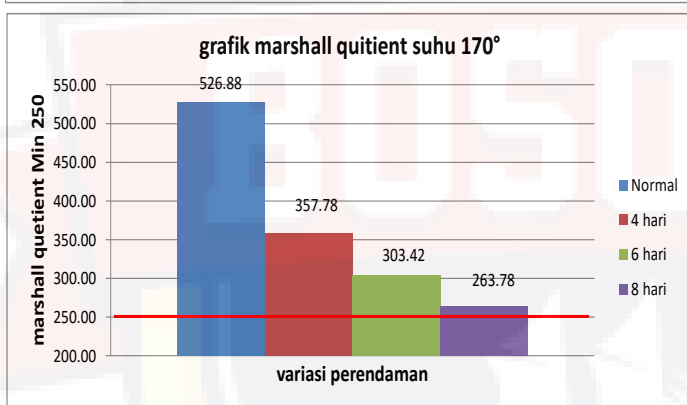
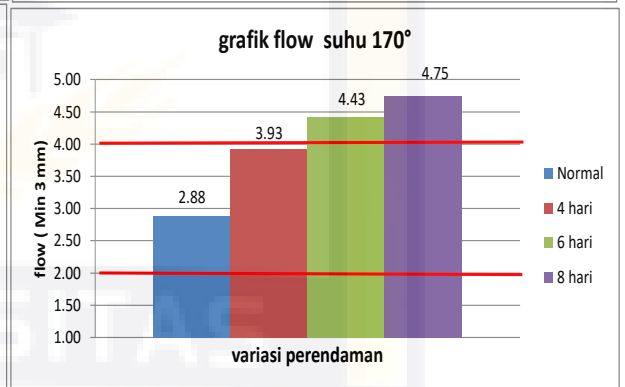
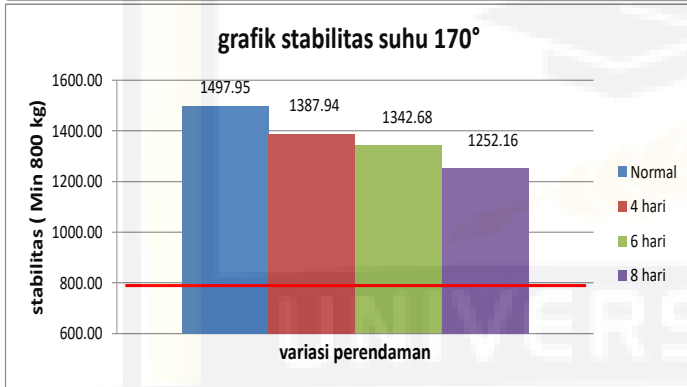
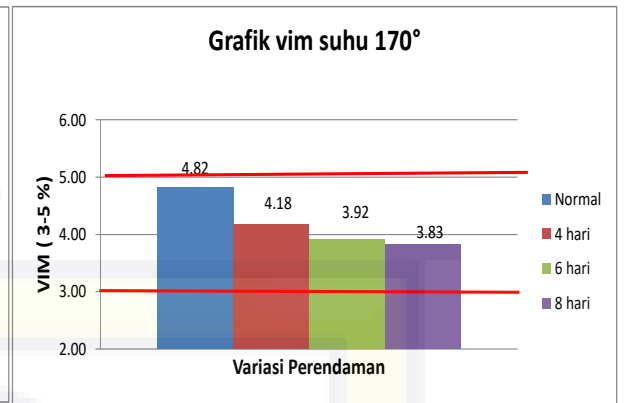
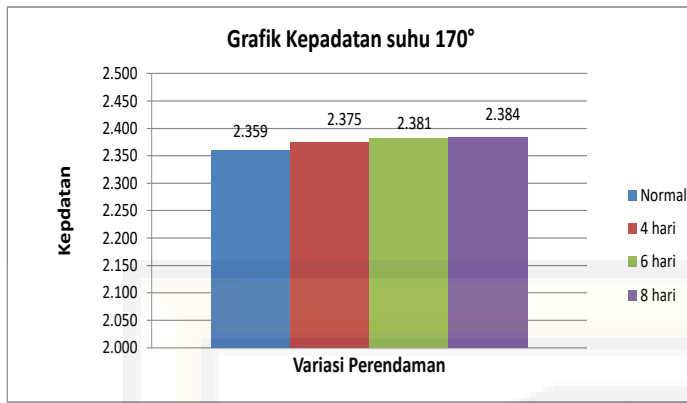
No	Pemeriksaan	Variasi suhu pemadatan				Spesifikasi 2018
		KAO 6.8 %				
		KAO	Suhu 170°			
			4 Hari	6 Hari	8 Hari	
1	Kepadatan	2.359	2.375	2.381	2.384	-
2	Stabilitas (Kg)	1497.95	1387.94	1342.68	1252.16	Min 800
3	Flow (mm)	2.88	3.93	4.43	4.75	Min 2-4
4	VIM (mm)	4.82	4.18	3.92	3.83	Min 3-5
5	VMA (%)	18.26	17.58	17.35	17.27	Min 15
6	MQ (Kg/mm)	526.88	357.78	303.42	263.78	Min 250
7	VFB (%)	73.63	76.22	77.51	77.84	Min 65











a. BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} : \frac{100}{\frac{100 - A}{C} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

- A : Kadar Aspal**
- C : BJ Efektif Gab**
- T : Specific Gravity of Bitument**

$$\text{Max Sg Combined Mix} : \frac{100}{\frac{100 - 6.8}{2.78} + \frac{6.8}{1.005}} = 2.48$$

B Volume Benda Uji

Rumus :

$$\text{Volume Benda uji} = G - F$$

Dimana :

- G : SSD**
- F : Berat Dalam Air**

Kadar Aspal 6,8 %

100° **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1185.4 - 688.8 = 496.6 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1162.6 - 667.9 = 494.7 \text{ m}^3$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1188.9 - 675.8 = 513.1 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1172.9 - 682.8 = 490.1 \text{ m}^3$$

Kadar Aspal 6.8%

140° **Sampel I (Satu)**

$$\text{Volume Benda uji} : 1188.9 - 689.8 = 499.1 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1179.9 - 689.9 = 490 \text{ m}^3$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1192.4 - 688.8 = 503.6 \text{ m}^3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1185.7 - 689.6 = 496.1 \text{ m}^3$$

C BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{E}{H}$$

Dimana :

E : Berat Benda Uji di Udara di Udara

H : Volume Benda Uji

Kadar Aspal 6.8 %

100° Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1181.8}{496.6} = 2.380$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1161.8}{494.7} = 2.348$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1183.6}{513.1} = 2.307$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1187.4}{490.1} = 2.423$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1180.8}{499.1} = 2.366$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1165.9}{490} = 2.379$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1192.3}{503.6} = 2.368$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran} : \frac{1181.8}{496.1} = 2.382$$

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

D : BJ Max Campuran (GMM)

I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

Kadar Aspal 6.8 %

100° Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.38)}{2.48} = 3.99 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.35)}{2.48} = 5.25 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.48 - 2.31)}{2.48} = 6.93 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} \frac{100 (2.47857 - 2.42)}{2.48} = 2.25 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.47857 - 2.37)}{2.48} = 4.55 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.47857 - 2.38)}{2.48} = 4.00 \%$$

Kadar Aspal 5.8 %

170° **Sampel I (Satu)**

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.47857 - 2.37)}{2.48} = 4.48 \%$$

Sampel II (dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2.47857 - 2.38)}{2.48} = 3.89 \%$$

E Stabilitas

Rumus :

Stabilitas **K** x **Angka koreksi** x **Angka kalibrasi**

Dimana :

K : **Pembacaan Stabilitas**

Kadar Aspal 6.8 %

100° **Sampel I (Satu)**

$$110 \times 1.0125 \times 14.9 = 1659.49 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$87 \times 1.0125 \times 14.9 = 1312.50 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° **Sampel I (Satu)**

$$105 \times 1.0125 \times 14.9 = 1584.06 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$93 \times 1.0125 \times 14.9 = 1403.02 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° **Sampel I (Satu)**

$$95 \times 1.0125 \times 14.9 = 1433.19 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$97 \times 1.0125 \times 14.9 = 1463.37 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$89 \times 1.0125 \times 14.9 = 1342.68 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$95 \times 1.0125 \times 14.9 = 1433.19 \text{ Kg}$$

F**Marshall Quotien (Kg/mm)**

Rumus :

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{L}{M}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L & : \text{Stability (Kg) Adjust} \\ M & : \text{Flow (mm)} \end{aligned}$$

Kadar Aspal 6.8 %

100° Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1659.49}{3.50} = 474.14 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1312.50}{3.53} = 371.81 \text{ Kg/mm}$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1584.05625}{3.30} = 480.02 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1403.02125}{3.90} = 359.75 \text{ Kg/mm}$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1433.195}{3.36} = 427 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1463.36625}{4.12} = 355.19 \text{ Kg/mm}$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{1342.68}{4.29} = 312.98 \text{ Kg/mm}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{1433.19}{3.56} = 402.58 \text{ Kg/mm}$$

G VMA

Rumus :

$$\text{VMA } 100 - \frac{I}{B} \times 100 - A$$

Dimana :

- I** : BJ Bulk Campuran Pemasatan
B : BJ Bulk Gab
A : Kadar Aspal

Kadar Aspal 6.8 %

100° Sampel I (Satu)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.38}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.41 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.35}{2.69} \times 100 - 6.8 = 18.49 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° Sampel I (Satu)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.31}{2.69} \times 100 - 6.8 = 19.94 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.42}{2.69} \times 100 - 6.8 = 15.92 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° Sampel I (Satu)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.37}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.89 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA : } 100 - \frac{2.38}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.42 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.37}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.83 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.38}{2.69} \times 100 - 6.8 = 17.33 \%$$

H VFB %

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{R - J}{R} \times 100$$

Dimana :

$$\begin{aligned} J &: \text{VIM} \\ R &: \text{VMA} \end{aligned}$$

Kadar Aspal 6.8 %

100° Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{17.41 - 3.99}{17.41} \times 100 = 77.11 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{18.49 - 7.13}{20.11} \times 100 = 71.62 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

120° Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{19.94 - 7.65}{20.56} \times 100 = 65.24 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{15.92 - 4.21}{17.60} \times 100 = 85.86 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

140° Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{17.89 - 6.07}{19.21} \times 100 = 74.58 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{17.42 - 5.95}{19.10} \times 100 = 77.03 \%$$

Kadar Aspal 6.8 %

170° Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} = \frac{17.83 - 6.42}{19.50} \times 100 = 74.88 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} = \frac{17.33 - 6.16}{19.28} \times 100 = 77.55 \%$$

Absorpsi Aspal terhadap berat

I total campuran

Rumus :

$$= A + \frac{T (100 - A)}{B} - \frac{100 \times T}{D}$$

Dimana :

- A : Kadar Aspal
- B : BJ Bulk Gab
- D : BJ Max Campuran GMM
- T : Specific Gravity of Bitument

Kadar Aspal 6.8 %

$$= 6.8 + \frac{1.005}{2.69} \frac{100 - 6.8}{2.48} - \frac{100 \times 1.005}{2.48} = 1,13$$

J tebal film

Rumus :

$$\text{Tebal Film} = \frac{1000 (A - P)}{T \cdot O (100 - A)}$$

Dimana :

- A : Kadar aspal
- P : Absorsi Aspal
- T : Specific Gravity of Bitument
- O : Luas permukaan agregat

Kadar Aspal 5.8 %

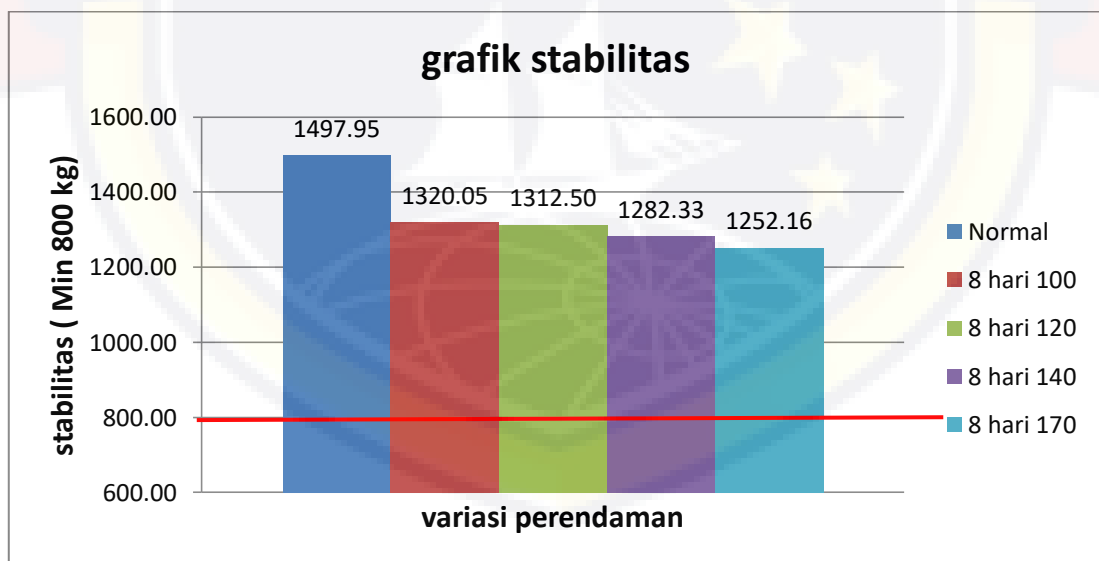
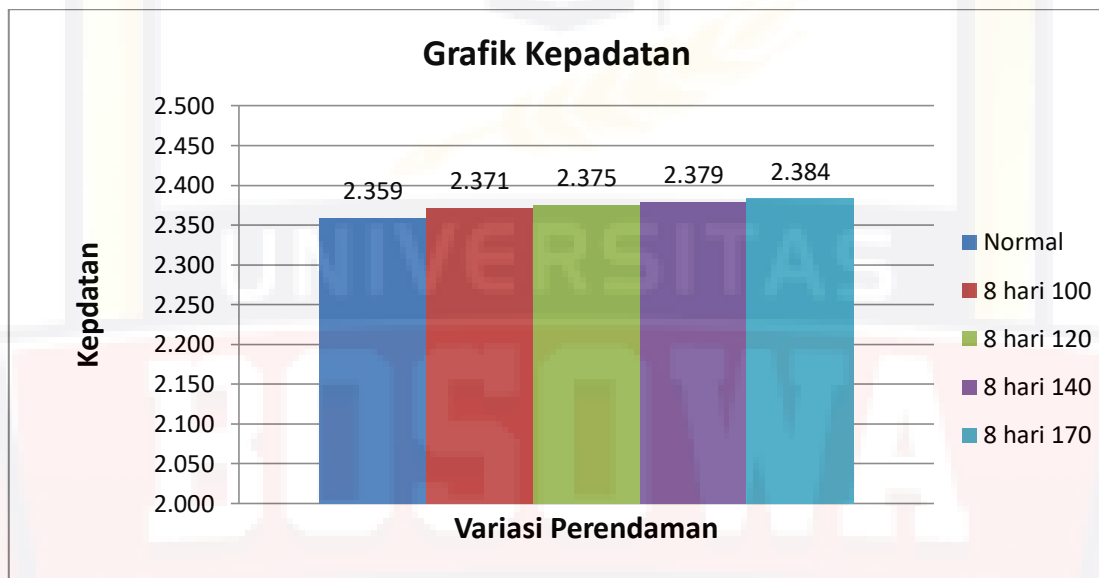
Sampel I (Satu)

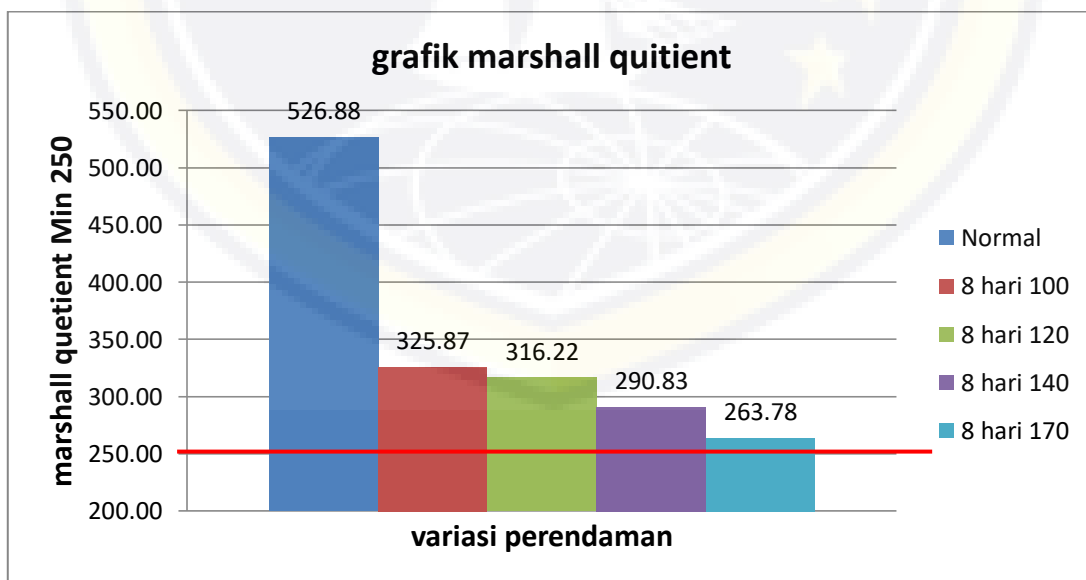
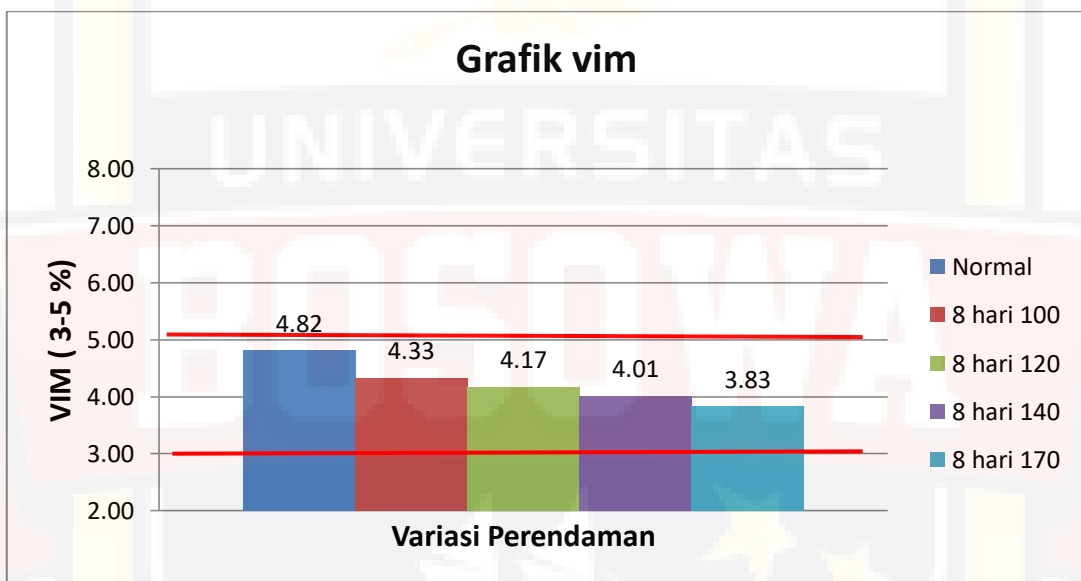
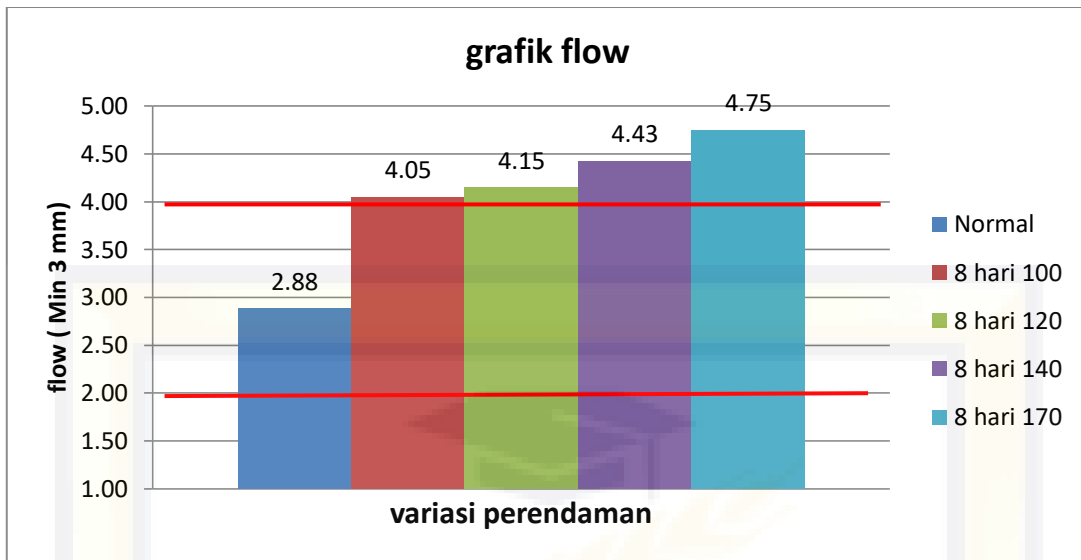
$$\frac{1000}{1.005} \frac{6.8 - 5.61}{100 - 6.8} - \frac{1.13}{100} = 10.79$$

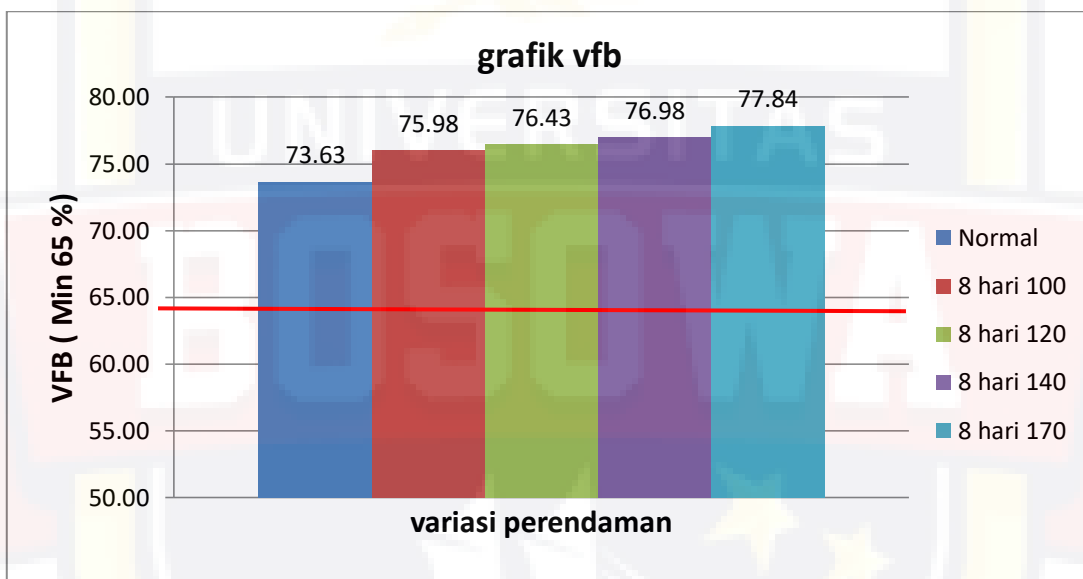
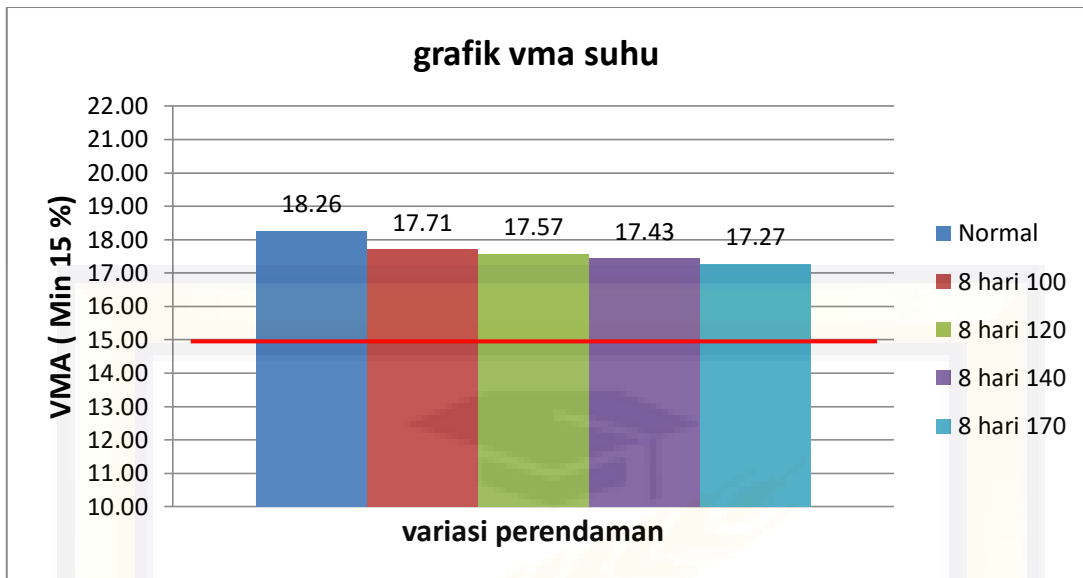
**G
R
A
F
I
K
G
A
B
U
N
G
A
N**



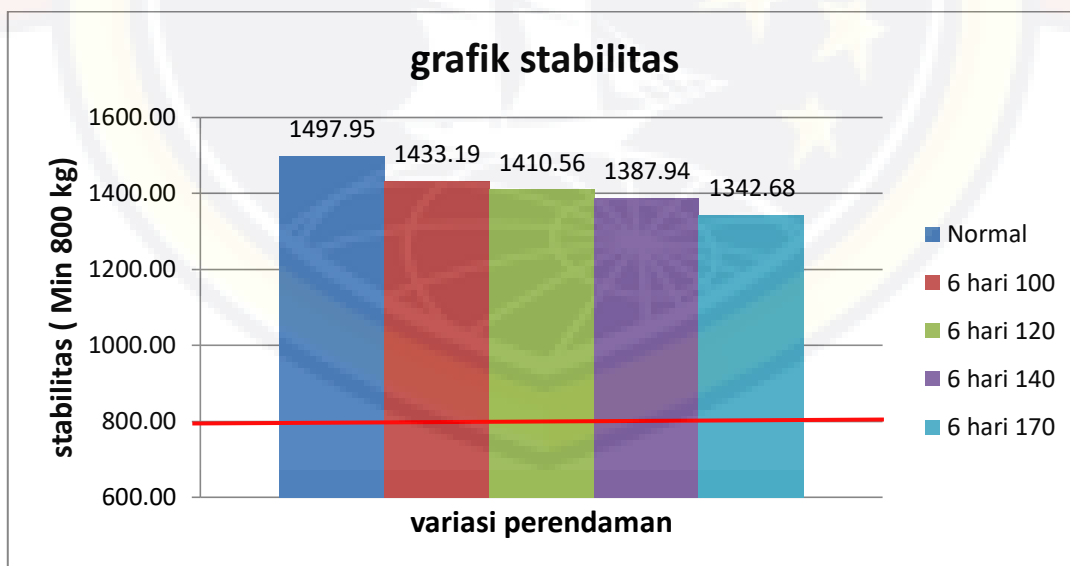
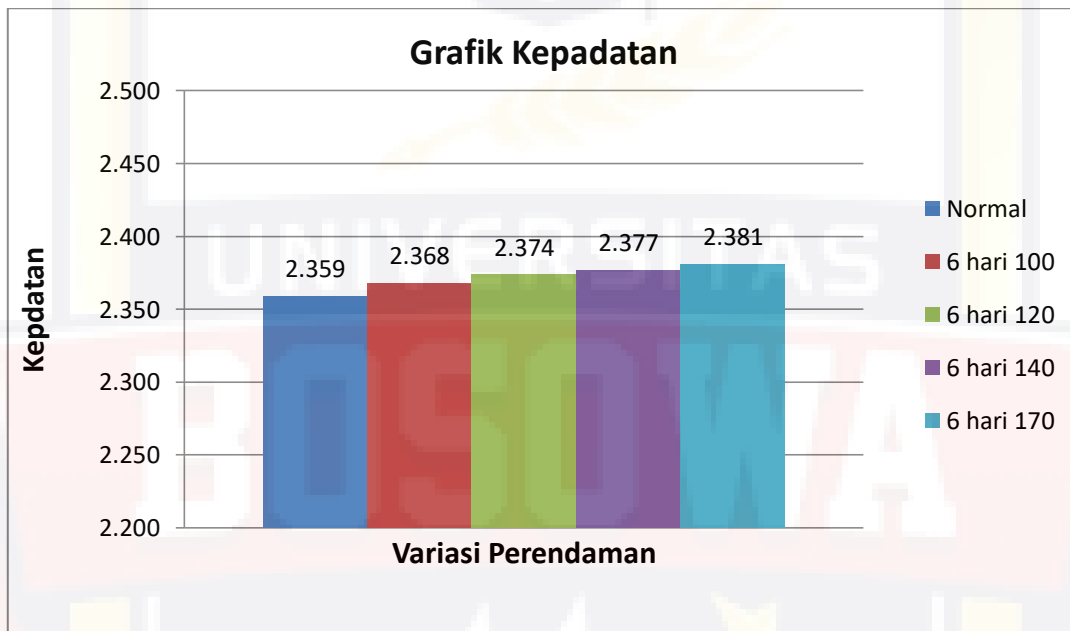
No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Perendaman				Spesifikasi 2018
			KAO 6.8 %				
			8 Hari	8 Hari	8 Hari	8 Hari	
			8 Hari	8 Hari	8 Hari	8 Hari	
1	Kepadatan	2.36	2.371	2.375	2.379	2.384	-
2	VIM (%)	4.82	4.33	4.17	4.01	3.83	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1320.05	1312.50	1282.33	1252.16	Min 800
4	Flow (mm)	2.88	4.05	4.15	4.43	4.75	Min 2-4
5	MQ (Kg/mm)	526.88	325.87	316.22	290.83	263.78	Min 250
6	VMA (%)	18.26	17.71	17.57	17.43	17.27	Min 15
7	VFB (%)	73.63	75.98	76.43	76.98	77.84	Min 65

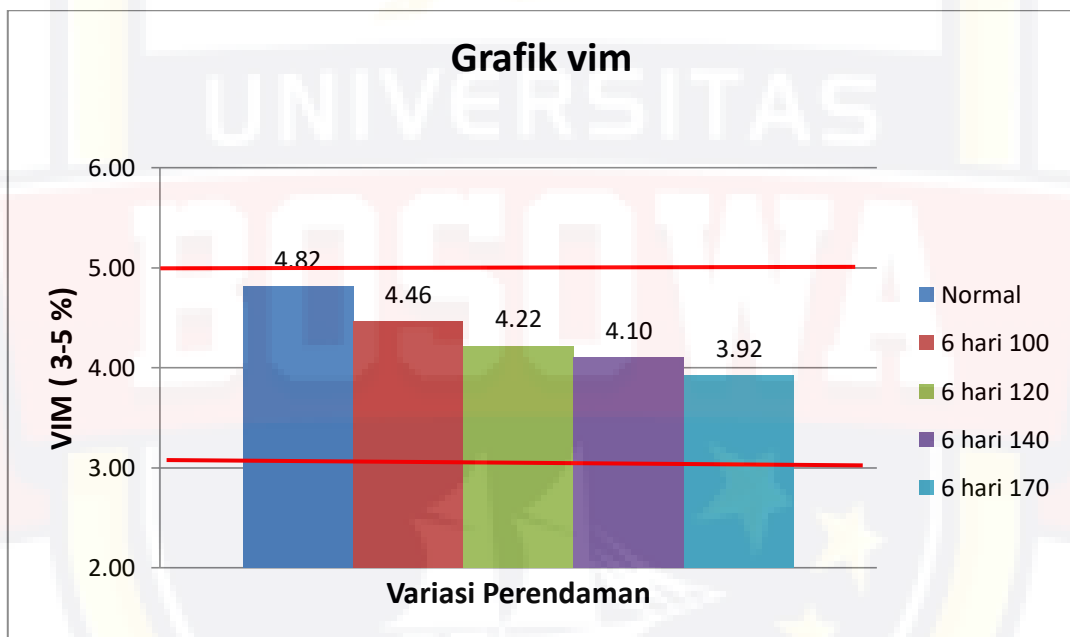
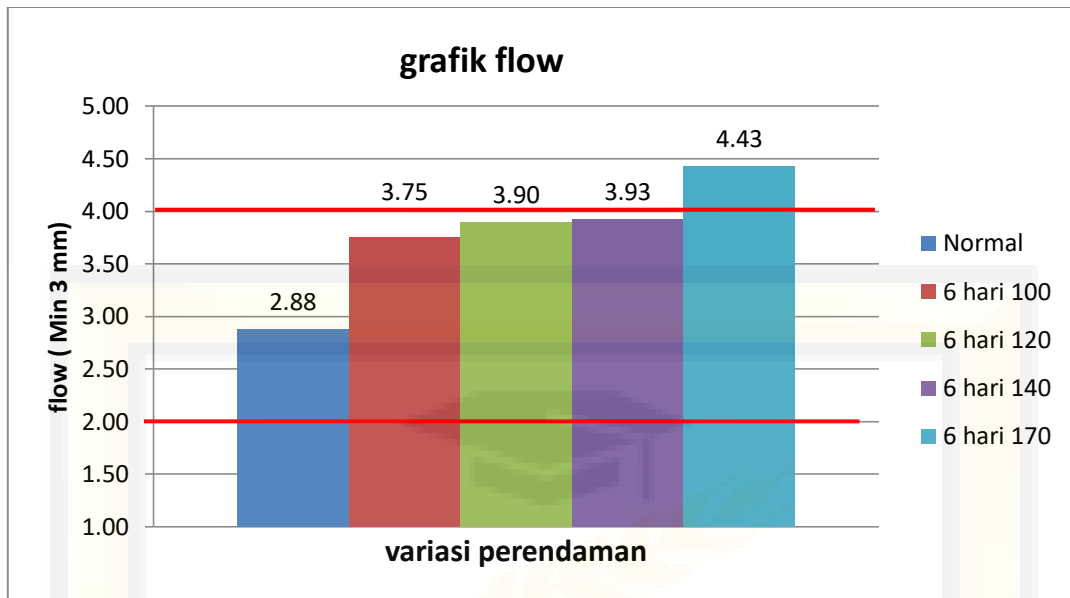


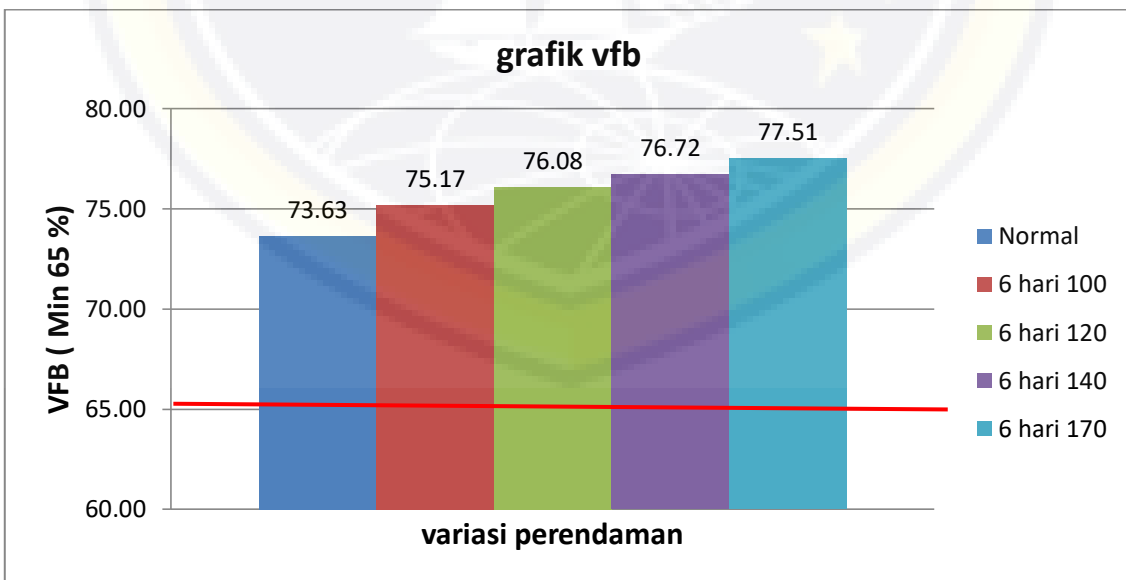
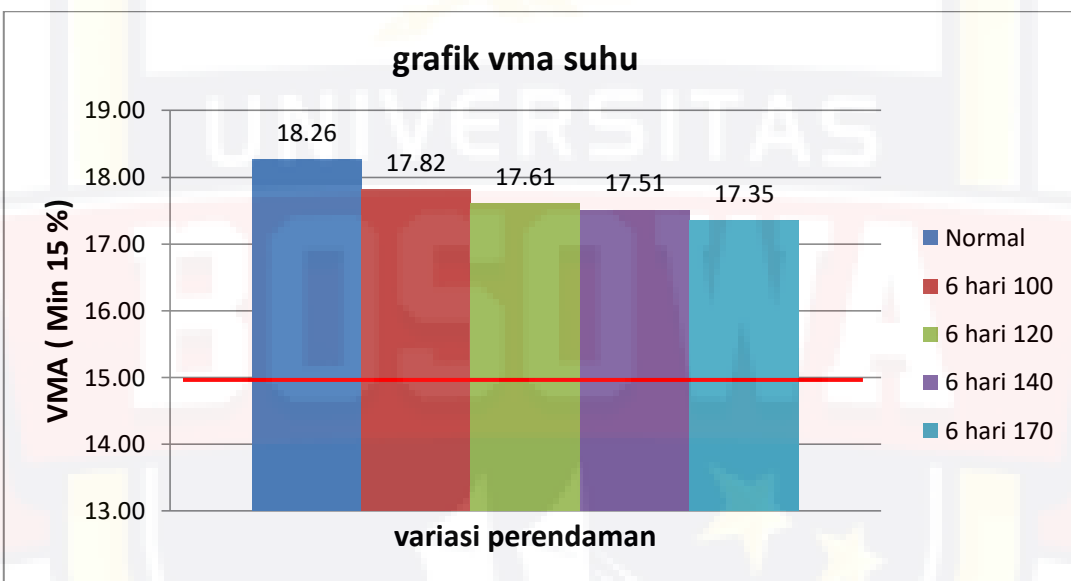
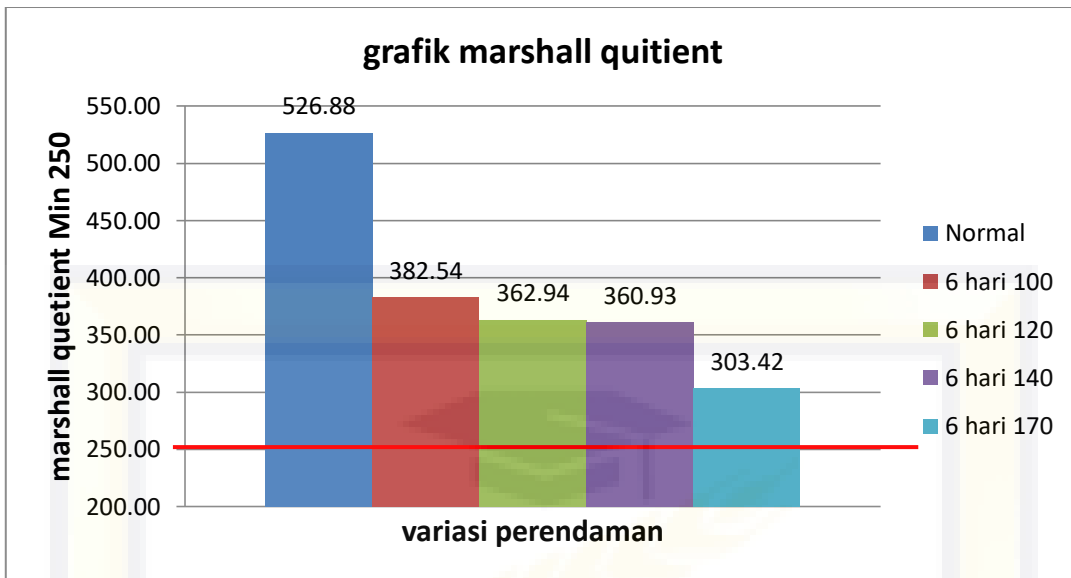




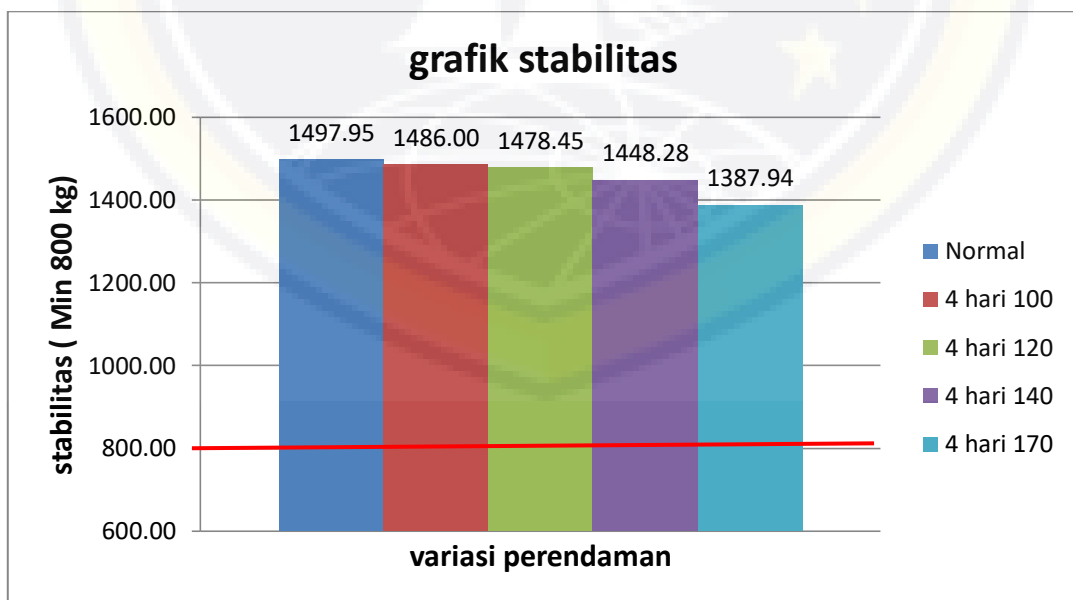
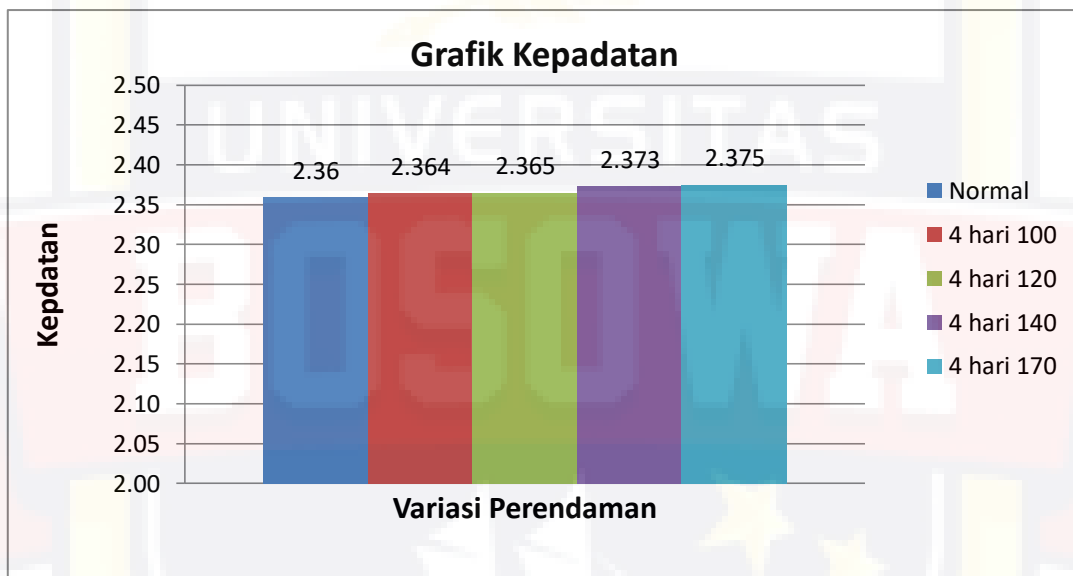
No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Perendaman				Spesifikasi 2018
			KAO 6.8 %				
			6 Hari	6 Hari	6 Hari	6 Hari	
			6 Hari	6 Hari	6 Hari	6 Hari	
1	Kepadatan	2.359	2.368	2.374	2.377	2.381	-
2	VIM (%)	4.82	4.46	4.22	4.10	3.92	3-5
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1433.19	1410.56	1387.94	1342.68	Min 800
4	Flow (mm)	2.88	3.75	3.90	3.93	4.43	Min 2-4
5	MQ (Kg/mm)	526.88	382.54	362.94	360.93	303.42	Min 250
6	VMA (%)	18.26	17.82	17.61	17.51	17.27	Min 15
7	VFB (%)	73.63	75.17	76.08	76.72	77.51	Min 65

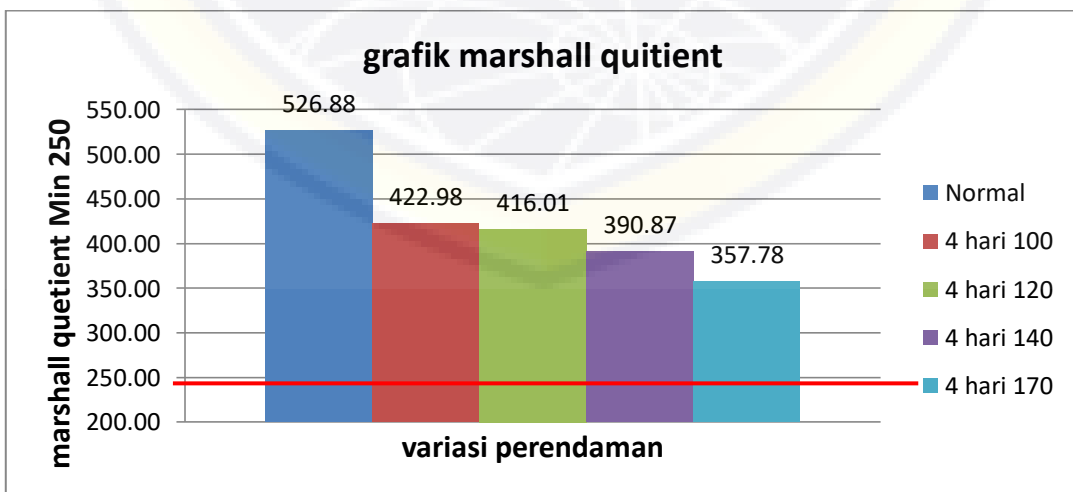
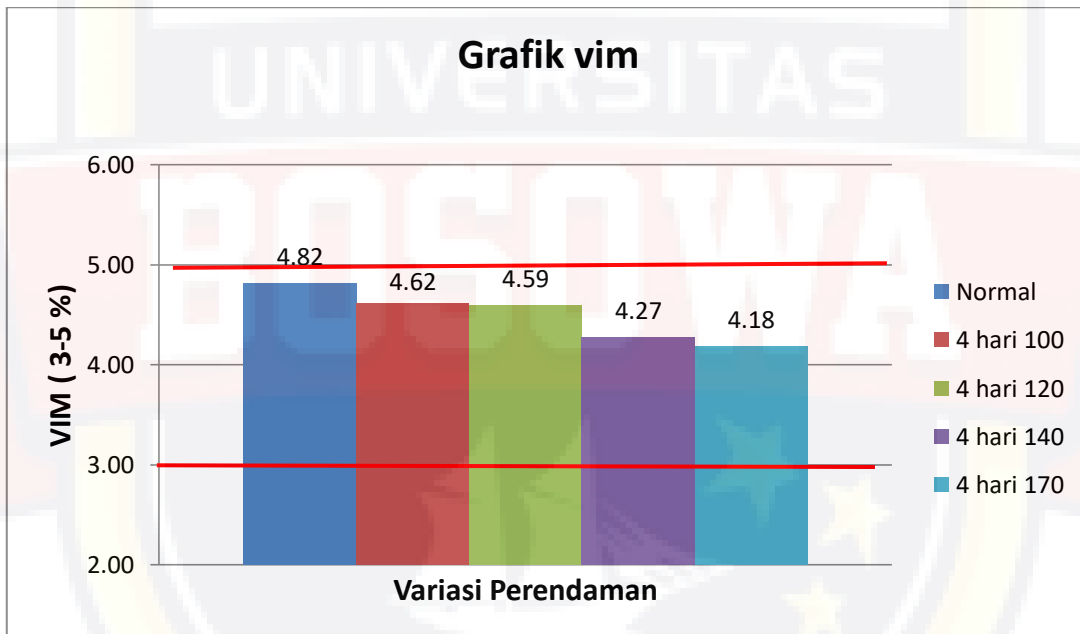
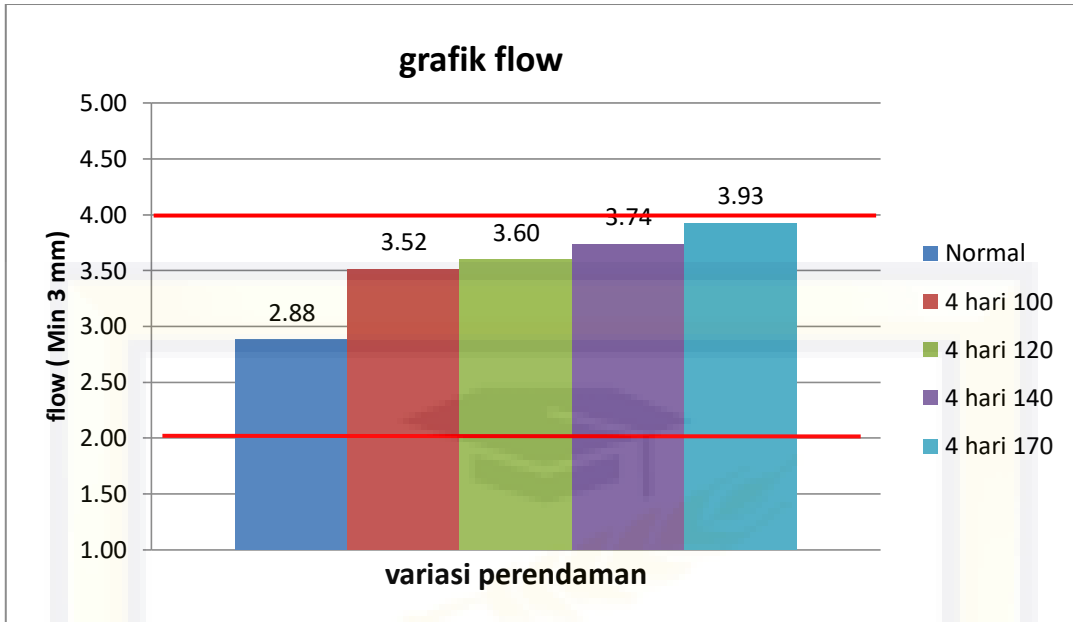


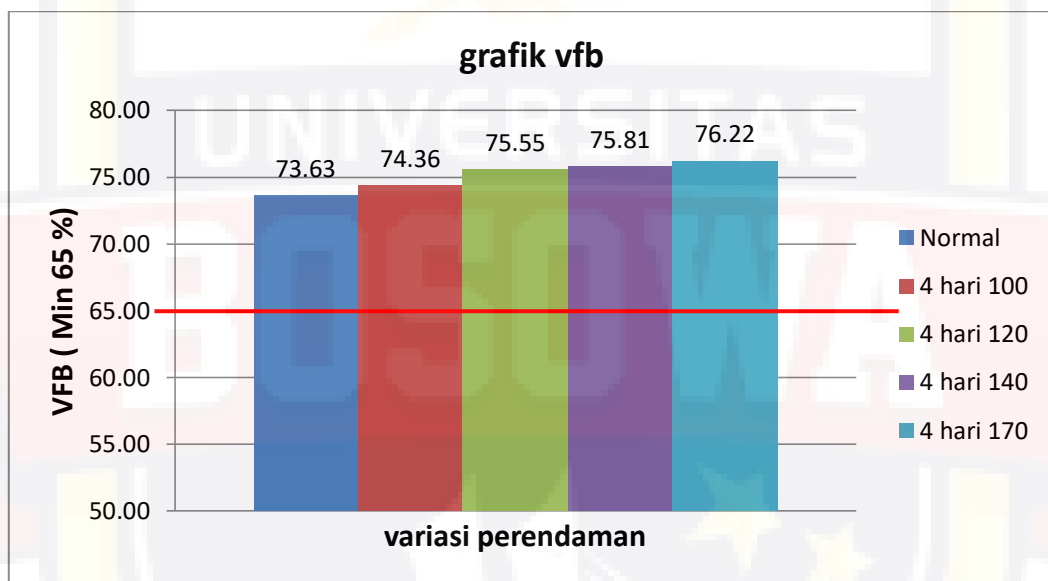
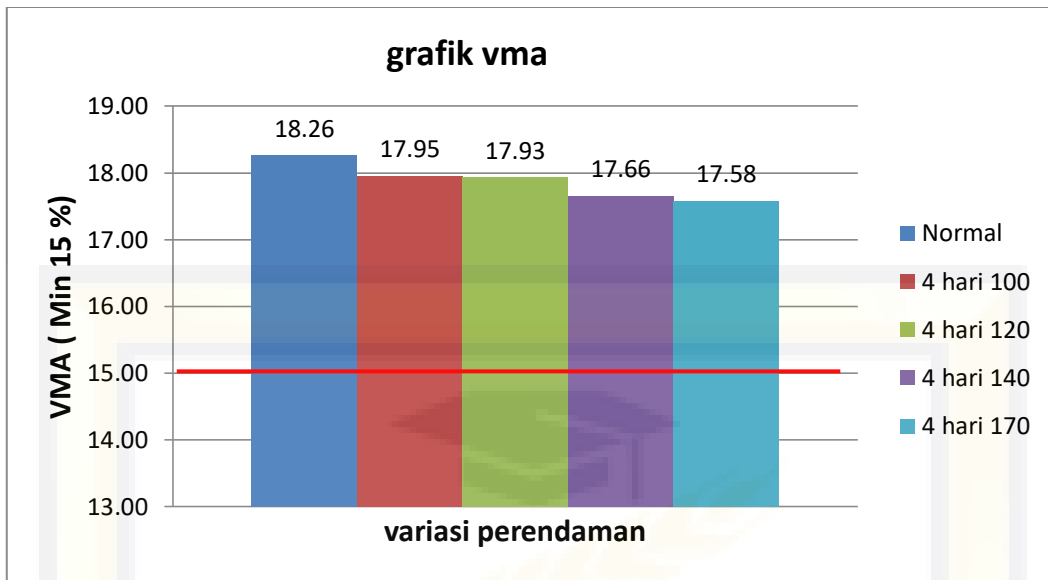




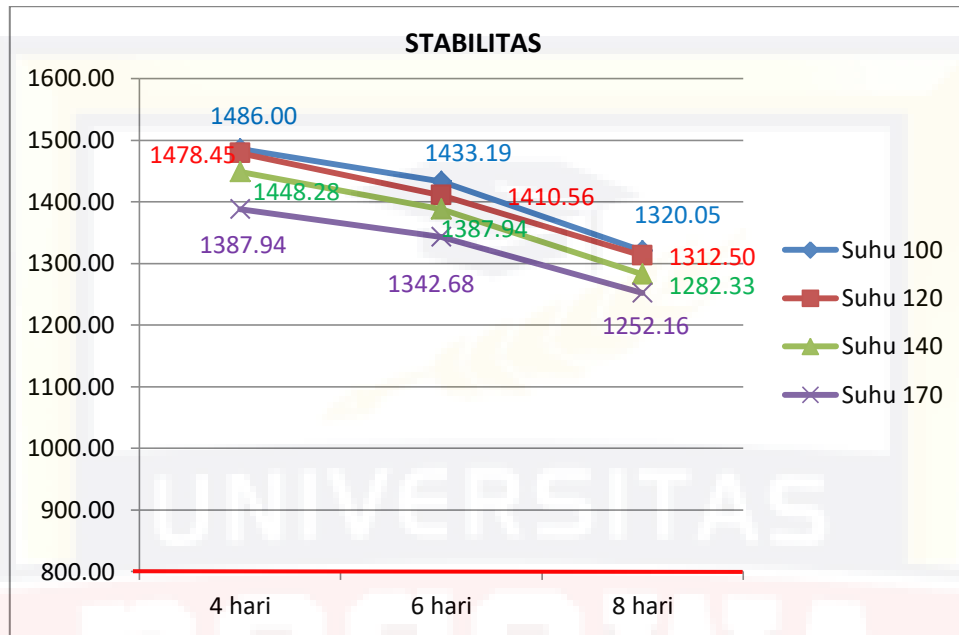
No	Pemeriksaan	KAO	Variasi Perendaman					Spesifikasi 2018
			KAO 6.8 %					
			100	120	140	170		
			4 Hari	4 Hari	4 Hari	4 Hari		
1	Kepadatan	2.359	2.364	2.365	2.373	2.375	-	
2	VIM (%)	4.82	4.62	4.59	4.27	4.18	3-5	
3	Stabilitas (Kg)	1497.95	1486.00	1478.45	1448.28	1387.94	Min 800	
4	Flow (mm)	2.88	3.52	3.60	3.74	3.93	Min 2-4	
5	MQ (Kg/mm)	526.88	422.98	416.01	390.87	357.78	Min 250	
6	VMA (%)	18.26	17.95	17.93	17.66	17.58	Min 15	
7	VFB (%)	73.63	74.36	75.55	75.81	76.22	Min 65	



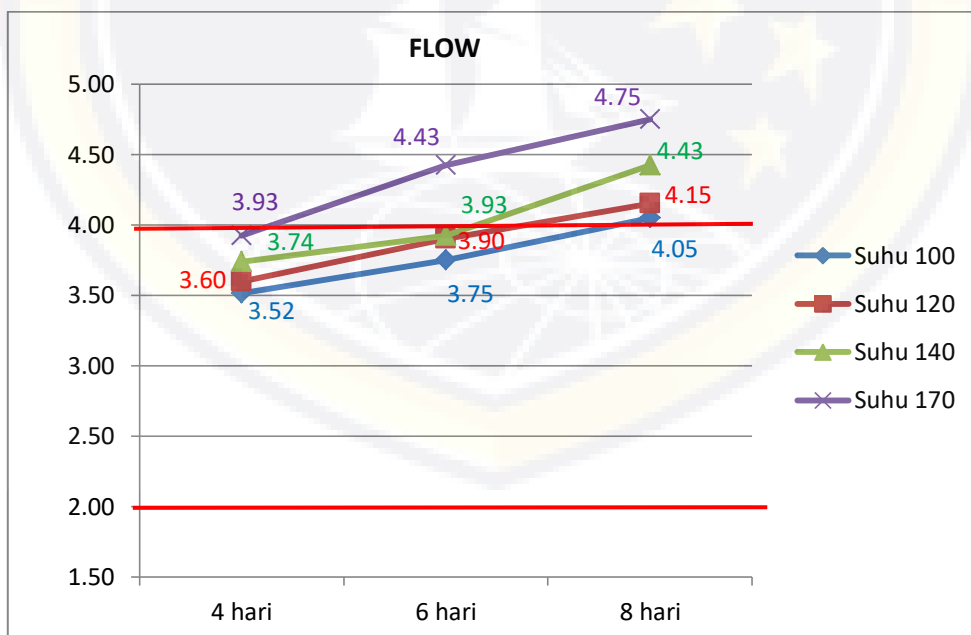




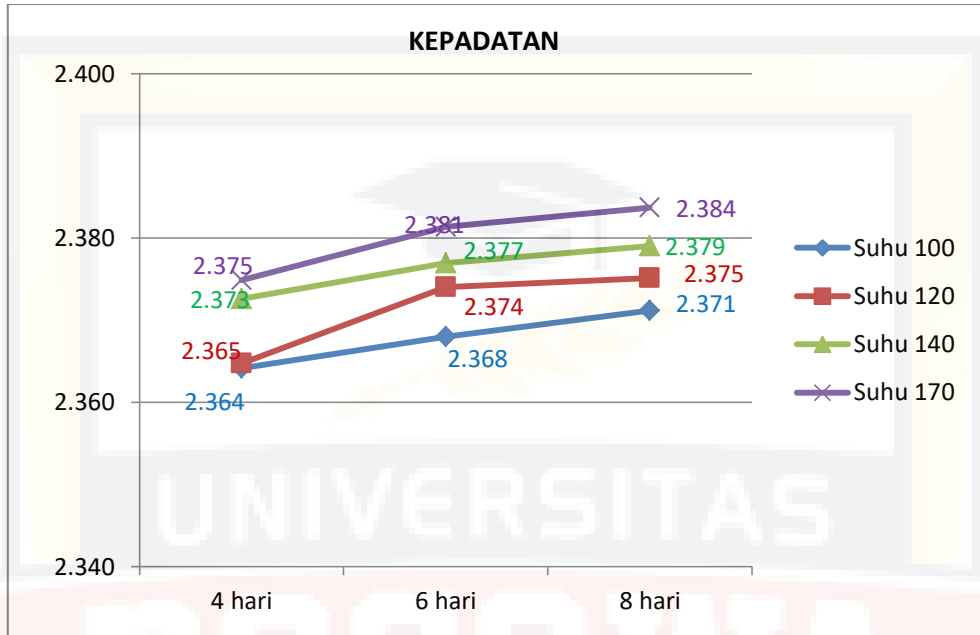
STABILITAS				
	100	120	140	170
4 hari	1486.00	1478.45	1448.28	1387.94
6 hari	1433.19	1410.56	1387.94	1342.68
8 hari	1320.05	1312.50	1282.33	1252.16



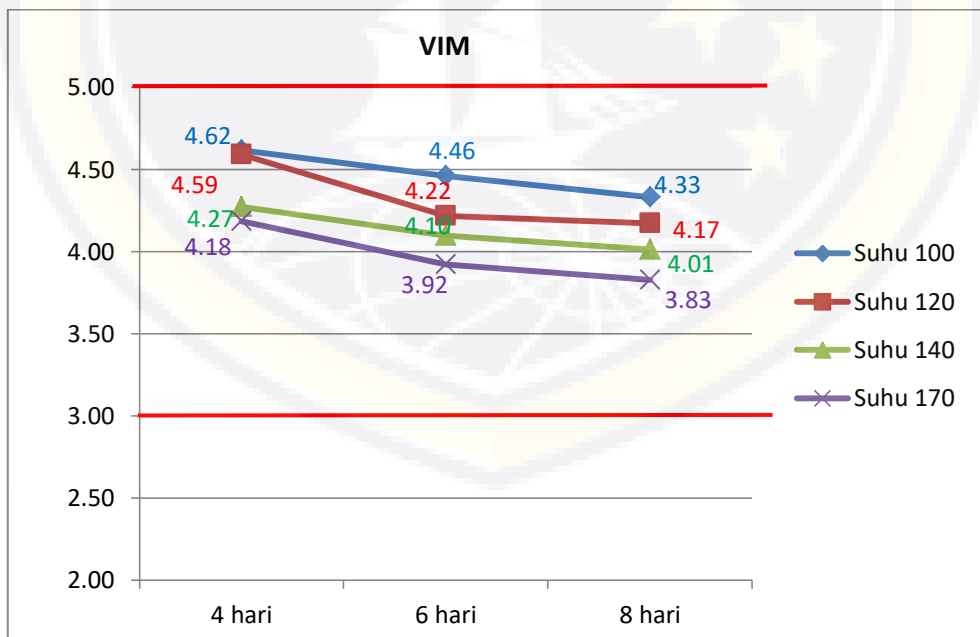
FLOW				
	100	120	140	170
4 hari	3.52	3.60	3.74	3.93
6 hari	3.75	3.90	3.93	4.43
8 hari	4.05	4.15	4.43	4.75



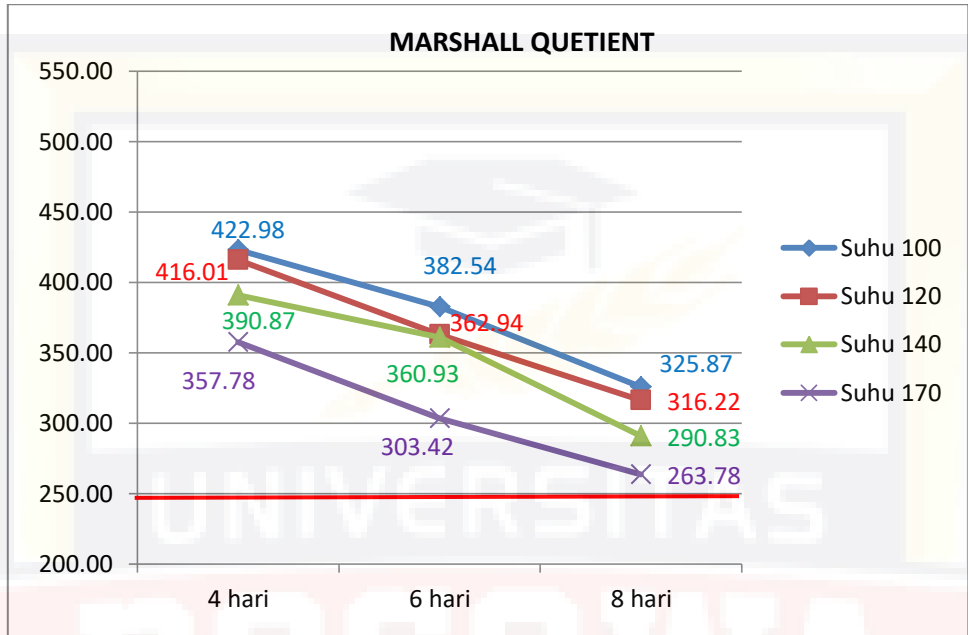
KEPADATAN				
	100	120	140	170
4 hari	2.364	2.365	2.373	2.375
6 hari	2.368	2.374	2.377	2.381
8 hari	2.371	2.375	2.379	2.384



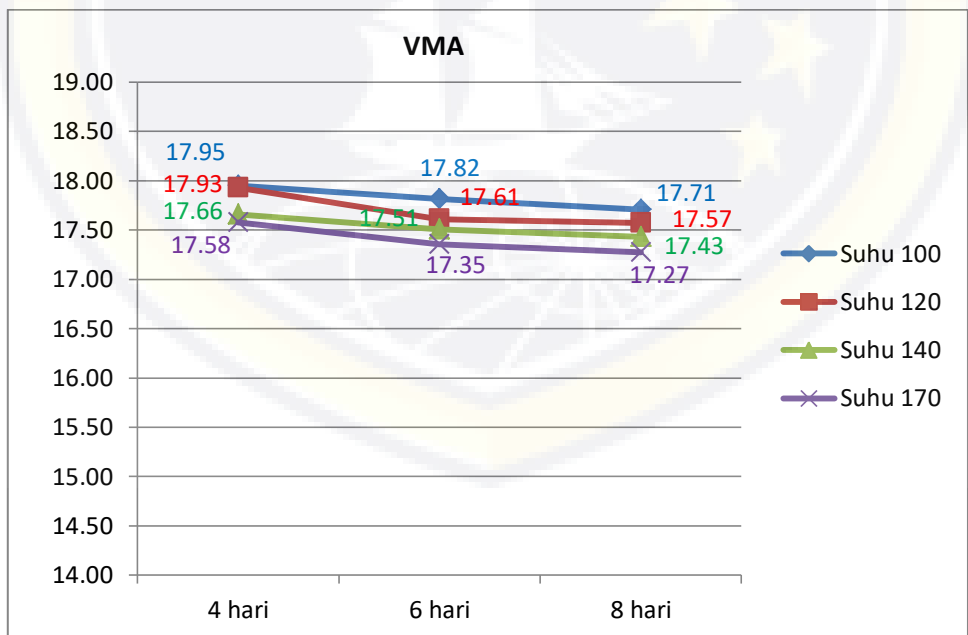
VIM				
	100	120	140	170
4 hari	4.62	4.59	4.27	4.18
6 hari	4.46	4.22	4.10	3.92
8 hari	4.33	4.17	4.01	3.83



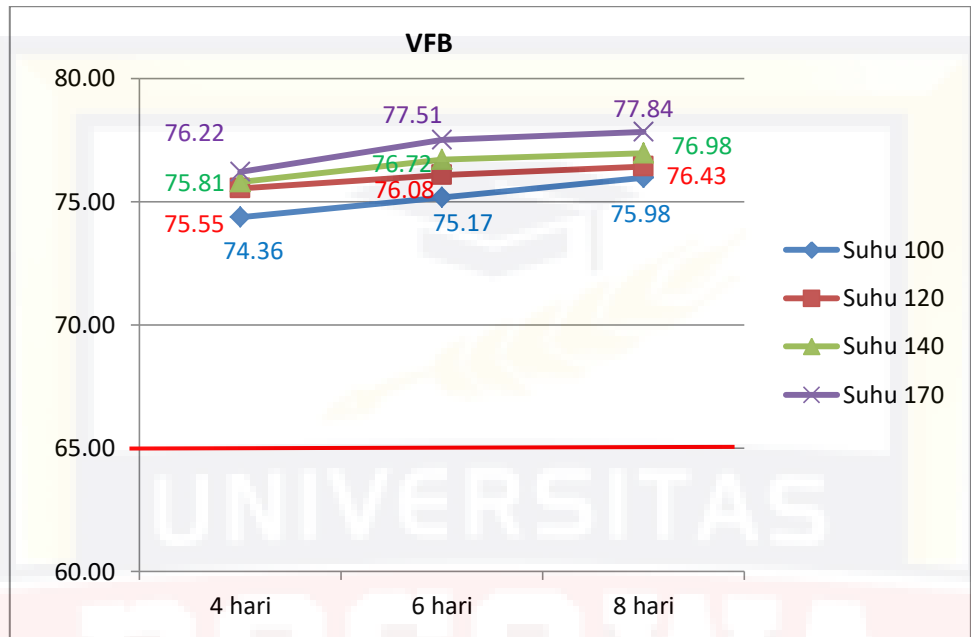
MQ				
	100	120	140	170
4 hari	422.98	416.01	390.87	357.78
6 hari	382.54	362.94	360.93	303.42
8 hari	325.87	316.22	290.83	263.78

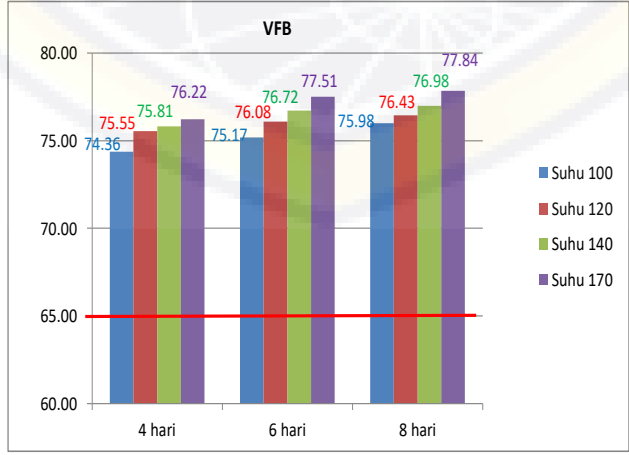
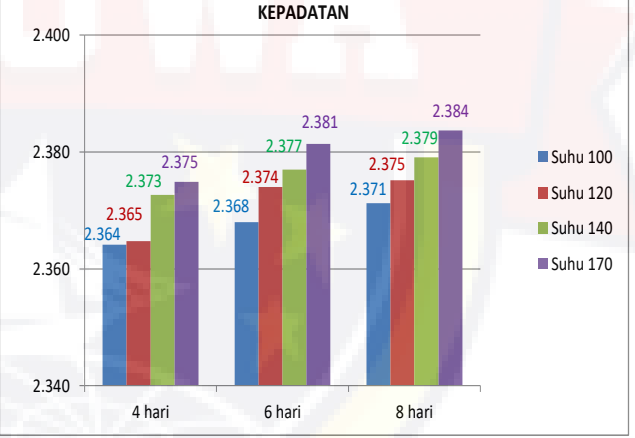
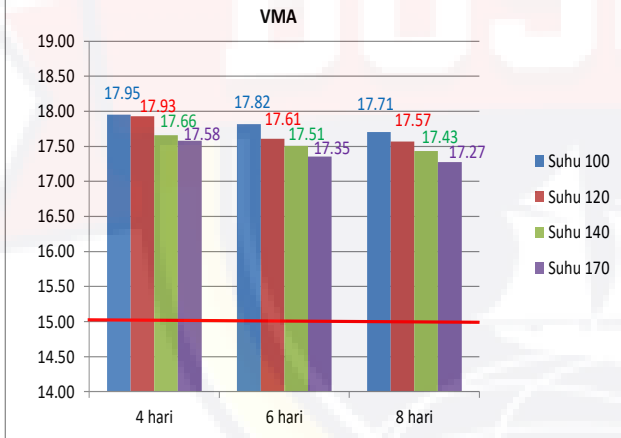
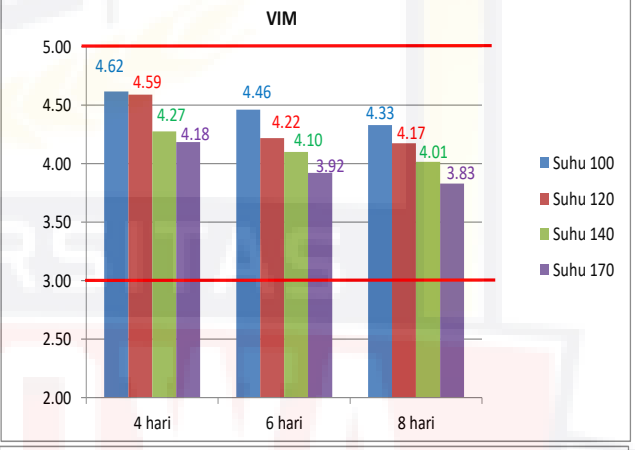
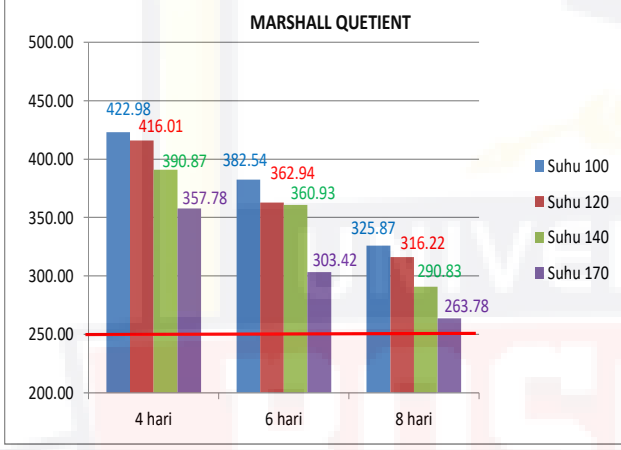
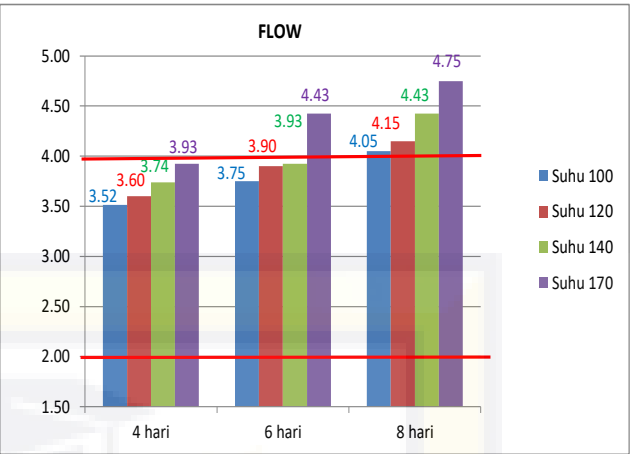
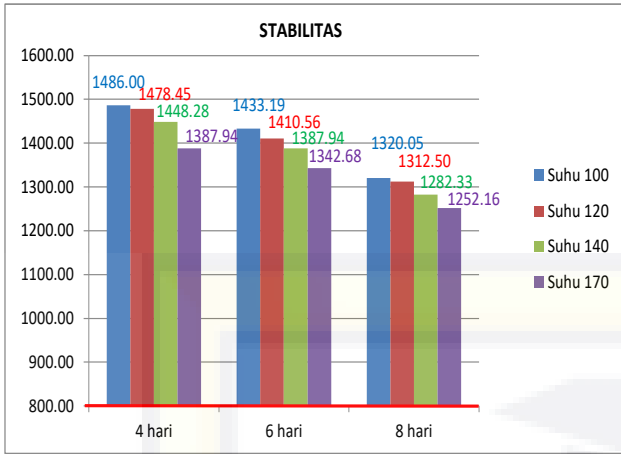


VMA				
	100	120	140	170
4 hari	17.95	17.93	17.66	17.58
6 hari	17.82	17.61	17.51	17.35
8 hari	17.71	17.57	17.43	17.27



VFB				
	100	120	140	170
4 hari	74.36	75.55	75.81	76.22
6 hari	75.17	76.08	76.72	77.51
8 hari	75.98	76.43	76.98	77.84





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 Kadar Lumpur



Pengujian Berat Jenis Aspal



Proses Sangrai Material



Penambahan aspal Pada material



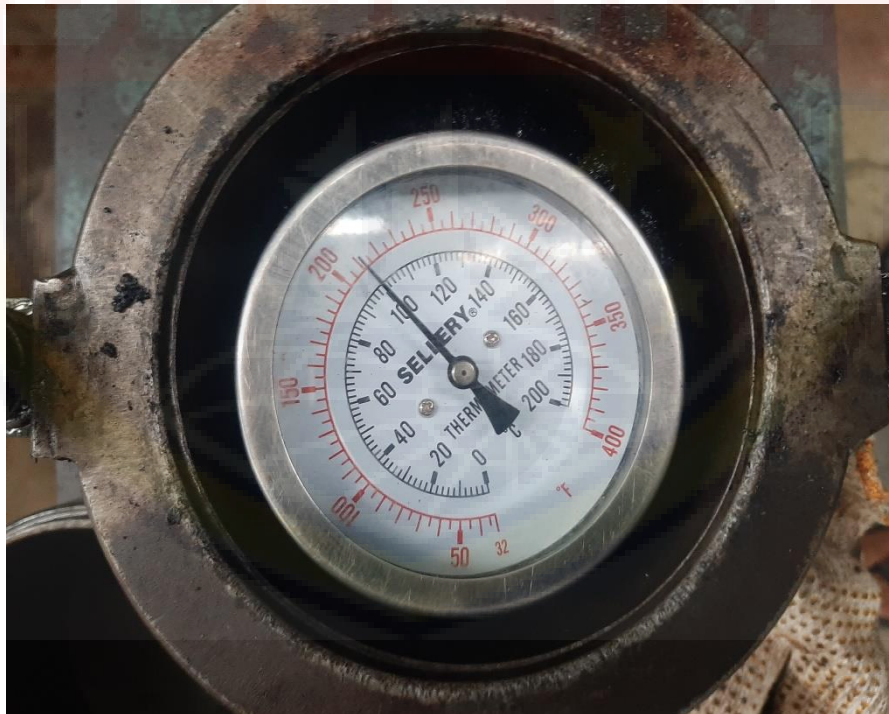
Sangrai Material Dan Aspal



Proses memasukan material ke dalam mol briket



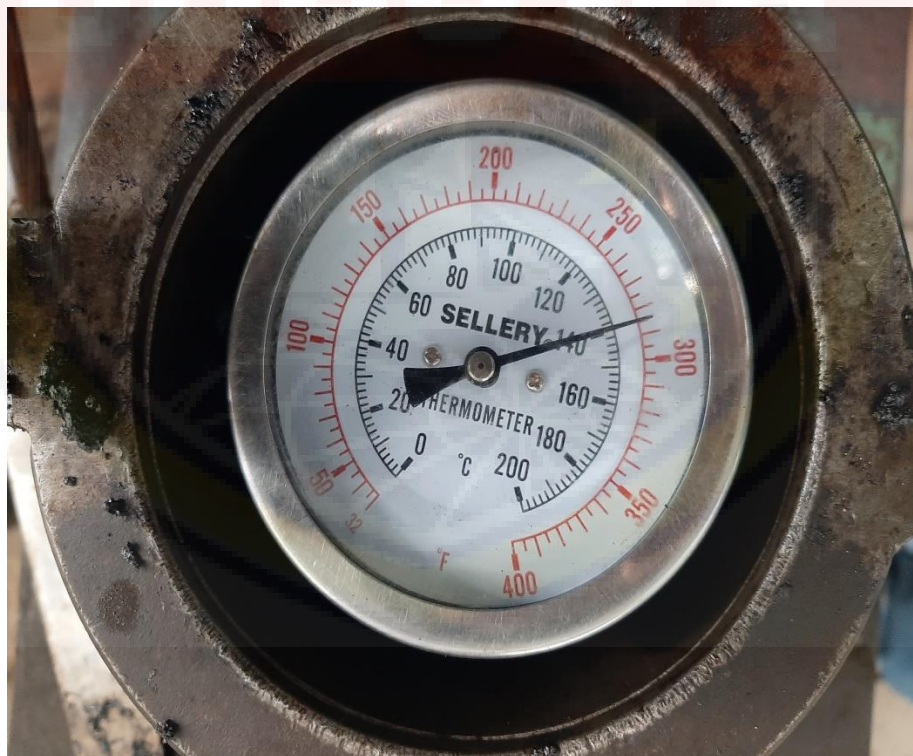
Proses meratakan material dan aspal menggunakan spatula



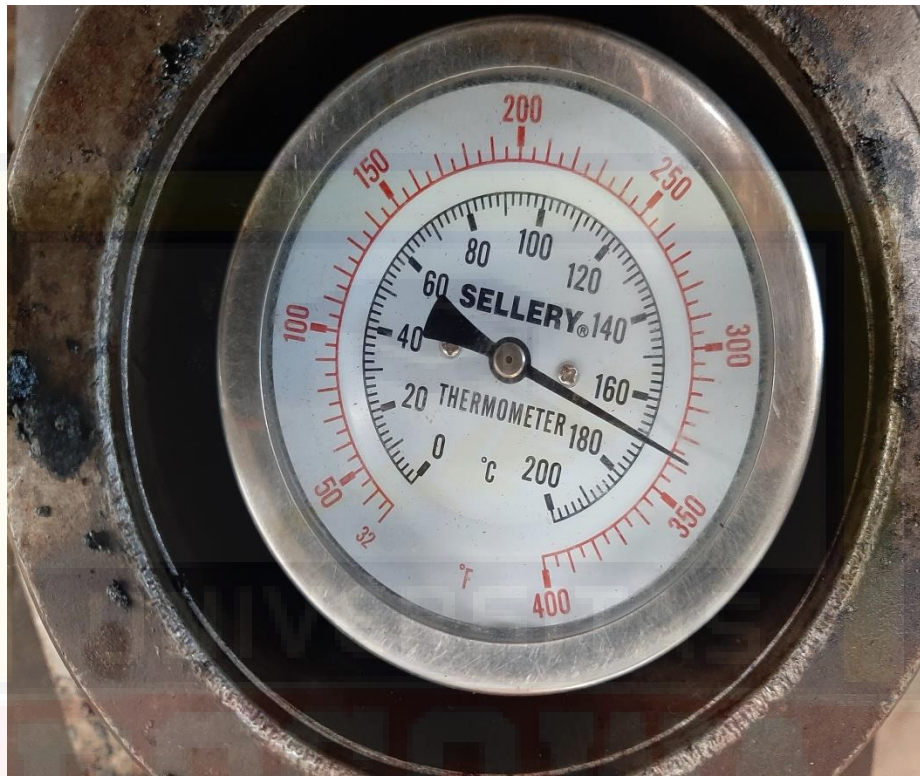
Pengukuran suhu pematangan 100°



Pengukuran suhu pematatan 120°



Pengukuran suhu pematatan 140°



Pengukuran suhu pematatan 170°



Proses Pematatan Briket



Proses Mengeluarkan mol briket



Proses Mengeluarkan briket



Briket Aspal



Timbang Kering Benda uji



Proses Perendaman



Proses SSD Pada Briket



Timbang SSD



Proses Timbang Dalam Air



Proses Perendaman Dalam Waterbath



Proses Uji Marshall Test