

TUGAS AKHIR

PENGARUH PERENDAMAN BERULANG DENGAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS



Oleh

**TYAS EKA SAPUTRA
45 16 041 017**

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



UNIVERSITAS
BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Gd. 2 Lt 6
Makassar – Sulawesi Selatan 90231
Telp. 0411 452 901 – 452 789 ext. 116
Faks. 0411 424 568

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK

<http://www.universitasbosowa.ac.id>

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : **“Pengaruh Perendaman Berulang Dengan Air Laut Terhadap
Sifat Dan Karakteristik Campuran Aspal Panas “**

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : **Tyas Eka Saputra**

No.Stambuk : **45 16 041 017**

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

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

Pembimbing II : **Hj.Savitri Prasandi M, ST.MT** (.....)

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.00-010565-02



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A 183/FT/UNIBOS/II/ 2022, Tanggal 11 Februari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu, 16 Februari 2022

N a m a : **TYAS EKA SAPUTRA**

No.Stambuk : **45 16 041 117**

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : **“PENGARUH PERENDAMAN BERULANG DENGAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS”**

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. Tamrin Mallawangeng, MT**

(.....)

Sekretaris / Ex Officio : **Hj. Savitri Prasandi M, ST.MT**

(.....)

Anggota : **Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT**

(.....)

: **Dr. Ir. Hj. Hijriah, ST.MT**

(.....)

Makassar, Februari 2022

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

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 : **Tyas Eka Saputra**

Nomor Stambuk : **45 16 041 017**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Perendaman Berulang dengan Air Laut Terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Panas**

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, mengalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa 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



(Tyas Eka Saputra)

45 16 041 017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunia yang berlimpah sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Perendaman Berulang dengan Air Laut Terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Panas”. 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, kaka dan adik saya yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga Tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
3. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian Transportasi.

4. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. Selaku Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini. telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Ibu Hj. Savitri Prasandi Mulyani, ST.MT. Selaku Dosen Pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
7. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa
9. Teman – teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama hampir 5 Tahun, Semogah kalian juga cepat menyusul.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas akhir ini.

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

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

Makassar,..... 2022

Tyas Eka Saputra

”PENGARUH PERENDAMAN BERULANG DENGAN AIR LAUT TERHADAP SIFAT DAN KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS”

Oleh :

Tyas Eka Saputra,¹ Tamrin Mallawangeng,² Savitri Prasandi.³

Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa

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

Email : tyasekasaputra17@gmail.com

ABSTRAK

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana, salah satu penyebabnya adalah genangan air laut. Ruas jalan yang terletak di daerah pesisir pantai mengalami permasalahan dengan genangan air laut yang disebabkan oleh cuaca ekstrim sehingga mengakibatkan naiknya permukaan air laut yang menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas.

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

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kepadatan, stabilitas, Marshall Quotient, dan nilai VFB mengalami penurunan, sedangkan nilai Flow, VIM, dan VMA mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman berulang dengan air laut hanya dapat bertahan selama 7 hari perendaman, sedangkan diperoleh fase kritikal yakni perendaman ke 14 hari.

Kata Kunci: Air Laut, Lapis Aspal Beton AC-WC, *Marshall Test*

DAFTAR ISI

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan	II-1
2.1.1. Struktur Jalan.....	II-2
2.1.2. Perkerasan Jalan	II-5
2.2. Aspal Beton (<i>Laston</i>).....	II-27
2.2.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton.....	II-28
2.2.2. Jenis – Jenis Aspal Beton	II-31
2.2.3. Campuran Aspal Panas	II-34
2.3. Air Laut	II-36
2.3.1. Pengertian Air Laut	II-36
2.3.2. Karakteristik Air Laut.....	II-37
2.3.3. Pengaruh Air Laut Terhadap Perkerasan Jalan	II-40
2.4. Perendaman Sampel	II-43
2.5. <i>Marshall Test</i>	II-44
2.5.1. Stabilitas (<i>Stability</i>)	II-44
2.5.2. Kelelahan (<i>Flow</i>).....	II-46
2.5.3. Kepadatan (<i>Density</i>)	II-47
2.5.4. Marshall Quotient (MQ).....	II-48
2.5.5. VIM (<i>Void In The Mix</i>)	II-49
2.5.6. VMA (<i>Void In Mineral Agregate</i>).....	II-51
2.5.7. VFB (<i>Void Filled With Bitument</i>).....	II-52
2.6. Penelitian Terdahulu	II-53

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum.....	III-1
3.1.1. Lokasi Penelitian.....	III-1
3.1.2. Waktu Penelitian.....	III-2
3.2. Metode Penelitian	III-2
3.3. Bagan Alir Penelitian.....	III-3
3.4. Bahan Penelitian	III-6
3.5. Peralatan Penelitian	III-7
3.5.1. Peralatan Pemeriksaan Agregat	III-7
3.5.2. Peralatan Pemeriksaan Aspal.....	III-10
3.5.3. Alat Pembuat Benda Uji.....	III-11
3.5.4. Alat Pengujian Benda Uji dengan Metode Marshall.....	III-12
3.6. Pengujian Bahan.....	III-12
3.6.1. Pengujian Agregat Kasar	III-12
3.6.2. Pengujian Agregat Halus	III-13
3.6.3. Pengujian Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	III-14
3.6.4. Pengujian Aspal.....	III-14
3.7. Penentuan Jumlah dan Pembuatan benda uji	III-15
3.7.1. Pembuatan Benda Uji Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	III-15
3.7.2. Penentuan Benda Uji	III-17
3.8. Pengetesan Benda Uji dengan Alat Marshall Untuk Menentukan (KAO).....	III-17

3.9. Pembuatan Benda Uji dengan Perendaman Air Laut	III-18
3.10. Pengujian Benda Uji Perendaman Air Laut dengan Alat Marshall	III-20

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-7
4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV-8
4.3. Data Uji Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-19
4.4. Pembuatan Benda Uji Perendaman Berulang dengan Air Laut.....	IV-15
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut.....	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 Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut Pada Campuran Aspal	

Panas AC – WC.....	IV-27
4.5. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-37
4.6. Analisis Fase Kritisal Perendaman Berulang dengan Air Laut Terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Beton.....	IV-38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	II-9
Tabel 2.2	Kelebihan dan Kekurangan Perkerasan Lentur	II-9
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Kasar	II-12
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus	II-13
Tabel 2.5	Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal.....	II-15
Tabel 2.6	Ketentuan Aspal Keras	II-24
Tabel 2.7	Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal Panas (AC).....	II-28
Tabel 2.8	Hasil Pengujian Marshall Dilakukan Oleh Arief Maulana Komala Erwan, Eti Sulandri.....	II-53
Table 2.9	Hasil Pengujian Lama Perendaman Menggunakan Air Laut Terhadap Karakteristik Marshall dan Perendaman Modifikasi Pada Kondisi Standart (2x75 Tumbukan) Hasil Pengujian Jusmidah	II-55
Table 2.10	Nilai Indeks Stabilitas Sisa Mutu Perkersan HRS Akibat Pengaruh Variasi Waktu Rendaman Air Laut Hasil Pengujian Oleh Jusmidah	II-56
Tabel 3.1	Rencana Waktu Penelitian	III-2
Tabel 3.2	Ketentuan Agregat Kasar	III-13
Tabel 3.3	Ketentuan Agregat Halus	III-13
Tabel 3.4	Ketentuan Agregat Filler	III-14

Tabel 3.5	Ketentuan Aspal.....	III-14
Tabel 3.6	Perhitungan Benda Uji	III-17
Tabel 4.1	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27) .	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-5
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-8
Tabel 4.9	Hasil Marshall Tes KAO	IV-9
Tabel 4.10	Komposisi Campuran Perendaman Berulang Terhadap Air Laut	IV-15
Tabel 4.11	Hasil Uji Marshall KAO Dengan Perendama Selama 30 Menit Dan 24 Jam Pada Suhu 60°C.....	IV-16
Tabel 4.12	Hasil Uji Marshall KAO Dengan Perendaman Berulang Terhadap Air Laut, Kemudian Direndam Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C	IV-27
Tabel 4.13	Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC.....	IV-38

Tabel 4.14 Fase Kritisal Campuran Aspal Beton Akibat Perendaman

Berulang dengan Air Laut Terhadap Parameter Marshall..... IV-39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Jalan dan Potongan Lapisan Pada Perkerasan	II-4
Gambar 2.2	Lapisan Perkerasan Jalan Lentur.....	II-7
Gambar 2.3	Lapisan Perkerasan Jalan Kaku.....	II-8
Gambar 2.4	Komponen Perkerasan Komposit.....	II-8
Gambar 2.5	Skema Volume Butir Agregat	II-14
Gambar 2.6	Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.....	II-49
Gambar 2.7	Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang	II-50
Gambar 2.8	Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM.....	II-51
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Air Laut.....	III-1
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian.....	III-4
Gambar 3.3	Agregat	III-6
Gambar 3.4	Filler Kaca.....	III-6
Gambar 3.5	Aspal Minyak Penetrasi 60/70	III-7
Gambar 3.6	Air Laut	III-7
Gambar 3.7	<i>Marshall Test Machine</i>	III-12
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC.....	IV-6
Gambar 4.2.a.	Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-10
Gambar 4.2.b.	Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO	IV-10
Gambar 4.2.c.	Grafik Pelehan Hasil Uji Marshall	

untuk Penentuan KAO	IV-11
Gambar 4.2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall	
untuk Penentuan KAO.....	IV-11
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall	
untuk Penentuan KAO.....	IV-12
Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan	
KAO.....	IV-12
Gambar 4.2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan	
KAO.....	IV-13
Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-13
Gambar 4.4 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut	
Terhadap Kepadatan Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum	
dengan Waktu Perendaman 30 Menit dengan	
Suhu 60°C	IV-28
Gambar 4.5 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut	
Terhadap VIM Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum	
dengan Waktu Perendaman 30 Menit dengan	
Suhu 60°C	IV-29
Gambar 4.6 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut	
Terhadap Stabilitas Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum	
dengan Waktu Perendaman 30 Menit dengan	
Suhu 60°C	IV-31
Gambar4.7 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut	

Terhadap Nilai Flow Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dengan Waktu Perendaman 30 Menit dengan

Suhu 60°C IV-32

Gambar 4.8 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut

Terhadap MQ Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dengan

Waktu Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°C IV-34

Gambar 4.9 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut

Terhadap VMA Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dengan

Waktu Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°C IV-35

Gambar 4.10 Diagram Hubungan Perendaman Berulang dengan Air Laut

Terhadap VFB Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum dengan

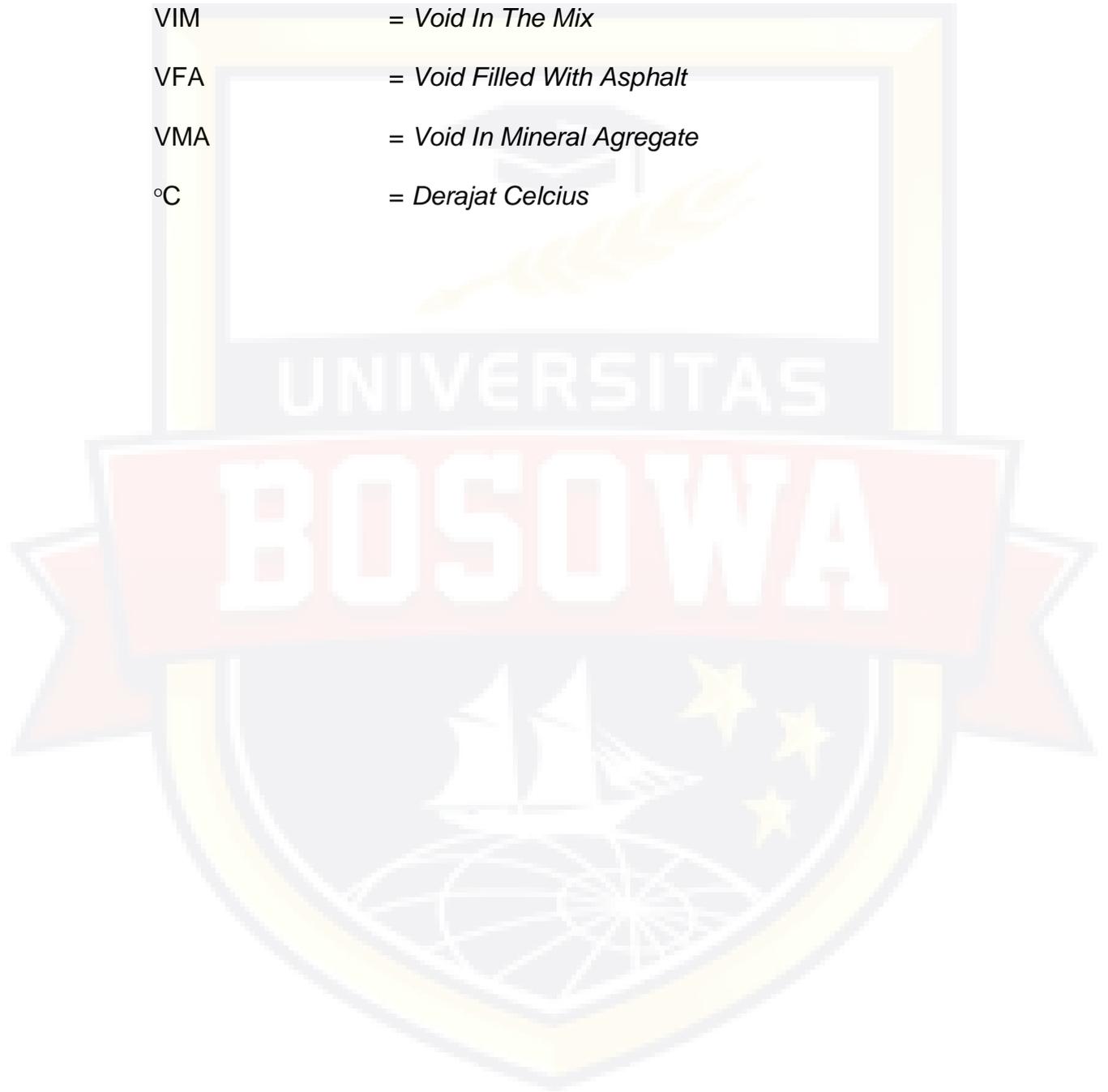
Waktu Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°C IV-37

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

Sarana transportasi jalan merupakan salah satu bagian penting penunjang kegiatan perekonomian serta kegiatan - kegiatan diberbagai bidang pada suatu negara, khususnya pada era globalisasi saat sekarang ini. Kelancaran sarana transportasi akan berdampak langsung terhadap perkembangan aktivitas suatu negara di berbagai bidang. Oleh karena itu prasarana jalan memerlukan perhatian khusus terhadap segi keamanan dan kenyamanan dari jalan tersebut. Kondisi fisik dari jalan seperti tingkat kekesatan aspal, genangan - genangan air dipermukaan jalan, tingkat kebisingan jalan dan sebagainya adalah hal penting dari segi keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.

Hal yang perlu diperhatikan juga dari jalan adalah bagaimana teknis pengerjaan dari jalan tersebut agar dapat sesuai dengan spesifikasi teknis jalan tersebut dan sesuai dengan umur rencana. Oleh karena umumnya jalan - jalan yang telah dibuat banyak mengalami kerusakan sebelum masa umur rencana baik itu karena adanya kesalahan perencanaan ataupun saat pelaksanaan pengerjaannya. Selain dari itu, faktor dari luar juga dapat menjadi penyebab kerusakan dari jalan, terutama pada jalan - jalan yang berada didaerah pantai. Dimana sering terjadi genangan - genangan air laut yang kebanyakan disebabkan oleh

cuaca yang ekstrem, sehingga mengakibatkan terjadinya banjir pasang surut. Permukaan air laut naik menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal, kerusakan berupa pelepasan butiran (*ravelling*), yang menyebabkan kinerja jalan menjadi menurun dan umur jalan menjadi lebih singkat. Laut Indonesia rata-rata terdapat 3,5% kandungan garam per 1 liter air laut. (sumber : Wikipedia).

Aspek yang dibutuhkan untuk pengujian didalam mengidentifikasi dan menganalisis sebuah kondisi perkerasan jalan tersebut mencakup sifat dan karakteristik campuran aspal penetrasi 60/70. Pengujian marshall bertujuan menentukan ketahanan (stabilitas), terhadap kelelahan plastistas (flow), dari campuran asphalt dan durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca. Evaluasi pada tingkat penurunan yang terjadi berdasarkan sifat - sifat teknis merujuk terhadap spec, disamping itu juga dievaluasi perubahan ketahanan terhadap keausan.

Berdasarkan pemikiran tersebut, penulis melihat bahwa genangan air laut pada konstruksi perkerasan jalan bisa menjadi masalah di setiap jalan daerah pesisir pantai di Indonesia. Penulis ingin melakukan penelitian mengenai pengaruh air laut terhadap konstruksi jalan dengan perkerasan aspal. Maka dari itu, untuk dapat mengidentifikasi dan mencegah terjadinya kerusakan pada jalan tersebut, harus bisa mengenali karakteristik jalan itu sendiri, sehingga dibutuhkan pengujian yang tepat

terhadap perkerasan jalan dengan menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70.

Oleh karena itu judul penelitian ini menganalisis “Pengaruh Perendaman Berulang dengan Air Laut Terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Panas”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah di dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh yang ditimbulkan akibat perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran Laston AC-WC ?
2. Pada fase manakah yang merupakan fase kritikal akibat perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran Laston AC-WC ?

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan pengaruh yang ditimbulkan akibat perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran Laston AC-WC.
2. Menentukan fase kritikal akibat perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran Laston AC-WC.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh genangan air laut terhadap konstruksi jalan
2. Sebagai bahan referensi atau pertimbangan dalam mencegah terjadinya kerusakan - kerusakan yang diakibatkan oleh air laut yang menggenangi konstruksi perkerasan jalan aspal.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Bahasan

Pokok Bahasan pada penelitian ini adalah:

1. Membahas pengujian agregat
2. Membahas pengujian aspal beton
3. Membahas pengujian sifat dan karakteristik campuran aspal beton dengan variasi perendaman air laut
4. Membahas fase kritikal perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal beton

1.4.2. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada sifat dan karakteristik campuran laston dengan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete – Wearing Coarse* (AC-WC) dengan bergradasi halus dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Bahan pengikat digunakan adalah aspal minyak pen 60/70
3. Permasalahan yang diamati adalah karakteristik *Marshall*
4. Air laut yang di gunakan di ambil dari Dermaga Kayu Bengkoang, Bulu Gading, Kec. Ujung Pandang, Kota Makassar. Dengan jarak 20 m dari bibir pantai dan kedalaman 5,6 meter
5. Analisis marshall dengan kadar aspal minyak penetrasi 60/70 untuk perendaman berulang dengan waktu 3 hari, 7 hari, dan 14 hari dengan rendaman menggunakan air laut
6. Pengujian dilakukan dengan Metode Marshall

1.5. Sistematika Penulisan

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

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Tinjauan Pustaka

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

Bab III Metode Penelitian

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

Bab IV Hasil dan Pembahasan

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

Bab V Kesimpulan dan Saran

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan

Berdasarkan UU RI No 8 Tahun 2004 tentang Jalan mendefinisikan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Sedangkan berdasarkan UU RI No 22 Tahun 2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan yang diundangkan setelah UU No 38 mendefinisikan jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi Lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/ atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel.

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

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.

2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

2.1.1. Struktur Jalan

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

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

a. Lapis aus permukaan (*Wearing course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*).

Fungsi dari lapis aus adalah (Nono, 2007) :

- 1) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air Menyediakan
- 2) permukaan yang halus
- 3) Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang

kesat, rata sehingga aman dan nyaman untuk dilalui pengguna.

4) Menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya

b. Lapis permukaan antara (*Binder course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono, 2007):

- 1) Mengurangi tegangan/ regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis di bawahnya, harus mempunyai ketebalan dan kekakuan cukup.
- 2) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas.

2. Lapis pondasi atas (*Base course*)

Dapat berupa granular agregat serta berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- a. Mendukung beban pada lapis permukaan
- b. Mengurangi tegangan/ regangan dan meneruskan/ mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya
- c. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

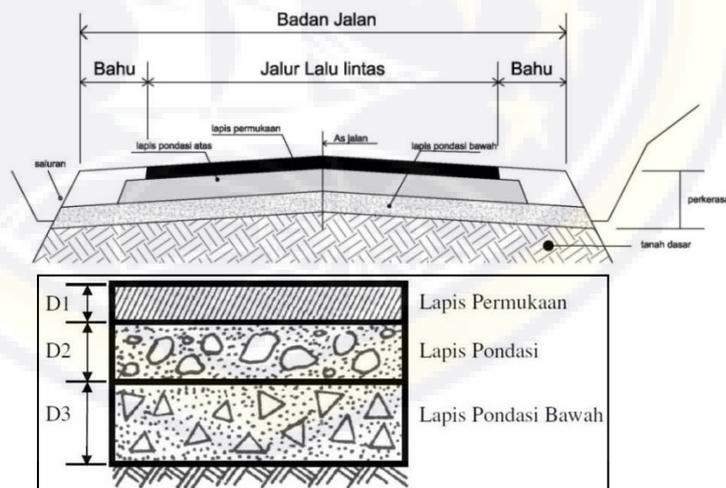
Dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- a. Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi
- b. Menyebarkan beban di atasnya
- c. Sebagai lapisan perata
- d. Mengalihkan infiltrasi air (drainase) dari lapisan pondasi
- e. Sebagai lapisan separator yang mencegah butiran halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi
- f. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.

4. Tanah dasar (*Subgrade*)

Dapat berupa tanah asli, timbunan, galian atau hasil stabilisasi mempunyai fungsi:

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



Gambar 2.1. Struktur jalan dan potongan lapisan pada perkerasan
 (Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

2.1.2. Perkerasan Jalan

Menurut Saodang (2005), perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dipasang langsung diatas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas.

1. Syarat kontruksi perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan haruslah memnuhi syarat-syarat tertentu yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi menjadi 2 yaitu:

a. Syarat berlalu lintas

Dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas, maka konstruksi perkerasan lentur harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- 1) Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlu bang.
- 2) Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- 3) Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga kendaraan tidak mudah selip.
- 4) Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

b. Syarat - syarat kekuatan/ struktural

Dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, maka konstruksi perkerasan jalan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- 2) Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- 3) Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- 4) Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

2. Jenis – jenis perkerasan

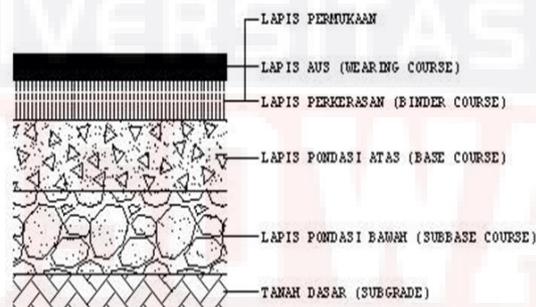
Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

a. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)

Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Masing-masing

elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

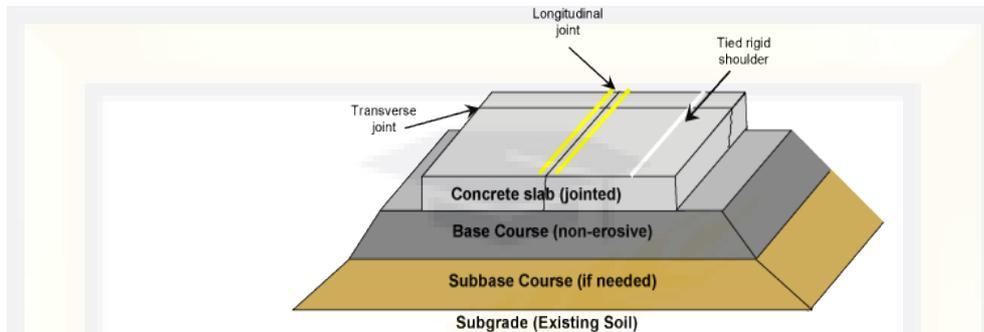


Gambar 2.2 Lapisan perkerasan jalan lentur
(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

b. Perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis atau tidak. ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton B-0 (*blinding concrete/beton lantai kerja*), lapisan pelat beton (*concrete slab*),

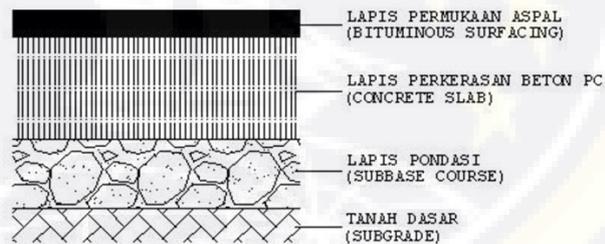
dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak.
(Didik Purwadi, 2008).



Gambar 2.3 lapisan perkerasan jalan kaku
(Sumber: <http://rezaslash.blogspot.com/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html>)

c. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.



Gambar 2.4 Komponen perkerasan komposit

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

Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

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

Sumber : Sukirman, S., (1992)

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan Perkerasan Lentur

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta pada perkerasan lapangan terbang. (-)	Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas. (+)
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda. (+)	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk.	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk. (-)
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.(+)	Umur rencana relative pendek 5 – 10 tahun. (-)
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air. (+)

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
6.	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik. (+)	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. (-)
7.	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dan tidak tertutup kemungkinan bisa lebih	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah. (+)
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)
9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. (-)	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah menentukan perkiraan
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan) . (+)	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. (-)
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. (-)	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah
12.	Bila dibebani praktis tdk melentur (kecil) .(-)	Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. (+)

(Sumber, dikutip dari <http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan-jalan.html>)

3. Bahan penyusun perkerasan jalan

Bahan lapis perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran aspal yang *solid* dan biasanya

digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Pada pekerjaan diperlukan bahan-bahan penyusun antara lain sebagai berikut :

a. 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. 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, menurut Silvia Sukirman (2003).

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dapat dibedakan atas (Diren Bina Marga 2018) :

1) Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet,

bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta memenuhi persyaratan pada table 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

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

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

2) Agregat halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat halus pada umumnya harus memenuhi

persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada tabel 2.4 di bawah :

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

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

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

3) 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.

4) Berat jenis agregat

Berat Jenis Agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang besar atau berat jenis ringan.



Gambar 2.5 Skema Volume Butir Agregat
(Sumber: Sukirman, 2003).

Berdasarkan gambar diatas terlihat skema volume butir agregat, yang terdiri dari volume agregat *massif* (V_s), volume pori yang tidak dapat diresapi oleh air (V_i), volume pori yang diresapi air ($V_p + V_c$), dan volume pori yang dapat diresapi aspal (V_c).

$$V_s + V_p + V_i + V_c = \text{volume total butir agregat}$$

$$V_p + V_i + V_c = \text{volume pori agregat}$$

5) Gradasi agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasn secara keseluruhan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pengujian analisis ayakan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil pengujian dan analisis dengan menggunakan 1 set ayakn.

Analisis ayakan dapat dilakukan secara basah atau kering (ayakan basah dan ayakan kering). Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos

saringan No.200, sedangkan presentase lolos masing masing ayakan ditentukan melalui pengujian analisis ayakan agregat halus dan kasar (ayakan kering). (sukirman,s, 2007)

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	-	100	90-100
3/4"	19	100	100	100	90-100	76 - 90
1/2"	12,5	90-100	90-100	90-100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 90	77 - 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	0,075	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

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

b. Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur, semen, atau mineral dari asbuton, yang harus kering dan bebas dari gumpalandan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.

200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75 % serta mempunyai sifat non plastis terhadap beratnya kecuali mineral asbuton. Mineral asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 *micron*) tidak kurang dari 95 % terhadap beratnya. (Sukirman,1992).

Menurut Sukirman (2003), bahan pengisi (*filler*) juga harus memenuhi persyaratan- persyaratan sebagai berikut:

- 1) Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
- 2) Berat jenis curah (*Bulk*) AASHTO T84 – 88 minimum 2,5
- 3) Penyerapan air maksimum 3%.

c. Aspal

Menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004), aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapatkan pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada umumnya terdapat 2 sumber aspal yaitu aspal yang diperoleh dari hasil destilasi minyak bumi atau aspal buatan dan aspal alam yang diperoleh langsung dari alam atau aspal alam.

Komposisi dari aspal terdiri dari asphaltenes dan malthenes. Asphaltenes merupakan material berwarna hitam atau coklat tua

yang tidak larut dalam npenten. Malthenes adalah unsur kimia lain yang terdapat dalam aspal selain aspalten yang terdiri dari resin, aromatic, saturated. Resins memiliki ukuran antara 1 – 5 nanometer berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adhesi aspal. Aromatic berbentuk 27 cairan kental berwarna coklat tua dan kandungannya di dalam aspal berkisar antara 40 – 60 % terhadap berat aspal. Saturated adalah bagian dari molekul malten yang berupa miyak kental yang berwarna outih ke kuning – kuningan. Sedangkan oils yang berwarna lebih muda merupakan media dari asphalthene atau resin.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999):

- 1) Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal itu sendiri.
- 2) Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Untuk menentukan penggunaan kadar aspal sesuai persyaratan yang ditetapkan Bina Marga digunakan rumus:

$$PB = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + 0,75$$

konstanta

PB = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

1. Sifat – sifat aspal

a. Sifat kimia 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 melalui daya larut aspal didalam aspal belerang (*sulfuric acid*) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu (Siswosoebrotho dan Kusnianti, 2005).

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.

2) Malten

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

- 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.

- 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.

- 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.

b. Sifat – sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap suhu, pengerasan dan penuaan, (Ditjen Prasarana wilayah, 2004) :

1) Daya tahan (*Durability*)

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

2) Adesi dan kohesi

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

3) Kepekaan terhadap temperatur

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

4) Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan

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

2. 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, (Ditjen Prasarana Wilayah 2004) :

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 30oC sampai 200oC dengan cara ring dan ball.

Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

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 keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi

bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm.

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.

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Ketentuan Aspal Keras

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

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G \cdot \sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik < 5000 kPa, ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2018.

3. Jenis – jenis aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal buatan dan aspal alam, (Siswosubroto dan Kusnianti, 2005) :

a. Aspal buatan

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

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

b. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam ini dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu :

1) Aspal danau (*Lake asphalt*)

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

2) Aspal batu (*Rock asphalt*)

Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara terdeposit di pulau Buton, Indonesia dan di daerah Kentucky, USA. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 – 40. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastic.

2.2. Aspal Beton (*Laston*)

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

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

Menurut spesifikasi campuran campuran beraspal Departement Pekerjaan Umum 2018, *Laston* (AC) terdiri dari tiga macam campuran, *Laston* Lapis Aus (AC-WC), *Laston* Lapis Pengikat (AC-BC), dan *Laston* Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departement Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama

dengan Bina Marga, hal itu dikarenakan menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu seperti tertera dalam Tabel dibawah ini :

Tabel 2.7 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

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

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

2.2.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton

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

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan interna dan kohesi.

2. Keawetan atau Durabilitas

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

3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/ settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari

repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

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

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

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

6. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara 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 kekedapan 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.

2.2.2. Jenis-jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan aspal beton, dan fungsi aspal beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999) :

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

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas :

- 1) Aspal beton untuk lapisan aus (*Wearing Course*), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
- 2) Aspal beton untuk lapisan pondasi (*Binder Course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
- 3) Aspal beton untuk pembentukan dan perata lapisan lapisan aspal beton yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk crown.

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

1. Laston (Lapisan aspal beton)

Adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*). Karakteristik aspal beton yang terpenting adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston 4-6 cm (Spesifikasi 2018). Sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt*

Concrete Wearing Course). Tebal nominal - minimum AC – WC adalah 4 cm.

b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete Base Course*). Tebal nominal - minimum AC–BC adalah 5 cm.

c. Lapisan sebagai lapisan pondasi, dikenal sebagai nama AC-Base (*Asphalt Concrete Base*). Tebal nominal AC-Base adalah 6 cm

2. Lataston (Lapisan tipis aspal beton)

Adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas.

3. Latasir (Lapisan tipis aspal pasir)

Adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Latasir biasa pula disebut sebagai SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*).

4. Lapisan perata

Adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan Huruf

L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC - WC (L), AC - BC (L), HRS-WC(L), dan seterusnya.

2.2.3. 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 145°C - 155°C , sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *Hotmix*.

Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dapat dibedakan dalam tiga jenis campuran yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat

yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari dua kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan.

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

Penggunaan AC-WC yaitu digunakan sebagai lapisan antara dalam perkerasan dan mencegah rembesan air dari atas masuk ke lapis pondasi. Pada campuran aspal panas AC-WC memiliki ukuran maksimum agregat sebesar 25,4 mm, tebal lapisan padat minimum 6,0 cm dengan toleransi

tebal tiap lapisan campuran beraspal tidak lebih dari 4,0 mm. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC peka terhadap variasi dalam proporsi campuran, (sukirman 2003).

2.3. Air Laut

2.3.1. Pengertian Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat banyak dan luas di permukaan bumi yang memisahkan dan menghubungkan suatu benua dengan benua lainnya dan suatu pulau dengan pulau lainnya. Laut merupakan wilayah yang paling luas 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.

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

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

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

2.3.2. Karakteristik Air Laut

Karakteristik massa air perairan Indonesia umumnya dipengaruhi oleh sistem angin muson yang bertiup di wilayah Indonesia dan adanya arus lintas Indonesia (arindo) yang membawa massa air Lautan Pasifik Utara dan Selatan menuju Lautan Hindia. Pengaruh tersebut mengakibatkan suhu permukaan perairan Indonesia lebih dingin dengan salinitas yang lebih tinggi sebagai pengaruh terjadinya upwelling di beberapa daerah selama musim timur dan juga akibat dari masuknya massa air Lautan Pasifik, sedangkan pada musim barat, suhu permukaan perairan lebih hangat dengan salinitas yang lebih rendah. Rendahnya salinitas akibat pengaruh massa air dari Indonesia bagian barat yang banyak muara sungai-sungai besar. Di bawah ini merupakan karakteristik air laut secara umum, (Ellen Tjandra, Mengenal Lautan Lepas, pakar Media, Bogor, 2011).

1. Temperatur

Perubahan temperatur air laut disebabkan oleh perpindahan panas dari massa yang satu ke massa yang lainnya. Kenaikan temperatur permukaan laut disebabkan oleh: radiasi dari angkasa dan matahari, konduksi panas dari atmosfer, kondensasi uap air, penurunan temperatur permukaan laut disebabkan oleh : radiasi balik permukaan laut ke atmosfer, konduksi balik panas ke atmosfer, evaporasi (penguapan) dan matahari mempunyai efek yang paling besar terhadap perubahan suhu permukaan laut. Variasi perubahan temperatur dipengaruhi juga oleh posisi geografis wilayah perairan. Para Ahli Oseanografi membagi pola temperatur dalam arah vertikal menjadi tiga lapisan, yaitu Well-mixed surface layer (10 - 500 m), Thermocline lapisan transisi (500 - 1000 m), lapisan yang relatif homogen dan dingin (> 1000 m) dan lapisan Thermocline merupakan lapisan dimana kecepatan perubahan temperatur cepat sekali.

2. Salinitas

Salinitas yang tersebar di dalam laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai memiliki salinitas yang rendah, sedangkan perairan yang memiliki penguapan yang tinggi maka salinitas perairannya tinggi pula. Selain itu pola sirkulasi juga berperan dalam penyebaran salinitas

di suatu perairan. Secara vertikal nilai salinitas air laut akan semakin besar dengan bertambahnya kedalaman. Di perairan laut lepas, angin sangat menentukan penyebaran salinitas secara vertikal. Pengadukan di dalam lapisan permukaan memungkinkan salinitas menjadi homogen.

Lautan terdiri dari air sebanyak 96,5%, 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. Salinitas adalah jumlah total material terlarut (yang dinyatakan dalam gram) yang terkandung dalam 1 kg air laut. Salinitas air laut di seluruh wilayah perairan di dunia berkisar antara 33 - 37 per mil, dengan nilai median 34,7 per mil, namun di Laut Merah dapat mencapai 40 per mil. Salinitas air laut tertinggi terjadi di sekitar wilayah ekuator, sedangkan terendah dapat terjadi di daerah kutub walaupun pada kenyataannya sekitar 75% air laut mempunyai salinitas antara 34,5 per mil - 35,0 per mil.

3. Densitas

Densitas air laut merupakan jumlah massa air laut per satu satuan volume. Densitas merupakan fungsi langsung dari kedalaman laut, serta dipengaruhi juga oleh salinitas, temperatur, dan tekanan. Pada umumnya nilai densitas (berkisar antara 1,02 - 1,07 gr/cm³) akan bertambah sesuai dengan bertambahnya salinitas dan tekanan

serta berkurangnya temperatur. Perubahan densitas dapat disebabkan oleh proses vaporasi di permukaan laut dan massa air, dimana pada kedalaman < 100 m sangat dipengaruhi oleh angin dan gelombang sehingga besarnya densitas relatif homogen.

Sebaran densitas secara vertikal ditentukan oleh proses pencampuran dan pengangkatan massa air. Penyebab utama dari proses tersebut adalah tiupan angin yang kuat. Lukas and Lindstrom (1991), mengatakan bahwa pada tingkat kepercayaan 95 % terlihat adanya hubungan yang positif antara densitas dan suhu dengan kecepatan angin, dimana ada kecenderungan meningkatnya kedalaman lapisan tercampur akibat tiupan angin yang sangat kuat. Secara umum densitas meningkat dengan meningkatnya salinitas, tekanan atau kedalaman, dan menurunnya temperatur.

Air laut yang digunakan sebagai air rendaman benda uji marshall diambil dari dermaga kayu bengkoang, Bulo Gading, kec. Ujung Pandang, kota Makassar yang mempunyai kandungan salinitas permukaan 3,31% sampai 3,46% per 1 liter air laut dan mempunyai suhu permukaan sebesar 28,0°C sampai 29,7°.

2.3.3. Pengaruh Air Laut Terhadap Perkerasan Jalan

1. Pengaruh Air Laut Terhadap Perkerasan

Menurut Syukri (1999) dalam Rano (2005), air laut secara umum dikenal sebagai musuh utama konstruksi perkerasan jalan

Laston, air laut banyak mengandung unsur-unsur yang diantaranya ada yang sangat merugikan terhadap suatu perkerasan jalan. Jika air laut menggenangi suatu perkerasan jalan dan ditambah dengan beban lalu lintas yang tinggi akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan suatu perkerasan jalan tersebut.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Rano (2005), kehadiran air laut dapat menurunkan nilai stabilitas campuran beton aspal. Semakin lama campuran beton aspal direndam dalam air laut, maka nilai stabilitas beton aspal akan semakin menurun.

2. Pengaruh Air Laut Terhadap Aspal

Menurut Whiteoak (1991) dalam Rano (2005), aspal merupakan senyawa Hydrogen (H) dan Carbon (C) yang terdiri dari parafins, naphtalene dan aromatics. Pada dasarnya aspal dan air tidak bisa tercampur bila film (selimut) aspal masih berfungsi dengan baik. Film aspal akan rusak akibat terjadinya oksidasi. Peristiwa oksidasi terjadi akibat O_2 yang mengikat senyawa H_2 dari aspal menjadi H_2O . Akibat oksidasi terbentuk lapisan tipis yang melindungi aspal, tetapi lapisan tipis ini mudah rusak terhadap pembebanan yang ada. Sehingga membuka kesempatan oksidasi bagi lapisan dibawahnya.

3. Pengaruh Air Laut Terhadap Agregat

Menurut Whiteoak (1991) dalam Rano (2005), secara umum kehadiran air pada agregat memang tidak mempengaruhi agregat

secara fisik, namun kehadiran air pada agregat tersebut akan mempengaruhi daya lekat antara aspal dengan agregat. Hal tersebut disebabkan afinitas (daya tarik/keterikatan) air terhadap agregat lebih besar dibandingkan aspal terhadap agregat.

4. Pengaruh Air Laut Terhadap Aspal Beton

Menurut Craus dalam Agung (2003), potensi keawetan dari campuran aspal dapat didefinisikan sebagai ketahanan campuran terhadap kelanjutan dan pengaruh kerusakan kombinasi akibat air dan suhu. Rendahnya keawetan lapisan permukaan dan lapisan aspal adalah merupakan salah satu penyebab utama rusak dan gagalnya pelayanan jalan perkerasan fleksibel. Tingginya keawetan biasanya 8 memenuhi sifat – sifat mekanik dari campuran dan akan memberikan umur pelayanan yang lebih lama.

Kandungan garam yang terkandung dalam air laut dikhawatirkan dapat mempercepat kerusakan perkerasan jalan. Menurut Whiteoak (1991) dalam Rano (2005), pada sistem agregat dan aspal, kegagalan dapat dikarenakan permasalahan kohesi dan adhesi. Kegagalan karena kehadiran air terhadap beton aspal hampir pasti disebabkan hilangnya adhesi dan kohesi dari aspal dan agregat. Permasalahan adhesi dengan adanya air meningkat melalui 2 cara yaitu, karena agregat dalam keadaan basah sebelum pencampuran dan karena pengaruh hujan pada material setelah dihamparkan.

2.4. Perendaman Sampel

Menurut (CRAUS, J. et al, 1981) Potensi keawetan dari campuran aspal dapat didefinisikan sebagai ketahanan campuran terhadap kelanjutan dan pengaruh kerusakan kombinasi akibat air dan suhu. Rendahnya keawetan lapisan permukaan dan lapisan aspal adalah merupakan salah satu penyebab utama rusak dan gagalnya pelayanan jalan perkerasan fleksibel. Tingginya keawetan biasanya memenuhi sifat – sifat mekanik dari campuran dan akan memberikan umur pelayanan yang lebih lama.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran aspal, seperti dijelaskan dibawah ini:

1. Metode pengujian perendaman standar

Salah satu metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal adalah pengujian perendaman *Marshall* yang mana stabilitas dari benda uji ditentukan setelah satu hari perendaman di dalam air pada suhu 60° C.

AASHTO (1993) menggambarkan sebuah prosedur yang berdasarkan kepada pengukuran kehilangan dari hasil sebuah kekuatan tekan dari aksi air pada pemadatan campuran aspal. Suatu indeks numerik dari berkurangnya kekuatan tekan diperoleh dengan membandingkan kekuatan tekan benda uji yang telah direndam di

dalam air selama 24 jam pada suhu 60 ± 1 °C dan 30 menit di dalam air pada suhu 25 ± 1 °C di bawah kondisi yang ditentukan.

2. Metode pengujian perendaman modifikasi.

Kriteria Perendaman 24 jam tidak selalu menggambarkan sifat keawetan campuran setelah masa perendaman yang lebih lama (*CRAUS, J. et al, 1981*). Peneliti – peneliti ini memeriksa keawetan benda uji dari material aspal yang direndam di dalam air untuk waktu yang lebih lama dan dicari suatu parameter kuantitatif tunggal yang akan memberikan ciri kepada seluruh kurva keawetan.

2.5. Marshall Test

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

2.5.1. Stabilitas (*stability*)

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

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

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami rutting , karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini:

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

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

2.5.2. Kelelahan (*Flow*)

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

Interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan

menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.5.3. Kepadatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3) di bawah ini :

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

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

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

2.5.4. **Marshall Quotient (MQ)**

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*.

Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran.

Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku,

sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur.

Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai

Marshall Quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm.

Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan

perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding,

sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan

menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient*

(MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

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

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

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

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat

nilai- nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut

2.5.5. VIM (Void In The Mix)

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

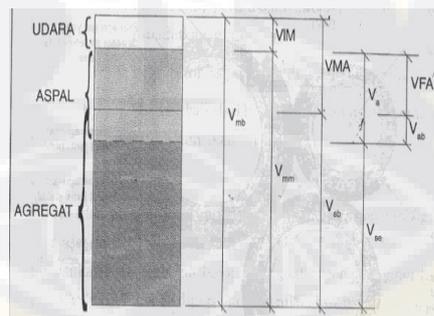
$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

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

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).



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

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

V_{sb} = Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume

bagian masif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat).

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

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

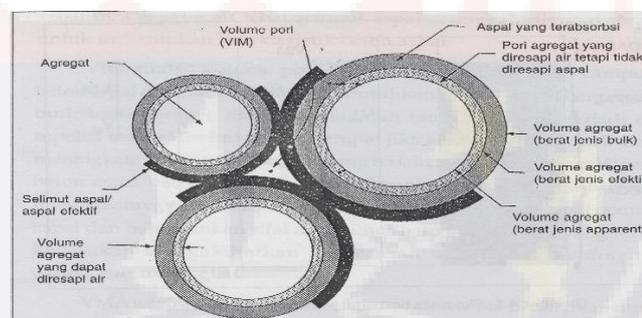
V_{mm} = Volume tanpa pori dari beton aspal padat.

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat.

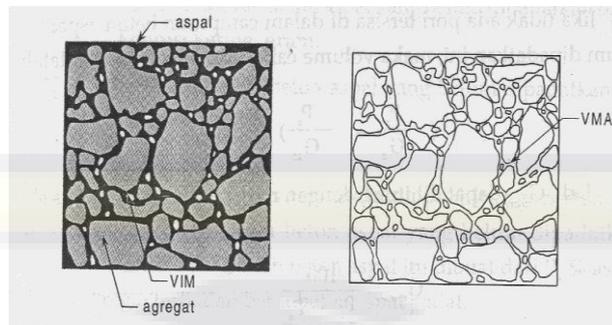
V_a = Volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

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



Gambar 2.7. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorbsi (Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas)



Gambar 2.8. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM.

2.5.6. VMA (Void In Mineral Agregate)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut:

a. Terhadap Berat Campuran Total

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

Keterangan:

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

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

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

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

b. Terhadap Berat Agregat Total

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

Keterangan:

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

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

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

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

2.5.7. VFB (Void Filled With Bitument)

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

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

Keterangan:

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

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

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

2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Arief Maulana, Komala Erwan, Eti Sulandari, dengan judul “Karakteristik Kekuatan Campuran Beraspal Akibat Air Laut”. Hasil yang diperoleh yaitu pada uji Marshall dengan perendaman air laut. Parameter pengujian yang digunakan adalah stabilitas Marshall, *flow*, Marshall Quotient, *voids in mix* (VIM), *voids in the mineral aggregate* (VMA), *voids filled with bitumen* (VFB). Berikut adalah hasil parameter marshall terhadap perendaman air laut ;

Table 2.8 Hasil Pengujian Marshall Dilakukan Oleh Arief Maulana, Komala Erwan, Eti Sulandari.

No	Kadar Aspal (%)	Stabilitas	Flow	VIM	VFB	MQ	Waktu Rendaman
I	7.10	1093	3.4	5.8	79.9	322	6 Jam
	7.10	1298	3.8	6.4	77.3	342	
	7.10	1000	3.3	6.7	76.1	303	
	Rata - rata	1130	3.5	6.3	77.8	322	
II	7.10	1213	2.8	6.7	76.1	433	12 Jam
	7.10	984	3.3	6.3	77.7	298	
	7.10	888	3.1	6.0	78.8	287	
	Rata - rata	1028	3.1	6.3	77.5	339	
III	7.10	1131	2.8	7.3	73.6	404	24 Jam
	7.10	939	3.5	6.2	78.0	268	
	7.10	837	2.8	5.7	80.1	299	
	Rata - rata	969	3.0	6.4	77.3	324	
IV	7.10	1161	3.5	6.6	76.6	332	48 Jam
	7.10	854	2.8	6.4	77.1	305	
	7.10	905	3.3	6.6	77.2	274	
	Rata - rata	974	3.2	6.5	77.0	304	

No	Kadar Aspal (%)	Stabilitas	Flow	VIM	VFB	MQ	Waktu Rendaman
V	7.10	786	2.9	6.5	76.8	271	96 Jam
	7.10	854	3.3	6.4	77.1	259	
	7.10	734	3.7	6.7	76.1	198	
	Rata - rata	791	3.3	6.5	76.7	244	
	Syarat	Min. 800	Min. 3	4 - 6	Min. 68	Min. 250	

Sumber : Hasil Pengujian oleh Jusmidah

Akibat perendaman air laut dengan variasi waktu selama 6 jam, 12 jam, 1 hari, 2 hari, dan 4 hari. Ternyata hasil yang didapat dari pengujian yang dilakukan dalam waktu tersebut sangat mempengaruhi nilai kekuatan dan keawetan campuran beraspal itu sendiri. Terutama yang besar pengaruhnya adalah nilai stabilitas yang semakin lama direndam dengan air laut menunjukkan penurunan yang signifikan. Dan ini tentunya mempengaruhi kekuatan daripada campuran beraspal itu sendiri. Untuk nilai VIM nya sendiri dari hasil analisa pengujian menunjukkan nilai VIM semakin lama waktu perendaman maka nilai VIM nya semakin meningkat, hal ini menunjukkan semakin besar nilai vim maka campuran makin kurang kedap terhadap udara dan air. Untuk nilai flow atau kelelahan pada hasil pengujian menunjukkan semakin lamanya waktu perendaman maka nilai flownya semakin meningkat. Nilai MQ berkaitan erat dengan nilai stabilitas, semakin lama dilakukannya perendaman maka semakin menurun pula nilai MQ

yang dihasilkan karena disebabkan nilai stabilitas yang semakin menurun.

Adapun penelitian yang terkait dilakukan oleh Jusmidah, dengan judul "*Pengaruh Waktu Rendaman Air Laut Terhadap Mutu Perkerasan HOT ROLLED SHEET A (HRS A)*". Pengaruh air laut terhadap mutu perkerasan HRS A dengan Kadar Aspal Optimum 9,50% dan variasi waktu rendaman yang berbeda – beda. Hasil uji *Marshall* pada masing – masing variasi waktu rendaman yaitu ;

Tabel 2.9 Pengaruh Lama Perendaman menggunakan Air Laut terhadap Karakteristik *Marshall* dan Perendaman Modifikasi pada Kondisi standard (2x75 tumbukan).

Karakteristik <i>Marshall</i>	Variasi Waktu Rendaman						Spek.
	4 Jam	8 Jam	12 Jam	16 Jam	20 Jam	24 Jam	
<i>VMA (%)</i>	23,52	24,71	25,83	26,00	26,23	25,20	Min.18
<i>Stability (Kg)</i>	450,65	340,20	304,39	304,10	216,17	148,12	450 -850
<i>Flow (mm)</i>	2,07	2,17	2,80	2,93	5,23	7,17	2 - 4
<i>VIM (%)</i>	5,92	7,39	8,77	8,97	9,25	7,99	4 - 6
<i>MQ</i>	2,13	1,74	1,08	1,03	0,40	0,20	1 - 4

Sumber : Hasil Pengujian oleh Jusmidah

Dari hasil pengujian variasi rendaman menggunakan air laut pada mutu perkerasan HRS-A diperoleh nilai – nilai stabilitas yang tertera dihasilkan. Dari hasil nilai stabilitas pada masing – masing variasi waktu rendaman seperti yang didapatkan maka dapat dihitung persentase

Indeks Stabilitas Sisa akibat pengaruh variasi waktu rendaman air laut yang dimulai dari rentang waktu 4 Jam kemudian dilanjutkan pada rentang waktu 8 jam, 12 Jam, 16 Jam, 20 Jam dan 24 Jam. Hasil selengkapnya dapat dilihat dalam tabel 4 di bawah :

Tabel 2.10 Nilai Indeks Stabilitas Sisa Mutu Perkerasan HRS-A akibat Pengaruh Variasi Waktu Rendaman Air Laut

Karakteristik <i>Marshall</i>	Variasi Waktu Rendaman						Spek.
	4 Jam	8 Jam	12 Jam	16 Jam	20 Jam	24 Jam	
<i>Stabilitas (Kg)</i>	450	450	450	450	450	450	450-850
<i>Stabilitas setelah perendaman (Kg)</i>	450,65	340,20	304,39	304,10	216,17	148,12	450-850
<i>IRS (%)</i>	100	75,60	67,64	67,58	48,04	32,92	> 80%

Sumber : Hasil Pengujian oleh Jusmidah

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data karakteristik *Marshall* yang diakibatkan oleh pengaruh rendaman air laut terhadap mutu perkerasan HRS A, diperoleh hasil bahwa mutu perkerasan HRS A hanya dapat bertahan selama 4 jam akibat rendaman air laut. Hal ini menunjukkan bahwa rendaman atau genangan air laut dapat merusak keawetan mutu perkerasan.

Setelah melakukan uji perendaman menggunakan air laut diperoleh Indeks Stabilitas Sisa (IRS) pada rentang waktu perendaman 24 jam yaitu sebesar 32,92%. Hal ini diakibatkan oleh pengaruh air laut yang merusak lapisan aspal yang menyelimuti perkerasan sehingga perekatan antar agregat semakin berkurang. Ini

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum

Dalam rancangan penelitian ini akan diuraikan dari tahap pengujian di laboratorium sampai dengan pengolahan data. Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas dengan tipe aspal beton dengan penetrasi 60/70. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

1.3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Adapun lokasi pengambilan bahan agregat yakni di PT. Tristrar Jaya Perkasa, serta pengambilan air laut diambil di Dermaga Kayu Bengkoang, Bulu Gading, Kec. Ujung Pandang, Kota Makassar.



Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Air Laut

1.3.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian akan dilaksanakan dalam waktu terhitung dari bulan september hingga bulan desember 2021. Adapun rincian kegiatan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Rencana Waktu Penelitian

No	Uraian	September				Oktober				November				Desember			
		Minggu Ke															
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan Penelitian :																
	Persiapan Alat dan Bahan																
	Permohonan Izin Penelitian																
2.	Pengujian Bahan :																
	Pengujian Karakteristik Agregat																
	Pengujian Karakteristik Aspal																
	Pemeriksaan Aspal																
3.	Analisis Pengolahan Data :																
	Pemeriksaan Karakteristik Agregat																
	Pemeriksaan Karakteristik Aspal																
	Analisis Rancangan Campuran																
4.	Pembuatan Benda Uji KAO																
5.	Analisis Pengolahan Data Uji Marshall Penentuan KAO																
6.	Pembuatan Benda Uji dengan Perendaman Air Laut																
7.	Analisis Pengolahan Data																
8.	Penyusunan Skripsi																

3.2. Metode Penelitian

Penelitian pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*),

aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga penetrasi, titik nyala, titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menggunakan air laut sebagai air rendaman dalam pengujian. 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 waktu perendaman. Setelah pengujian perendaman dilakukan maka dilanjutkan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi Marshall/ *Marshall Quotient (MQ)*.

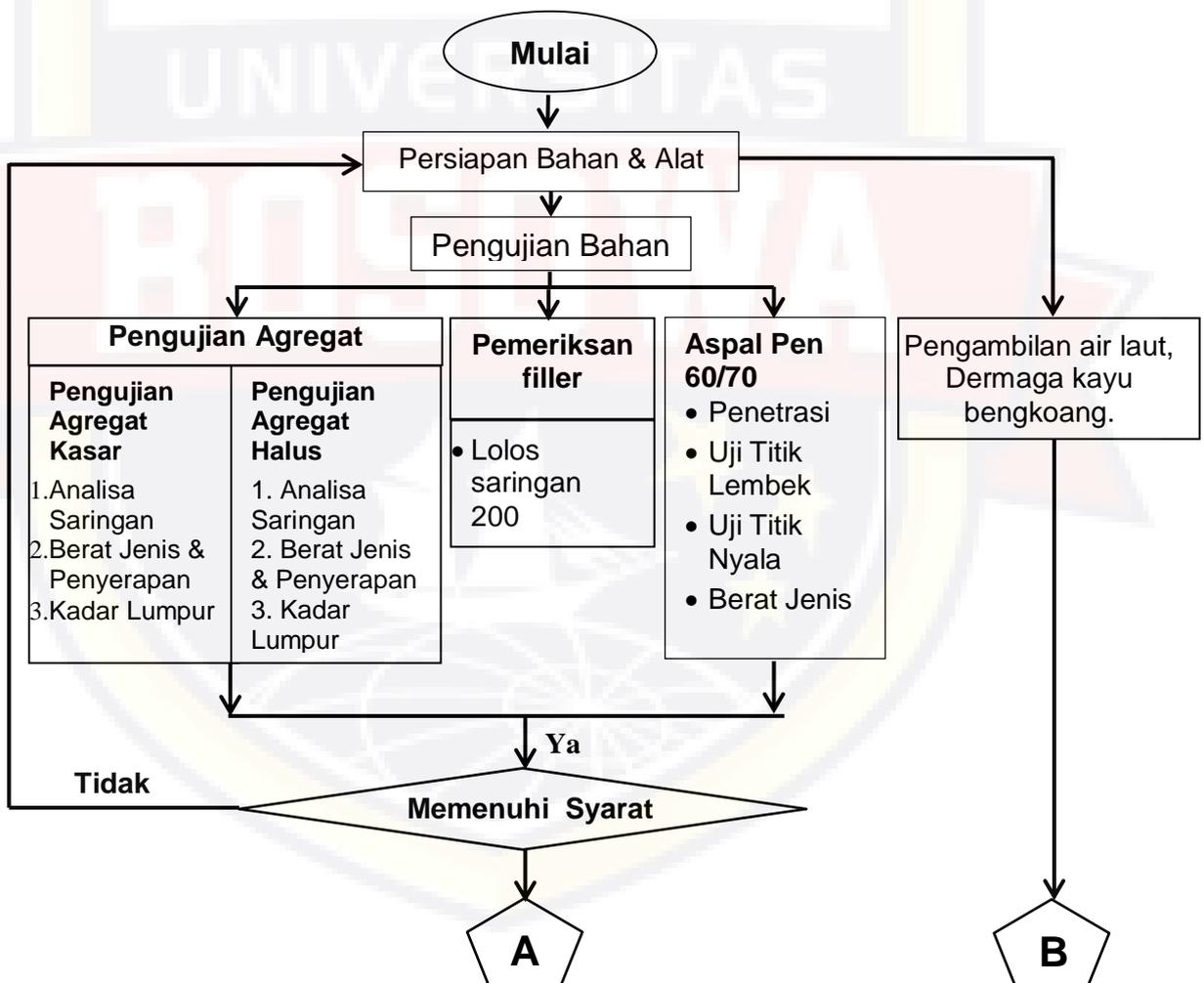
Dari nilai-nilai stabilitas dan kelelahan yang diperoleh akan dianalisa, dievaluasi dan mengambil kesimpulan seberapa besar pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal beton penetrasi 60/70.

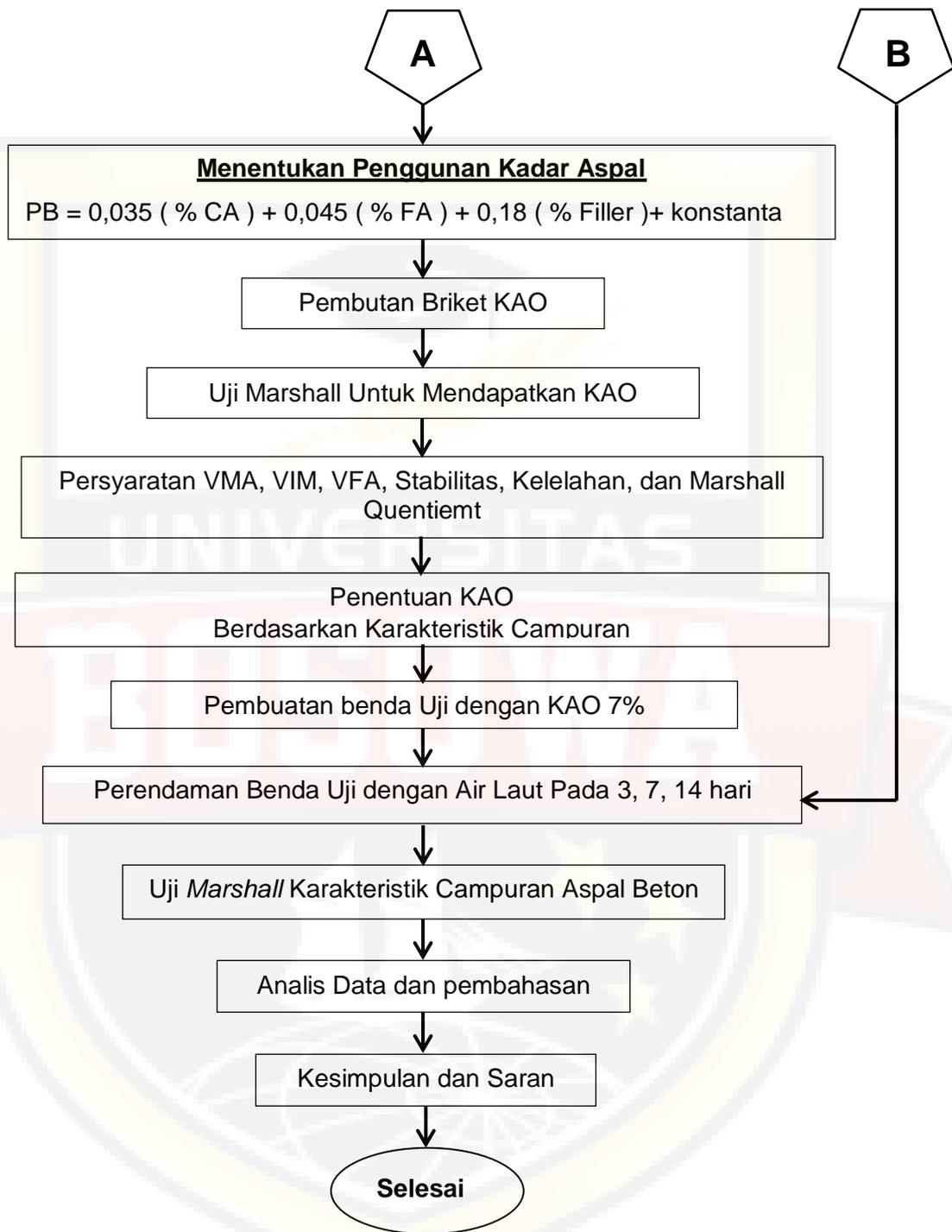
3.3. Bagan Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap dalam pengujiannya, seperti tahap persiapan, yaitu contohnya tahapan dalam mempersiapkan alat dan bahan untuk pengujian. Bahan yang dipersiapkan adalah aspal

dan agregat, serta air laut sebagai rendaman dalam pengujian. Bahan yang telah dipersiapkan tersebut dilakukan pemeriksaan untuk dilakukan ke tahap pengujiannya dan memisahkan antar fraksi ukuran butir agregatnya.

Bagan alir penelitian pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas terlihat pada gambar 3.1





Gambar 3.2. Bagan alir penelitian

3.4. Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan yaitu :

1. Batu pecah 1 – 2
2. Batu pecah 0,5 – 1
3. Abu batu



Gambar 3.3 Agregat

b. Bahan pengisi (*Filler*)



Gambar 3.4 *Filler*

c. Aspal Minyak Penetrasi 60/70

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 Pen 60/70.



Gambar 3.5 Aspal Minyak Penetrasi 60/70

d. Air Laut

Air laut yang di gunakan di ambil dari dermaga kayu bengkoang, Bulu Gading, kec. Ujung Pandang, kota Makassar. Dengan kedalaman 5,6 m, dan Salinitas 27,24 %



Gambar 3.6 Air Laut

3.5. Peralatan Penelitian

3.5.1. Peralatan Pemeriksaan Agregat

a. Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar dan halus

Peralatan :

1. Timbangan dengan kapasitas 20 kg
2. Satu set saringan 76,2 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); No.30; No.50; No.100; N0.200 c.

3. Oven, oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.

4. Alat pemisah contoh

5. Talam – talam

6. Kuas, sikat kuning, sendok dan alat - alat lainnya

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Peralatan :

– Timbangan dengan kapasitas 1 kg dan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung

keranjang

– Piknometer dengan kapasitas 500 ml.

– Kerucut terpacung (cone).

– Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata.

– Saringan No. 4

– Oven.

– Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C

– Talam

– Bejana tempat air ; berfungsi untuk menyimpan air suling.

– Pompa hampa udara (vacum pump) atau tungku

– Air suling

– Desikator

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

– Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no.6 atau no.8)

dengan kapasitas kira-kira 5 kg.

- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.

- Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1 %.
- Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 + 5)^{\circ}\text{C}$.
- Alat pemisah contoh.
- Saringan no.3/4" dan No.1/2"

c. Pemeriksaan kadar lumpur

1. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Cawan/ talam
- Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- Saringan no. 200

2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- Cawan / Talam
- Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- Saringan no. 200

d. Pemeriksaan abrasi

1. Mesin Los Angeles dengan 500 putaran
2. Saringan 12,5 mm, 9,5 mm dan saringan 2,36 mm
3. Bola baja sebanyak 6 buah untuk gradasi D

4. Timbangan digital, ketelitian 0,001 gr

5. Oven

6. Wadah

7. Stopwatch

3.5.2. Peralatan Pemeriksaan Aspal

a. Alat pengujian penetrasi aspal

1. *Penetrometer*, digunakan untuk pengujian penetrasi aspal. Pada alat ini terdapat jarum yang digunakan untuk menusuk aspal padat untuk mengukur nilai penetrasinya.

2. *Stopwatch*, digunakan untuk mengukur waktu ketika proses penetrasi.

3. Cawan, cawan berfungsi sebagai wadah aspal padat.

b. Uji titik lembek

1. Bola Baja, yang terbuat dari baja yang memiliki diameter 9,5 mm. Setiap bola mempunyai berat $3,5 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$.

2. Cincin kuningan, yang terbuat dari bahan kuningan yang berfungsi sebagai tempat aspal saat pengujian titik lembek.

3. *Termometer*, digunakan untuk mengukur suhu.

4. Dudukan benda uji

5. Kawat Kassa

6. Kompor Listrik

7. Gelas ukur, digunakan wadah yang berisi air es untuk merendam aspal yang diletakkan dalam dudukan benda uji.

c. Uji Titik Nyala dan Uji Titik Bakar, digunakan untuk mengukur kecenderungan aspal panas dan api pada kondisi terkontrol di laboratorium

d. Uji berat jenis apal

1. Neraca *Ohaus*
2. *Picnometer* Labu

3.5.3. Alat Pembuat Benda Uji

a. *Moulding*

b. Alat penumbuk benda uji beserta alas tumbukan

Alat penumbuk benda uji mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.

c. Landasan Pematat, terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenisnya).

d. *Ejector*

e. Kompor, digunakan untuk memanaskan aspal dan untuk memanaskan agregat dalam pembuatan beton aspal dengan cara hot mix.

f. Bak Pengaduk

Bak pengaduk ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan ukuran kira-kira panjang 30 cm, lebar 20 cm dan kedalaman sekitar 10-15 cm.

g. Bak Perendam (*water bath*), digunakan untuk memanaskan benda uji sebelum proses pengujian tekan marshall.

h. Perlengkapan lain :

1. Termometer
2. Sendok
3. *Stopwatch*.
4. Jangka Sorong

3.5.4. Alat Pengujian Benda Uji dengan Metode *Marshall*

A. *Marshall Test Machine* 76-B0038/CB

Marshall Test Machine merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian dengan kapasitas 2500 kg atau sekitar 5000 pon, dimana dalam cincin pengujian tersebut dilengkapi dengan arloji atau *dial* dengan ketelitian 0,0025 mm yang berfungsi untuk mengukur stabilitas benda uji. Kecepatan penekanan dari *marshall test machine* ini adalah sekitar 50 mm/menit.



Gambar 3.7 *Marshall Test Machine*

3.6. Pengujian Bahan

3.6.1. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8.

Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal.

Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat kasar

Pengujian	Standar Pengujian
Agregat Kasar	
Berat Jenis	SNI 1969:2016
SSD	SNI 1969:2016
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016
Penyerapan	SNI 1969:2016
<i>Los Angles /Abrasi</i>	SNI 03-2417-2008

3.6.2. Pengujian Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di atas saringan no. 200. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar di atas serta dilindungi terhadap hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Menurut Sukirman (2003) ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar Pengujian
Agregat Halus	
Berat Jenis	SNI 1970:2016
SSD	SNI 1970:2016
Berat Jenis Semu	SNI 1970:2016
Penyerapan <i>Hot Bin</i>	SNI 1970:2016

3.6.3. Pengujian Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *filler* harus lolos saringan no. 200. Sebaiknya *filler* juga harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan. Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah pengayakan serbuk kaca yang lolos saringan no.200. Menurut SNI (2018) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang *filler* dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini:

Tabel 3.4 ketentuan agregat *filler*

no	karakteristik Filler	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1	Material yang lolos saringan No.200	SNI M-06-6723-2002	%	70	-
2	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81		-	-

3.6.4. Pengujian aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (2018) dengan ketentuan pada Tabel 3.5 dibawah ini:

Tabel 3.5 Ketentuan Aspal

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

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe Aspal pen. 60/70
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	–

3.7. Penentuan Benda Uji dan Pembuatan Benda Uji

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

3.7.1. Pembuatan Benda Uji Untuk Menentukan Kadar Aspal

Optimum

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 (P_b)

3. Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (P_b) pada campuran adalah :

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + k$$

Dimana :

P_b = Perkiraan kadar aspla optimum

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

K = Nilai konstanta 0,5-1,0

4. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.

5. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C

6. Tuangkan aspal buton pra-campur yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.

7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.

8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.7.2. Penentuan Benda Uji

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

Tabel 3.6 Perhitungan Benda Uji

Uraian kegiatan pengujian				Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum			Jumlah	
Variasi Kadar Aspal (%)	AC-WC			Jumlah Benda Uji 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			15	
2. Pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS)				
Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)	AC-WC	Jumlah	
KAO	30 Menit	3	3	
KAO	24 Jam	3	3	
3. Perendaman dengan Air Laut				
Kadar Aspal (%)	Siklus (hari)	AC-WC	Jumlah	
Optimum	3	3	3	
Optimum	7	3	3	
Optimum	14	3	3	
Total Benda Uji			9	

3.8. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall Untuk Menentukan (KAO)

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

untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall. Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-WC.

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

3.9. Pembuatan Benda Uji dengan perendaman air laut

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya kita melakukan pembuatan benda uji dengan perendaman air laut.

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. Bahan

Air Laut yang di ambil dari dermaga kayu bengkoang, Bulu Gading, kec. Ujung Pandang, kota Makassar

c. Prosedur Kerja

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.
2. Menggunakan kadar aspal optimum yang ditentukan
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan cara disangrai sampai suhu 165°C
5. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
6. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
7. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 tumbukan, lalu dinginkan dan kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.10. Pengujian Benda Uji Perendaman Air Laut Dengan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton.rosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian melakukang perendaman berulang dengan 3 hari, 7 hari, dan 14 hari, dilakukan perendaman dengan cara pada hari pertama direndam selama 24 jam dan hari kedua diangkat dan dilap, pada hari ketiga direndam kembali selama 24 jam, dan diulangi prosedur tersebut sampai 6 hari. Begitu pula dengan perendaman 7 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 14 hari dan perendaman 14 hari dilakukan proses perendaman berulang sampai hari ke 28 hari. Kemudian dikeluarkan benda uji yang talah 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	56,62	100,00	100.00	100
3/8"	9,5	29,53	89,96	100.00	100
No.4	4,75	4,47	50,58	99,68	100
No. 8	2,36	0,99	21,12	90,50	100
No. 16	1,18	0,86	6,85	72,96	100
No. 30	0,6	0,84	2,73	5848	100
N0. 50	0,3	0,77	2,52	39,22	100
No.100	0,14	0,73	1,92	21,43	100
No.200	0,075	0,47	1,79	6,86	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

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

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

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

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

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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

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	2.86	-	Gram
2. SSD		2.95	-	Gram
3. Semu		3,12	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.90	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal 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 4.4. sebagai berikut :

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

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

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rancangan Campuran

a. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

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

Nilai 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 = 45%
- Abu Batu = 34%
- Filler = 1%

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

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

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

$$= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{45}{100} \times 100 + \frac{34}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100$$

$$= 100\%$$

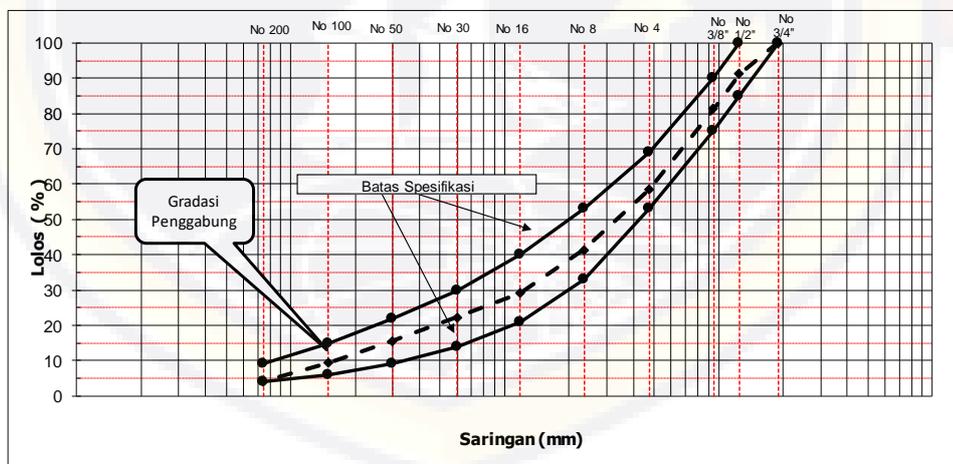
Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

Nomor saringan	Gradasi Agregat (Rata – rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC		Spesifikasi 2018
	Batu Pecah 1-2	Batu Pecah 0.5-1	Abu Batu	Filler	I	II	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00		100
1/2"	56,62	100.0	100.0	100	91.32		90-100
3/8"	29.53	89.96	100.0	100	81.39		90-100
#4	4.47	50.58	99.68	100	58.55		53-69

Nomor saringan	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	
#8	0.99	21.12	90.50	100	41.47		33-53
#16	0.86	6.85	72.96	100	29.06		21-40
#30	0.84	2.73	58.48	100	22.28		14-30
#50	0.77	2.52	39.22	100	15.62		9-22
#100	0.73	1.92	21.43	100	9.30		6-15
#200	0.47	1.79	6.86	95.16	4.18		4-9
Komposisi Penggabungan Agregat (%)							
Batu Pecah 1 – 2							20
Batu Pecah 0.5 – 1							45
Abu Batu							34
Filler							1
Total Luas Permukaan Agregat (M2/Kg)							5.17

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

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

Keterangan :

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= \#3/4" - \#8 & \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\ &= 100 - 41,47 & &= 41,47 - 4,18 \\ &= 58,53 & &= 37,29 \\ \text{Filler} &= \#200 \\ &= 4,18\end{aligned}$$

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

4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas *mold* yang ada. Perhitungan untuk campuran aspal 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 = 5 %		100 % - 5 %		= 95	
Hasil Combine					
BP 1- 2	20 %	x	95 %	=	0.19 x 1200 = 228,00
BP 0,5 - 1	45 %	x	95 %	=	0.43 x 1200 = 513,00
Abu Batu	34 %	x	95 %	=	0.32 x 1200 = 387,60
Filler	1 %	x	95 %	=	0.01 x 1200 = 11,40
Aspal	5 %	X			1200 = 60,00
					1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4.7 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	513,00	510,30	507,60	504,90	502,20
Abu Batu	387,60	385,56	383,52	381,48	379,44
Semen	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60,00	66,00	72,00	78,00	84,00
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4.8 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	2,63	2,77	2,70
Batu Pecah 0,5 - 1	2,66	2,84	2,75
Abu batu	2,86	3,12	2,99
Filler	3,14		
Aspal	1,005		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

1. Untuk campuran aspal panas AC-WC

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

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

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

4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

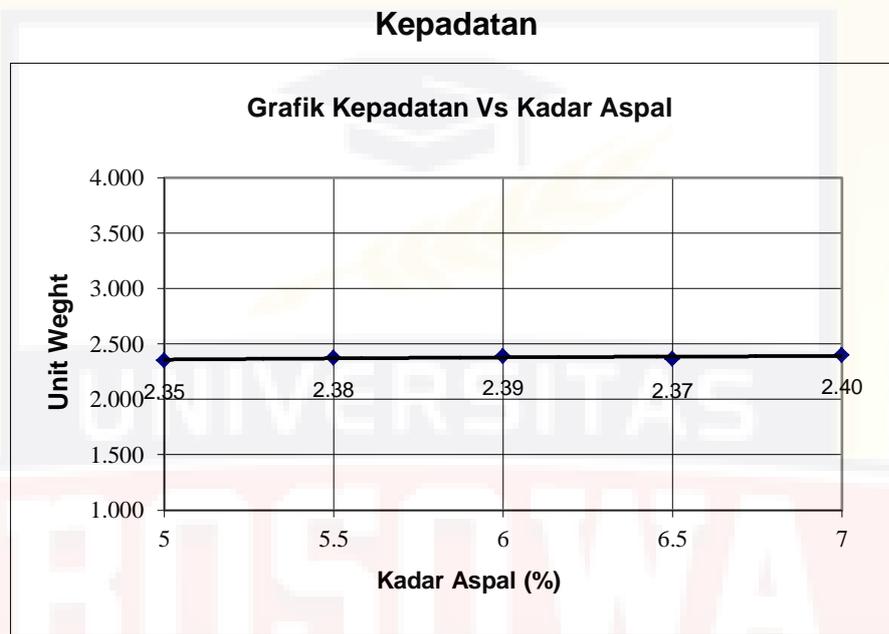
Pada pengujian benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* dan *flow* benda uji.

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

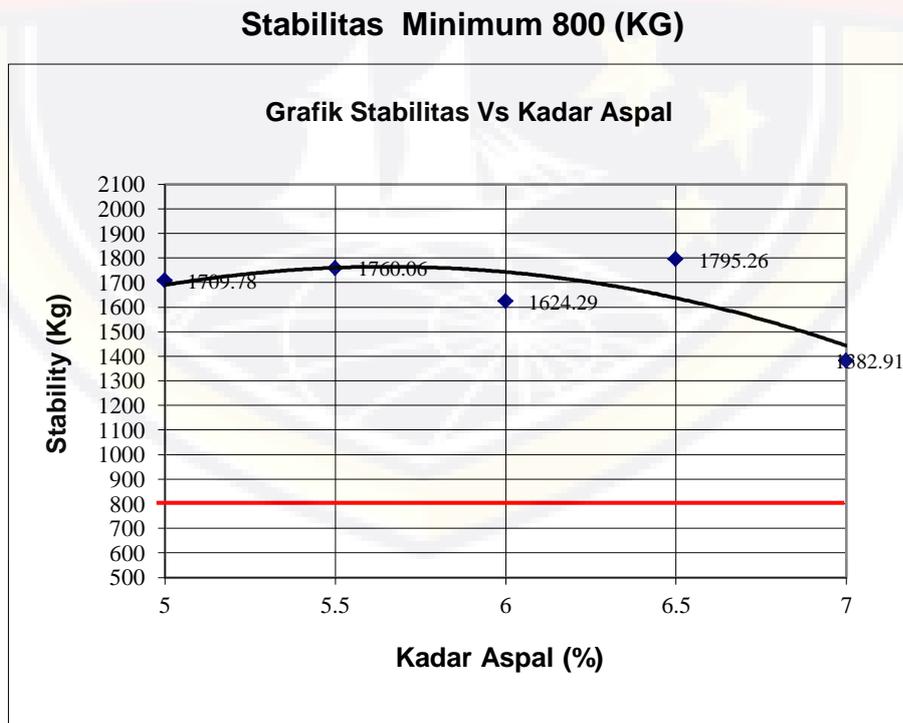
Tabel 4.9 Hasil Marshall tes KAO

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

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

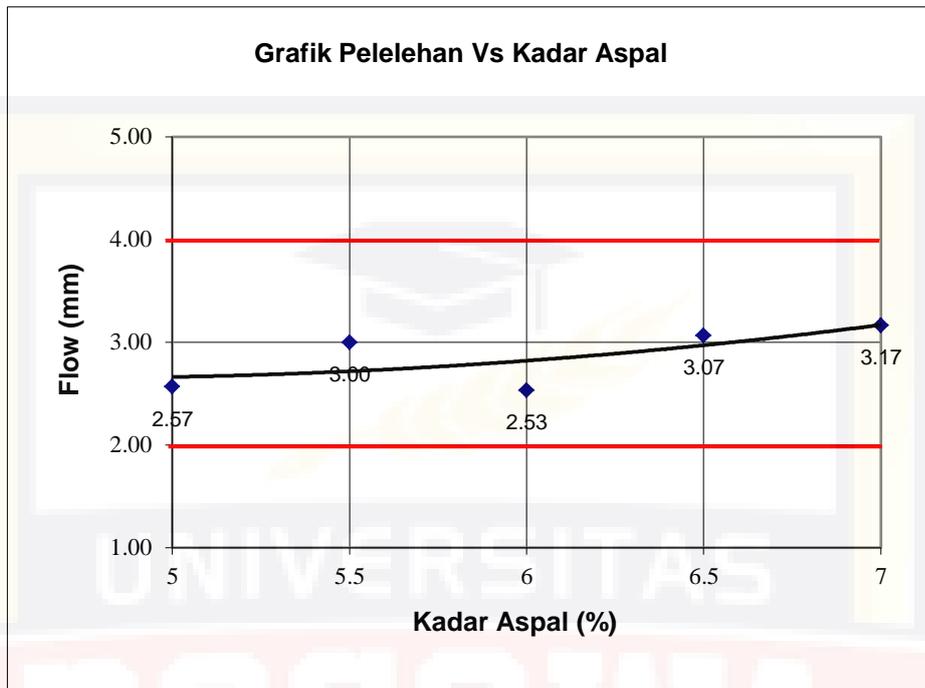


Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



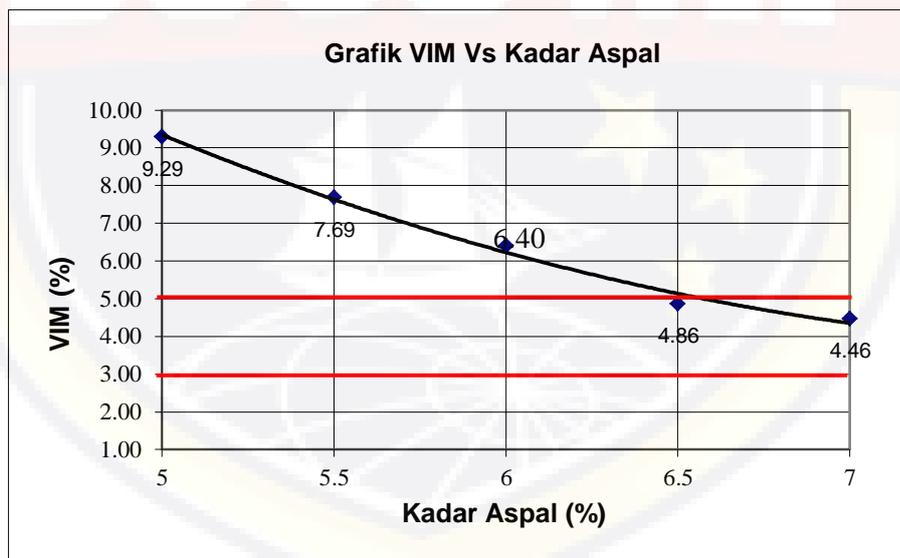
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) 2-4



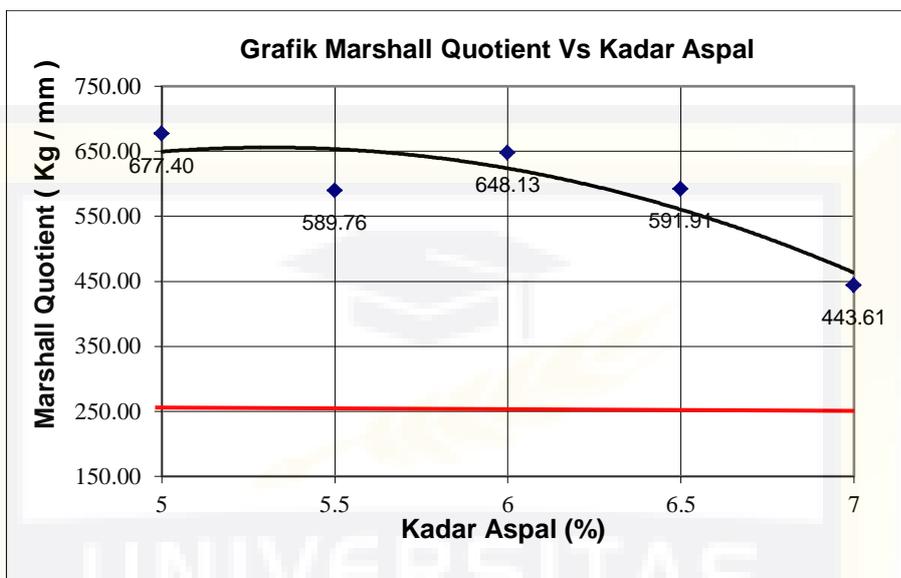
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



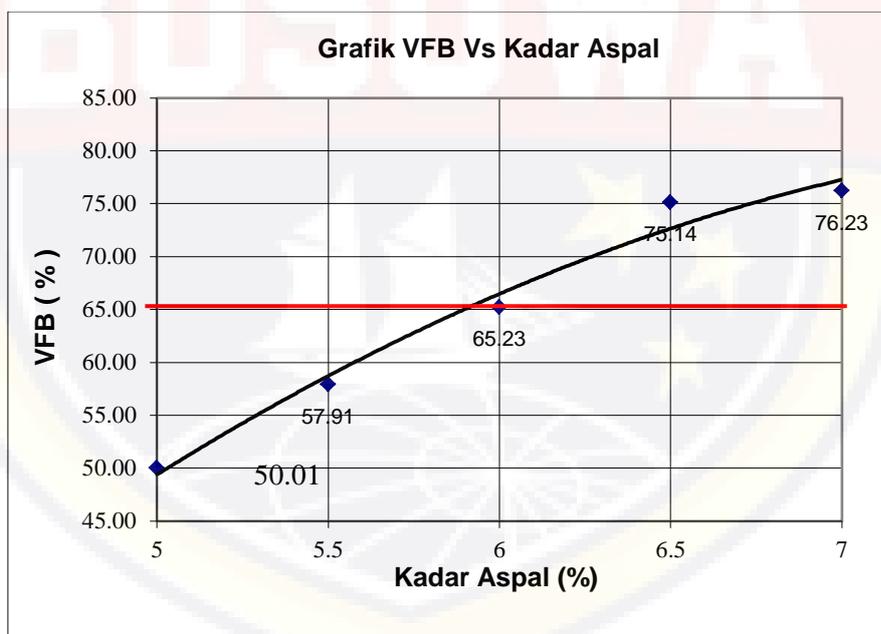
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient 250 (Kg/mm)



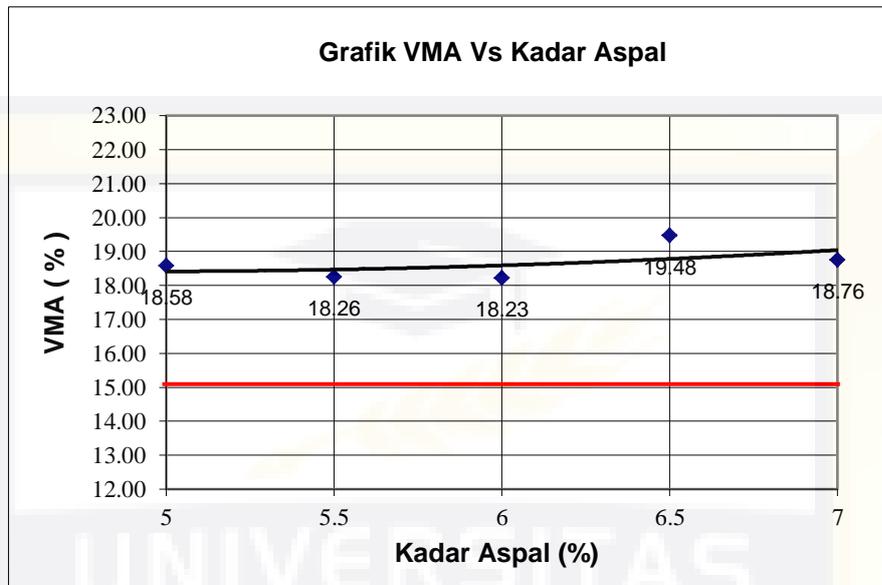
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

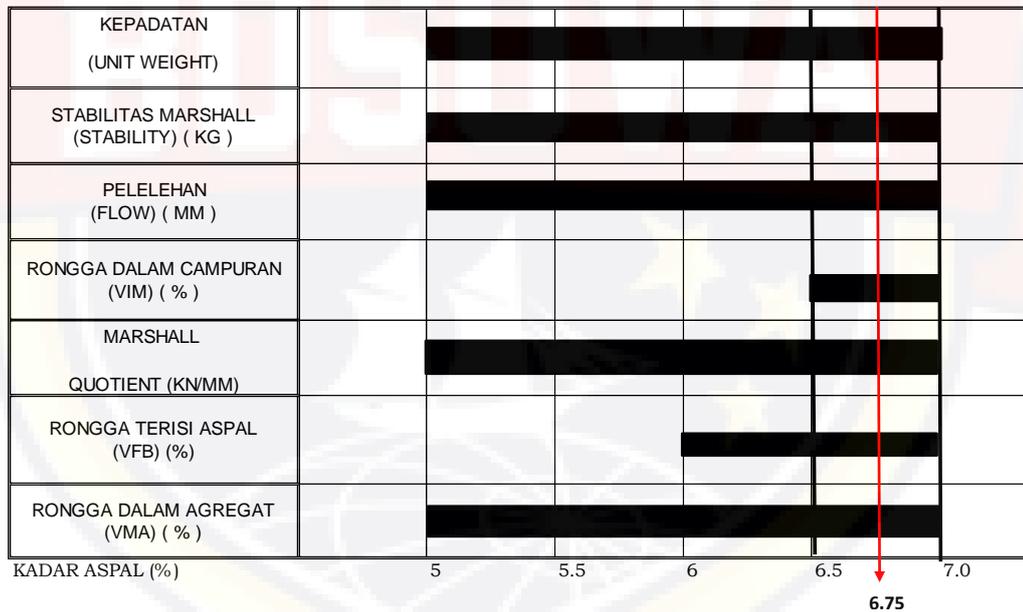


Gambar 4.2.f. Grafik VFB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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

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

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

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

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

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut

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 Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut

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

Untuk campuran *AC - WC* dengan perendaman berulang, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10 Komposisi campuran perendaman berulang terhadap air laut

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

Ket: Satuan dalam gram

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

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas 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 7%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2.40	2.39	-
2	Stabilitas (Kg)	1614,17	1539,67	Min 800
3	Flow (mm)	2,97	3.03	2-4
4	MQ (Kg/mm)	548,93	510,23	Min 250
5	VIM (%)	4,53	4,86	3-5
6	VMA (%)	18,82	19,09	Min 15
7	VFB (%)	75,99	74,58	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementrian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman berulang menggunakan air laut kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 3, 7, dan 14 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada perhitungan dibawah:

a. Volume Benda Uji

Rumus :

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

Dimana : G : SSD

F : Berat Dalam Air

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1187,6 - 692,6 = 495$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1180,2 - 689,5 = 490,7$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1188,1 - 695,1 = 493$$

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1201,1 - 698,4 = 502,7$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1182,7 - 698,8 = 495,9$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1184,9 - 695,8 = 489,1$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1185,9 - 689,7 = 496,2$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1183,2 - 685,5 = 497,7$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1205,7 - 698,9 = 506,8$$

b. BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

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

Dimana : E : Berat Benda Uji Di Udara

H : Volume Benda Uji

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1181,4}{495} = 2,39$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1178,7}{490,7} = 2,40$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1183,2}{493} = 2.40$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1185,6}{502,7} = 2,36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1188,5}{495,9} = 2,40$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1183,3}{489,1} = 2,42$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1183,4}{496,2} = 2,38$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1180,8}{497,7} = 2,37$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1198,9}{506,8} = 2,37$$

c. Rongga dalam Campuran (VIM)

Rumus :

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

Dimana : D : BJ Max Campuran

I : BJ Bulk Campuran Pematatan

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,39)}{2.5114} = 4,97$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,40)}{2.5114} = 4,35$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,40)}{2.5114} = 2,43$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,36)}{2.5114} = 60,9$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,40)}{2.5114} = 4,57$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,42)}{2.5114} = 3,66$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,38)}{2.5114} = 5,03$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,37)}{2.5114} = 5,53$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,5114 - 2,37)}{2.5114} = 5,80$$

d. Stabilitas

Rumus :

$$\text{Stabilitas} = K \times \text{Angka Koreksi} \times \text{Angka kalibrasi}$$

Dimana K : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$115 \times 1.04 \times 14.9 = 1782.04 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$95,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1472.12 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$110,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1704.56 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$95,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1472.12 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$100,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1549.60 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$110,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1704.56 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$95 \times 1.04 \times 14.9 = 1472.12 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$95,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1627.08 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$110,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1394.64 \text{ Kg}$$

e. Marshall Quotient (Kg/mm)

Rumus :

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

Dimana : L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1782,0}{3.20} = 556.89$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1472,1}{3.50} = 420.61$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1704,6}{4.20} = 405.85$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1472,1}{4.10} = 359.05$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1549,6}{3.50} = 442.74$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1704,6}{3.80} = 448.57$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1472,1}{5.2} = 283$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1549,6}{3.50} = 442.74$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1704,6}{3.80} = 448.57$$

f. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rumus :

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

Dimana : I : BJ Bulk Campuran Pematatan

B : BJ Bulk Gabungan

A : Kadar Aspal

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.39}{2.75} \times 100 - 7.0 = 19.184 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.40}{2.75} \times 100 - 7.0 = 18.663 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.40}{2.75} \times 100 - 7.0 = 18.73 \%$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.36}{2.75} \times 100 - 7.0 = 18.73 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.40}{2.75} \times 100 - 7.0 = 18.846 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.42}{2.75} \times 100 - 7.0 = 18.08 \%$$

Kadar Aspal 7 %
Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.38}{2.75} \times 100 - 7.0 = 19.24 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.37}{2.75} \times 100 - 7.0 = 19.66 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.37}{2.75} \times 100 - 7.0 = 19.90 \%$$

g. Rongga Terisi Aspal (VFB)

Rumus :

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

Dimana : R : Rongga dalam agregat

J : Rongga dalam campuran

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{19.18 - 4.97}{19.18} \times 100 = 74.12 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{18.66 - 4.35}{18.66} \times 100 = 76.86 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{18.73 - 4.43}{18.73} \times 100 = 76.33 \%$$

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{20.14 - 6.09}{20.14} \times 100 = 69.77 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{18.85 - 4.57}{18.85} \times 100 = 75.76 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{18.08 - 3.66}{18.08} \times 100 = 79.73 \%$$

Kadar Aspal 7 %

Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{19.24 - 5.03}{19.24} \times 100 = 73.84 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{18.66 - 4.35}{18.66} \times 100 = 71.88 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{19.90 - 4.43}{19.90} \times 100 = 70.83 \%$$

h. Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

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

Dimana : A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gabungan

D : BJ

T : Specific Gravity Of Bitument

Kadar Aspal 7 %

$$= 7 + \frac{1.005 (100 - 7)}{2.75} - \frac{100 \times 1.005}{2.51} = 1.01$$

Tabel 4.12 Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman berulang terhadap air laut, kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Kadar Aspal Optimum (KAO) 7%				Spesifikasi 2018
		24 Jam	Perendaman Berulang dengan Air Laut			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.39	2.40	2.39	2.37	-
2	VIM (%)	4.86	4.58	4.77	5.46	3 - 5
3	Stabilitas (Kg)	1539.67	1652.91	1575.43	1497.95	Min 800
4	Flow (mm)	3.03	3.63	3.80	4.97	2 - 4
5	MQ (Kg/mm)	510.23	461.11	416.79	303.42	Min 250
6	VMA (%)	19.09	18.86	19.02	19.60	Min 15
7	VFB (%)	74.58	75.71	75.09	72.18	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

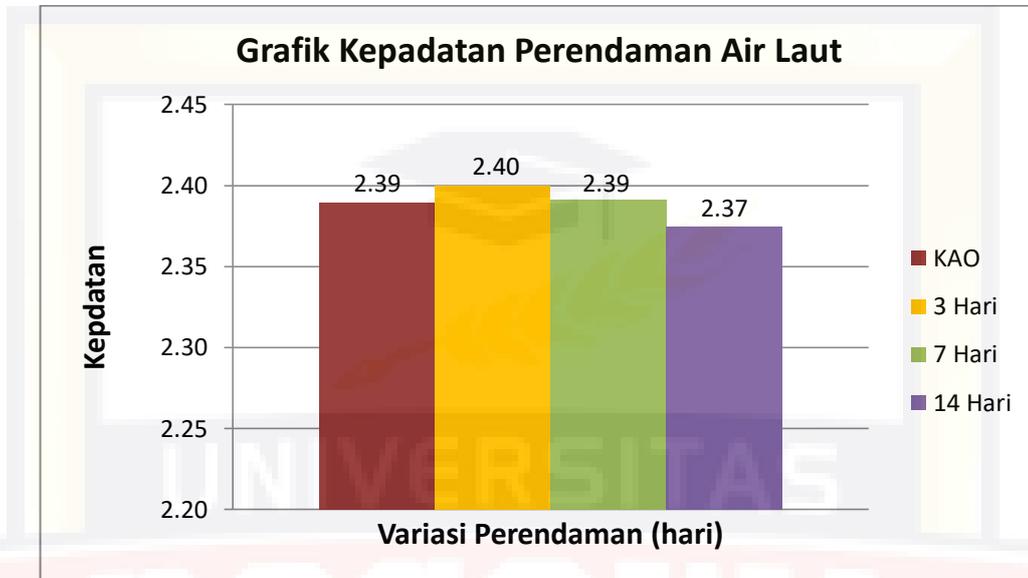
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Perendaman Berulang Menggunakan Air Laut

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 perendaman air laut, dapat dilihat pada gambar 4.4

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



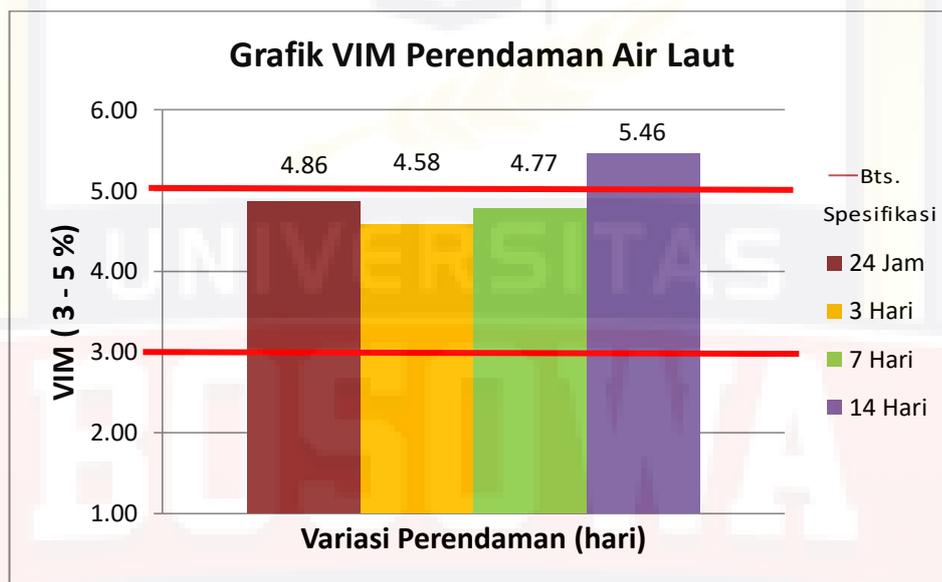
Gambar 4.4 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin lama Perendaman laut yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kapadatan (density), pada KAO adalah 2,40, pada hari ke 3 adalah 2,40, pada hari ke 7 adalah 2,39 dan pada hari ke 14 adalah 2,37 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Rongga dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0% - 5.0%

Void In Mixture (VIM) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan

dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk perendaman berulang dengan air laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.5



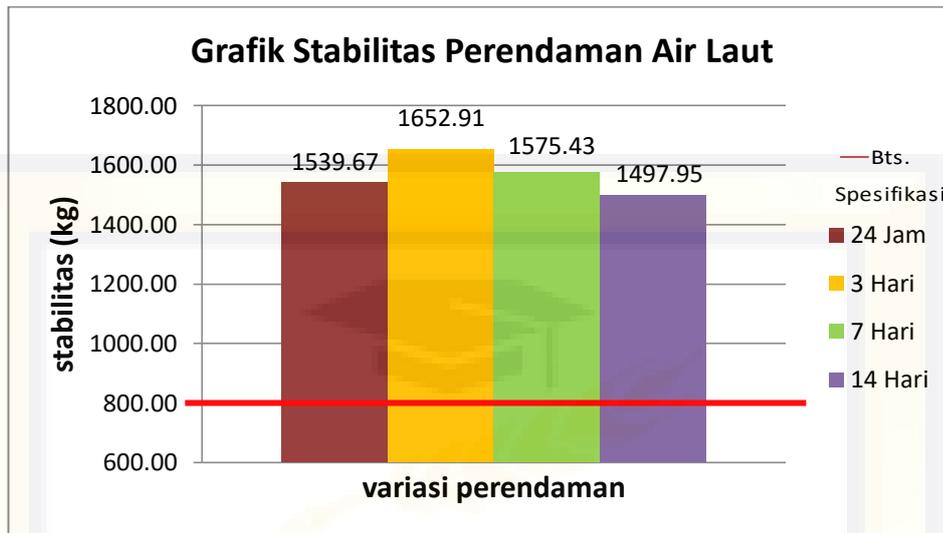
Gambar 4.5 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa perendaman berulang dengan air laut dalam campuran aspal dapat berpengaruh nilai *VIM*. pada nilai KAO adalah 4,53 % , pada perendaman 3 hari adalah 4,58 % , pada peredaman yang ke 7 hari adalah 4,77 % , sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 5,46 % dengan syarat VIM 3,0 – 5,0 % maka perendaman berulang dengan air laut ke 14 hari tidak memenuhi spesifikasi.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat 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 laut (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air laut inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

c. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan perendaman berulang menggunakan air laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang dengan air laut nilai stabilitas mengalami mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1614.17 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1652,91 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 1575,43 Kg dan niali pada perendaman ke 14 hari adalah 1497.95 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.

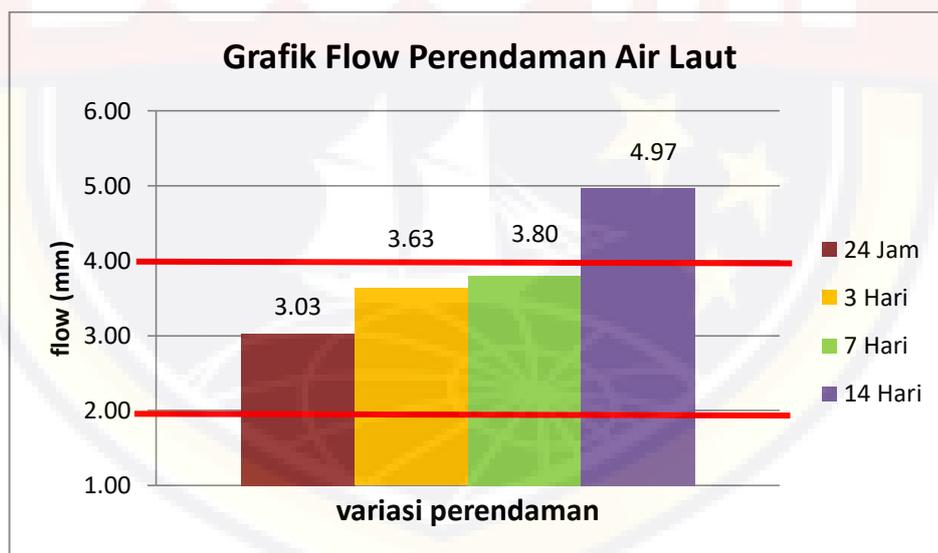
Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air laut, maka adhesi campuran akan

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

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

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk perendaman berulang dengan menggunakan air laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7



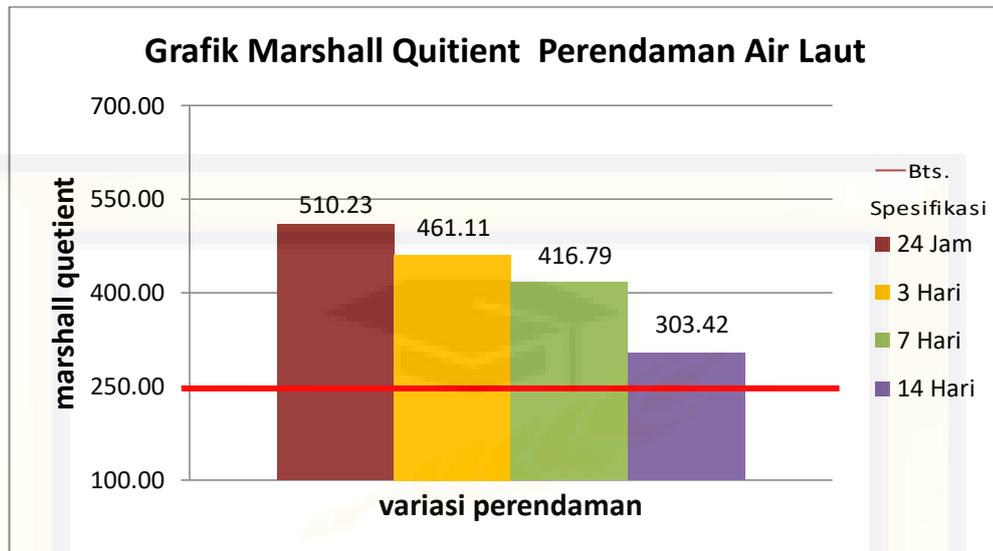
Gambar 4.5 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa perendaman berulang dengan air laut menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 2,97 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3,63 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 3,80 mm, sedangkan pada perendaman ke 14 hari adalah 4.97 mm dengan syarat flow 2,0 – 4,0 (mm) maka perendaman 14 hari tidak memenuhi spesifikasi. 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 tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman air laut maka daya rekat aspal semakin.

e. Marshall Quotient (*MQ*)

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

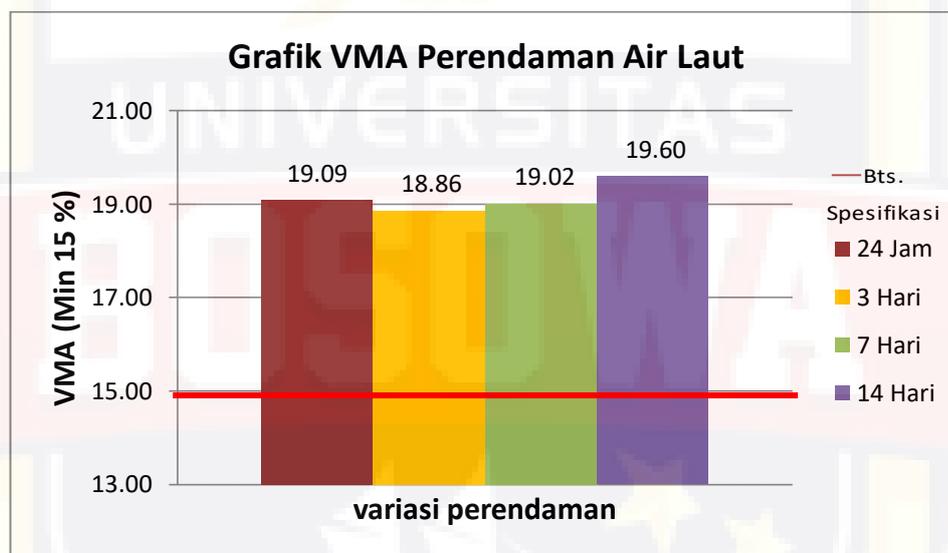
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada KAO adalah 548,93 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 461,11 Kg/mm, pada perendaman yang ke 7 hari adalah 416,79 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 303.42 Kg/mm. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang dengan menggunakan air laut 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.

f. Rongga dalam Agregat (VMA) Min 15%

VVMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi,

akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding. Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukurann butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai *VMA* campuran AC-WC untuk perendaman berulang dengan air laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.6 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap *VMA* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

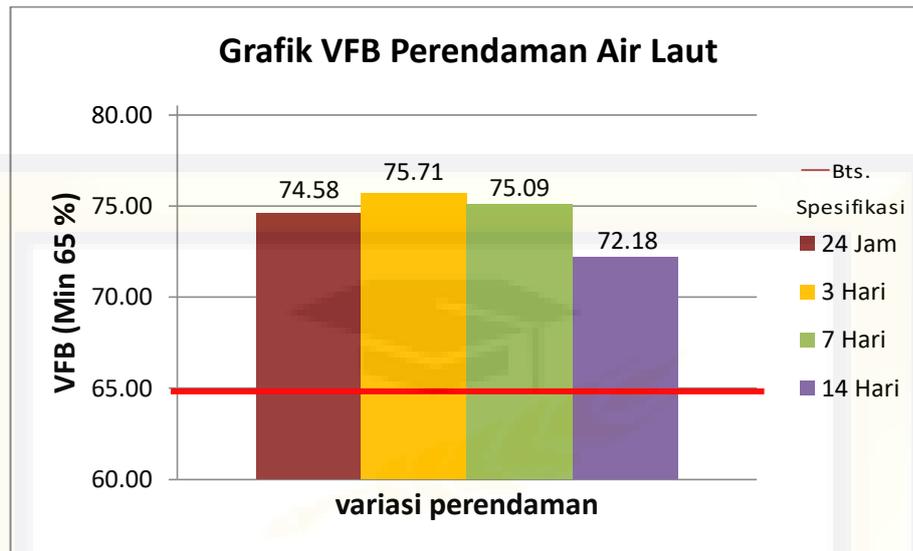
Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa perendaman berulang dengan air laut menyebabkan nilai *VMA* berubah. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan *VMA* pada campuran disebabkan karena daya tekan air laut ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya

perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

g. Rongga Terisi Aspal Minimum 65 (%)

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

Grafik nilai VFB campuran AC-WC untuk perendaman berulang dengan air laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Diagram hubungan perendaman berulang dengan air laut terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai VFB pada KAO adalah 75,99 %, pada perendaman 3 hari adalah 75,71 %, pada peredaman ke 7 hari adalah 75,09 %, dan pada perendaman yang ke 14 hari adalah 72,18%. Ketentuan sifat – sifat campuran laston nilai VFB adalah 65 % maka nilai VFB memenuhi spesifikasi. Dilihat dari grafik diatas bahwa perendaman berulang dengan air laut mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena semakin lama perendaman dengan air laut membuat lekatan semakin berkurang karena air laut dapat melemahkan ikatan antara aspal dengan agregat sehingga agregat yang terselimuti menjadi sedikit.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Marshall IKS 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. 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 4.13.

Tabel 4.13 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1614,2	1539,7		

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.13 menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

4.6 Analisis Fase Kritis Perendaman Berulang dengan Air Laut terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Beton

Fase kritis campuran aspal beton pada perendaman berulang dengan air laut terhadap parameter marshall dimana campuran aspal tidak mencapai titik minimal dan melewati batas maksimal titik kritis terhadap parameter aspal sesuai ketentuan Speifikasi Bina Marga 2018.

Fase kritikal campuran aspal beton pada perendaman berulang dengan air laut terhadap parameter aspal, dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Fase Kritikal Campuran Aspal Beton Akibat Perendaman Berulang dengan Air Laut terhadap Parameter Marshall

Durasi Waktu Rendaman Air Laut (Hari)	Parameter Marshall						
	Kepadatan	VIM 3 – 5 (%)	Stabilitas Min 800 (Kg)	Flow 2 – 4 (mm)	MQ Min 250 (Kg/mm)	VMA Min 15 (%)	VFB Min 65 (%)
3	2.40	4.58	1652.91	3.63	461.11	18.86	75.71
7	2.39	4.77	1575.43	3.80	416.79	19.02	75.09
14	2.37	5.46	1497.95	4.97	303.42	19.60	72.18

Dari Tabel 4.14 menunjukkan bahwa fase kritikal campuran aspal beton pada perendaman berulang dengan air laut terhadap Parameter Marshall. Dapat dilihat pada nilai kepadatan, stabilitas, marshall quotient, dan nilai VFB tidak mengalami fase kritikal, sedangkan pada nilai VIM, dimana pada perendaman 14 hari adalah 5.46% dengan titik kritikal maksimal 5%, maka fase kritis nilai VIM terjadi pada perendaman ke 14 hari. Selain itu, fase kritikal juga terjadi pada nilai Flow, dimana pada perendaman 14 hari adalah 4.97 mm dengan titik kritikal maksimal 4 mm, maka fase kritis nilai flow terjadi pada perendaman ke 14 hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian sifat dan karakteristik campuran aspal LASTON AC – WC akibat perendaman berulang dengan air laut melalui pengujian Marshall, dapat dilihat pada nilai kepadatan, stabilitas, Marshall Quotient, dan nilai VFB mengalami penurunan pada setiap waktu perendaman. Sedangkan nilai Flow, VIM, dan VMA mengalami peningkatan pada setiap waktu perendaman berulang. hal ini berlaku pada setiap variasi perendaman berulang dengan air laut.
2. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data fase kritikal campuran aspal beton akibat perendaman berulang dengan air laut terhadap parameter marshall. Dapat dilihat pada nilai kepadatan, stabilitas, marshall quotient, dan nilai VFB tidak mengalami fase kritikal, sedangkan pada nilai VIM dan flow terjadi fase kritikal dimana fase kritikal terjadi pada perendaman ke 14 hari.

5.2. Saran

1. Dalam perencanaan aspal, peneliti perlu untuk memperhatikan kualitas daripada material yang akan digunakan sebab kualitas material sangat berpengaruh terhadap kekuatan dan keawetan benda uji yang akan dibuat, disarankan menggunakan material yang

telah teruji dan memenuhi persyaratan karena akan mempengaruhi nilai akhir dari proses pencampuran.

2. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan mampu menganalisa perbandingan untuk jenis aspal terhadap pengujian air laut agar dapat diketahui jenis aspal mana yang lebih awet dan cocok untuk jalan yang dibuat pada ruas jalan yang berada dekat dengan laut.
3. Saran pada penelitian selanjutnya diharapkan mampu menganalisa perbandingan untuk perendaman dengan variasi kadar garam air laut.

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.
- Maulana, Arief, 2014. *Program Studi Teknik Sipil Universitas Tanjungpura Pontianak dengan judul "Karakteristik Kekuatan Campuran Beraspal Akibat Air Laut"*.
- Muaya, George Stefen, 2015. *Pada Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi Manado dengan judul " Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal Oleh Air Laut Yang Ditinjau Terhadap Karakteristik Marshall*.
- SNI 03-1737-1989, *Tata cara pelaksanaan lapis tipis beton aspal untuk jalan raya*
- SNI 06-2489-199, *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*.
- Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung, Nova.
- Sukirman, Silvia, 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung, Nova.
- Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*.:Yayasan obor indonesia, jakarta.
- Undang-Undang No.38 tahun 2004 tentang Jalan.
- Wahyudi, Guntur, 2005. *Pengaruh Rendaman Air Asin Terhadap Kekuatan Campuran Aspal pada Pada Lataston*. Pontianak: Fakultas Teknik Untan.



ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 25 Agustus 2021

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

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 1-2



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

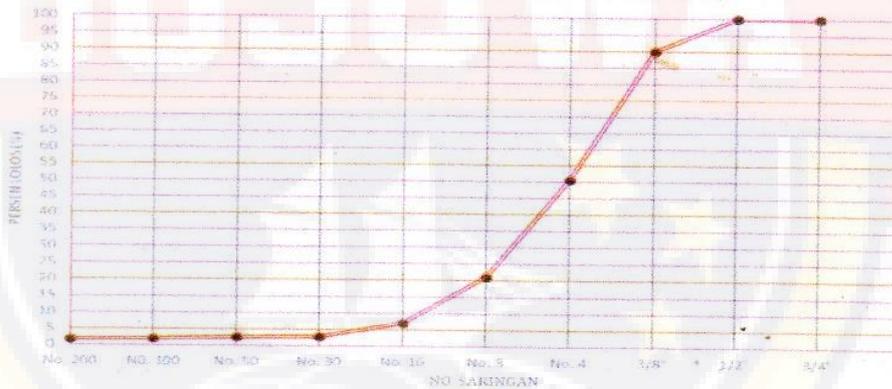
Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 25 Agustus 2021

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

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 0,5-1



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

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

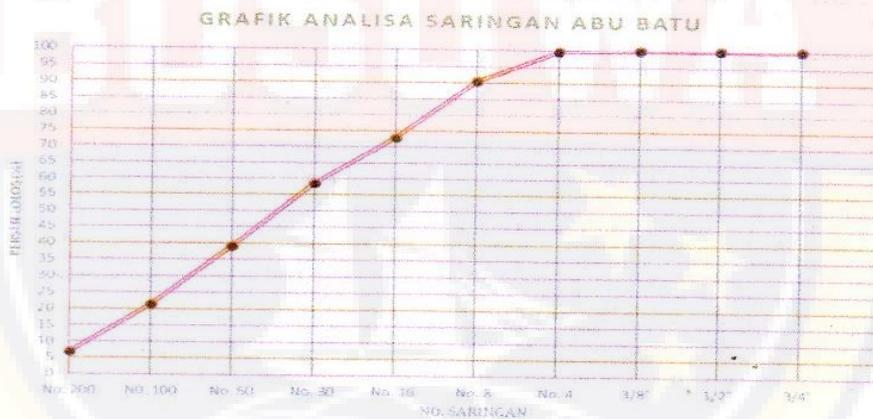
Material : Abu Batu

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 25 Agustus 2021

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



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

SNI 03-1969-1990

Material : Abu Batu

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

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

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

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

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

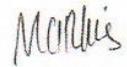
		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,61	2,64	2,63
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,67	2,69	2,68
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,78	2,77	2,77
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,26	1,74	2,00

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

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

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

Makassar, 26 Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

SNI 03-2442-1991

Material : Aspal

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Pabrik

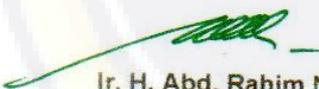
Tanggal : 27 Agustus 2021

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

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

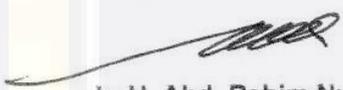
Tanggal : 27 Agustus 2021

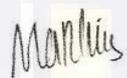
No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500,4	2500,6
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2360,2	2353,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	5,61	5,89
4	Hasil Rata - rata	5,75	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021

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

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Abu Batu

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021

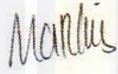
No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500,3	1500,1
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1270	1283,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	15,35	14,45
4	Hasil Rata - rata	14,90	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.


Marlina Alwi, ST.

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT

(COMBINE)

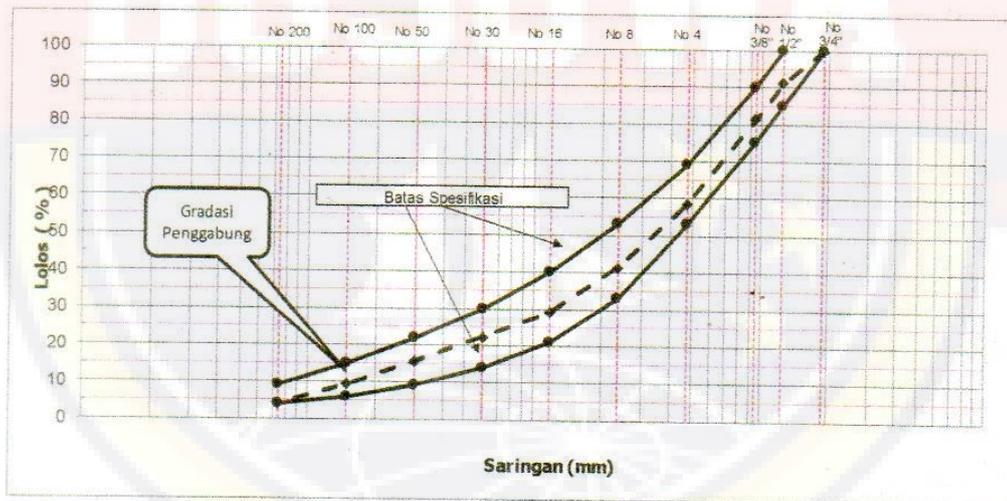
Material : BP 1-2, BP 0,5-1, Abu Batu, Filler

Nama : Tyas Eka Saputra

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu (Rata - rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined)											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat		
	a	b	d	e	AC - WC														
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI				
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00												100	0,41	
1/2"	66,62	100,00	100,00	100,00	91,32												90 - 100	0,41	
3/8"	29,63	89,96	100,00	100,00	81,39												75 - 90	0,41	
# 4	4,47	60,68	99,68	100,00	58,55												53 - 69	0,41	
# 8	0,99	21,12	90,60	100,00	41,47												33 - 63	0,82	
# 16	0,86	6,86	72,96	100,00	29,06												21 - 40	1,64	
# 30	0,84	2,73	68,48	100,00	22,26												14 - 30	2,87	
# 50	0,77	2,62	39,22	100,00	15,62												9 - 22	6,14	
# 100	0,73	1,92	21,43	100,00	9,30												6 - 16	12,29	
# 200	0,47	1,79	6,86	95,16	4,18												4 - 8	32,77	
Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	b. Batu Pecah 1 - 2				20														
	c. Batu Pecah 0,5 - 1				45														
	d. Abu Batu				34														
	e. Filler				1														
	Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)				5,17														



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

Makassar, 25 Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium



Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST.

UNIVERSITAS

BOSOWA



Rumus Komposisi Campuran AC-WC

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

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

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

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

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

Diperiksa Oleh


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

MARSHALL TEST KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)

MARSHALL TEST
(AASHTO T. 246 - 97 (2003))

Penyelesaian: Berat Jenis Aspal (T) = 1,025 g/cc

No	Preparasi Campuran (% Berat Total/Aspal)				Kadar Aspal Elektif (%)	Kadar Aspal (%)	Bj Bulok Gabl	Bj Elektif Gabl	No	Bj Campuran (GMM)	Bj Max Campuran (GMM)	Aspal		Bj Semu	Bj Bukl Campuran (Reparatur)	Volume Bulok Uji	Peragap Disain Campuran (VMA)	Stabilitas (kg)	Frekuensi (mm)	Kerakal Oudren (kg/mm)	Lapis Permisian Agregat	Absorpsi Aspal Timp Berat Total Campuran	Tebal Film	Kontrol Dalam Agregat (VMA)	Kontrol Tatal Aspal (VFB)	
	a	b	c	d								A	B													C
1	20	45	34	1	4,02	5	2,75	2,83	1	2,80	2,97	1196,6	602,4	1200,5	508,1	9,1	85,0	1262,3	2,90	409,0	5,61	1,0	7,100	18,40	50,08	
2	20	45	34	1	4,02	5	2,75	2,83	2	2,80	2,97	1184,1	587,5	1193,3	506,0	9,8	120,0	1961,2	2,80	754,3	5,61	1,0	7,168	19,06	49,46	
3	20	45	34	1	4,02	5	2,75	2,83	3	2,80	2,97	1173,3	569,5	1184,9	496,0	9,0	125,0	1885,6	2,30	813,9	5,61	1,0	7,168	19,20	51,01	
4	20	45	34	1	4,53	5,5	2,75	2,83	4	2,80	2,97	1185,3	589,3	1192,9	503,57	9,29	113,3	1709,78	2,57	677,4	5,61	1,0	7,168	18,56	50,91	
5	20	45	34	1	4,53	5,5	2,75	2,83	5	2,80	2,97	1193,0	591,0	1191,2	499,8	7,0	135,0	2036,6	3,20	696,5	5,61	1,0	8,125	18,47	57,07	
6	20	45	34	1	4,53	5,5	2,75	2,83	6	2,80	2,97	1170,4	587,4	1190,3	482,9	7,7	95,0	1433,2	3,10	462,3	5,61	1,0	8,125	18,30	57,73	
7	20	45	34	1	4,53	5,5	2,75	2,83	7	2,80	2,97	1195,2	594,7	1192,4	497,7	7,4	120,0	1933,4	2,70	570,5	5,61	1,0	8,125	17,90	59,02	
8	20	45	34	1	5,04	6	2,75	2,83	8	2,80	2,97	1180,13	591,23	1187,97	496,73	7,69	116,7	1760,06	3,00	589,8	5,61	1,0	8,125	18,26	57,91	
9	20	45	34	1	5,04	6	2,75	2,83	9	2,80	2,97	1185,3	593,3	1188,5	500,2	7,2	96,0	1433,2	2,90	511,9	5,61	1,0	9,092	18,50	52,09	
10	20	45	34	1	5,04	6	2,75	2,83	10	2,80	2,97	1192,0	593,8	1190,8	477,4	4,6	120,0	1810,4	2,50	724,1	5,61	1,0	9,092	18,07	72,57	
11	20	45	34	1	5,04	6	2,75	2,83	11	2,80	2,97	1186,97	587,30	1176,03	488,53	6,40	108,0	1624,20	2,33	708,4	5,61	1,0	9,092	18,16	61,03	
12	20	45	34	1	6,23	6,5	2,75	2,77	12	2,80	2,97	1188,3	595,3	1196,4	497,1	2,89	120,0	1564,1	3,30	480,0	5,61	0,3	11,405	18,02	79,32	
13	20	45	34	1	6,23	6,5	2,75	2,77	13	2,80	2,97	1192,3	597,3	1196,5	505,8	2,36	5,2	116,0	1796,3	3,10	579,1	5,61	0,3	11,405	18,75	73,74
14	20	45	34	1	6,23	6,5	2,75	2,77	14	2,80	2,97	1173,9	573,9	1179,5	499,9	2,35	5,5	133,0	2006,5	2,80	715,6	5,61	0,3	11,405	20,00	72,34
15	20	45	34	1	6,06	7	2,75	2,63	15	2,51	2,61	1192,5	599,4	1194	494,6	2,41	78,0	1770,7	3,07	591,9	5,61	0,3	11,405	19,48	75,14	
16	20	45	34	1	6,06	7	2,75	2,63	16	2,51	2,61	1195,4	607,9	1195,4	500,5	4,8	60,0	1357,6	3,10	439,0	5,61	1,0	11,056	18,36	70,74	
17	20	45	34	1	6,06	7	2,75	2,63	17	2,51	2,61	1195,5	607,9	1195,4	495,1	4,0	127,0	1515,4	2,80	356,0	5,61	1,0	11,056	18,85	73,73	
18	20	45	34	1	6,06	7	2,75	2,63	18	2,51	2,61	1191,30	607,23	1193,97	486,73	2,40	91,7	1892,91	3,17	443,6	5,61	1,0	11,056	18,76	76,23	
SPEKIFIKASI										Min 3,0 - 5,0	Min 100	2-4	Min 250	Max 1,2	Min 15	Min 95										

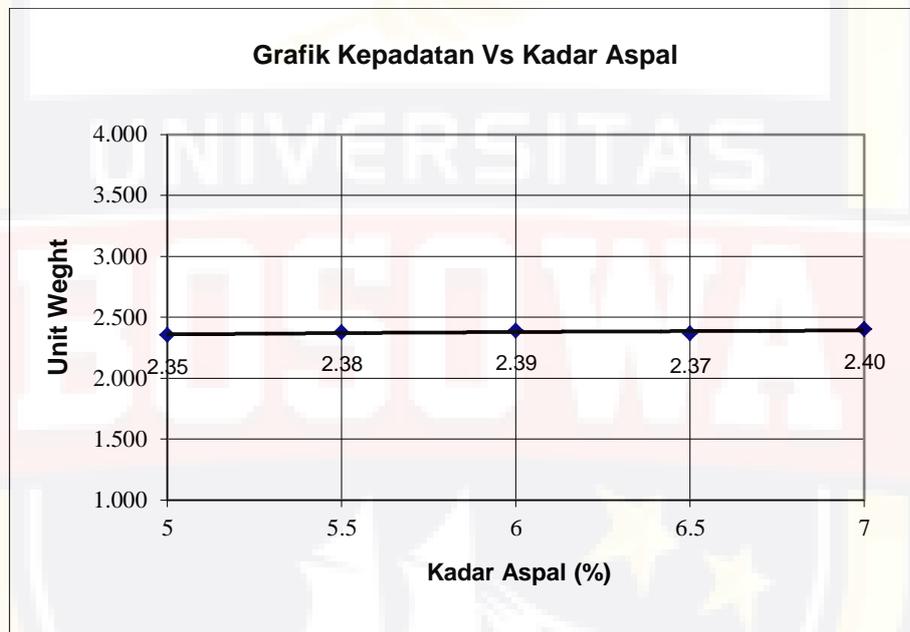
Makassar, 19/11/2021

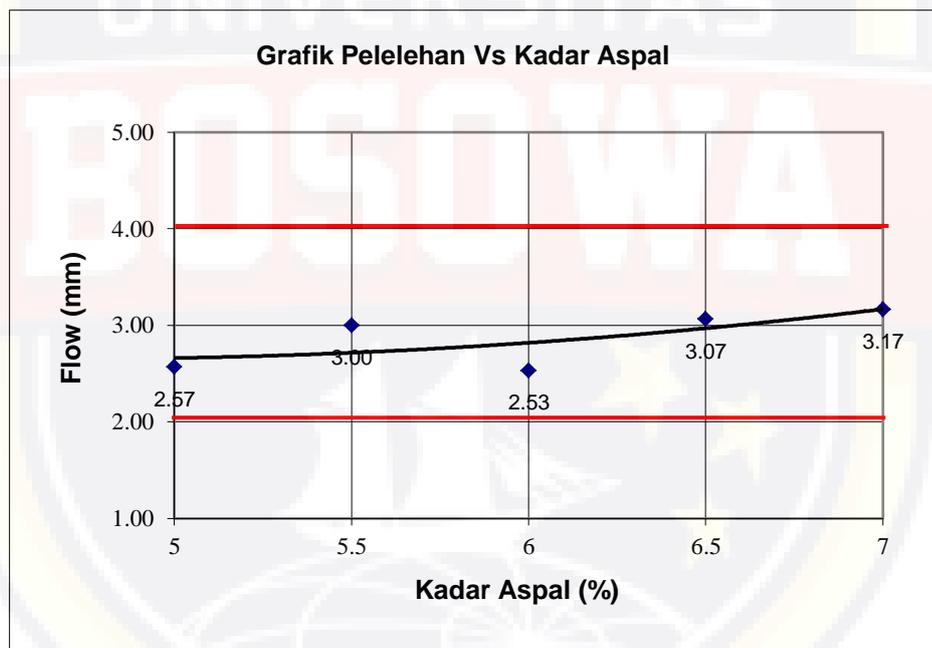
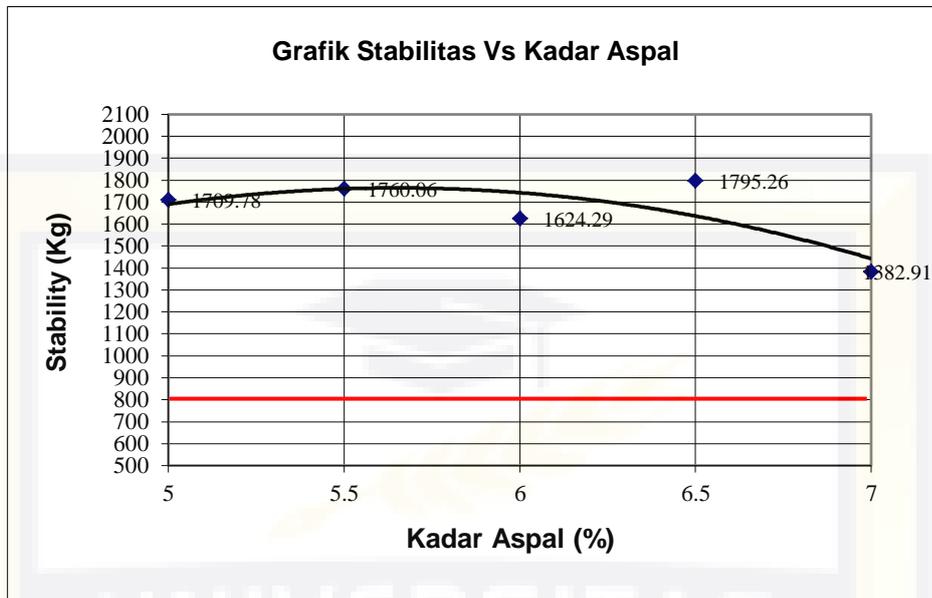
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

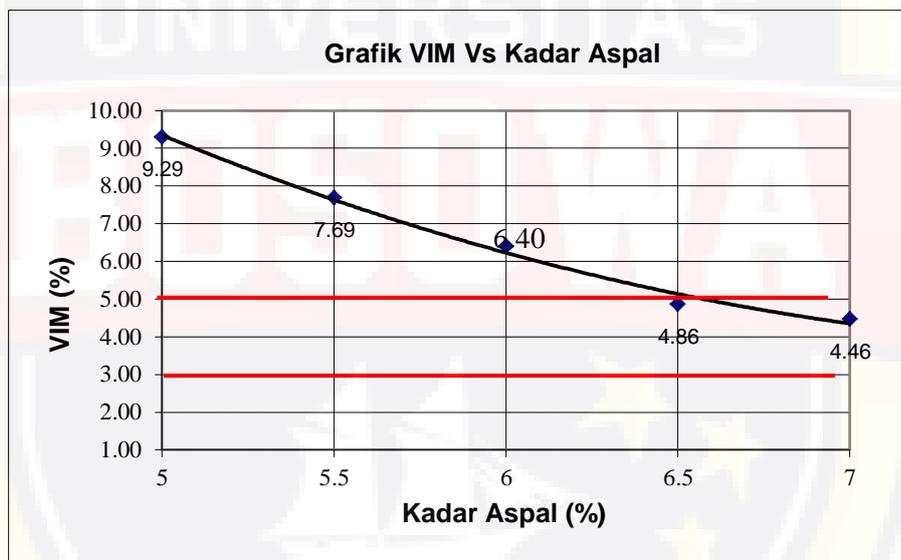
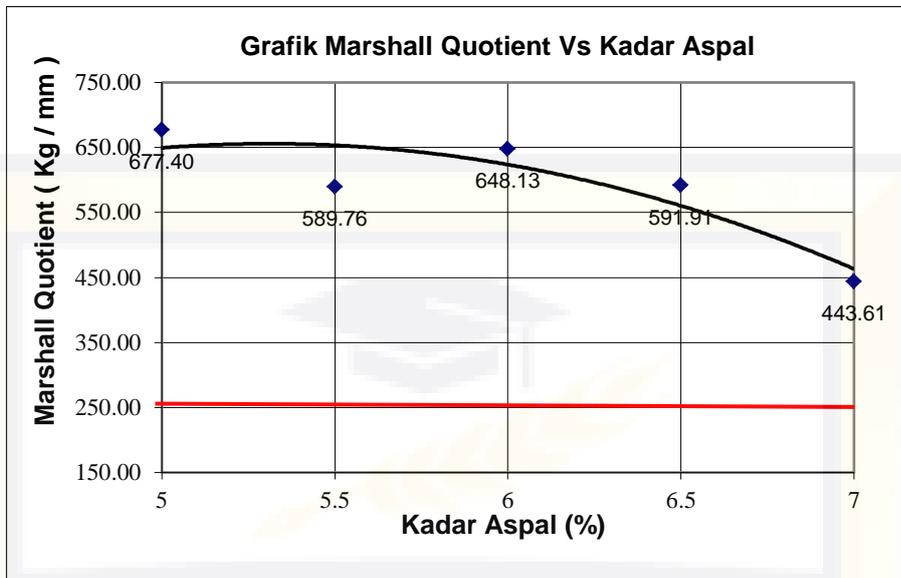
IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, MT

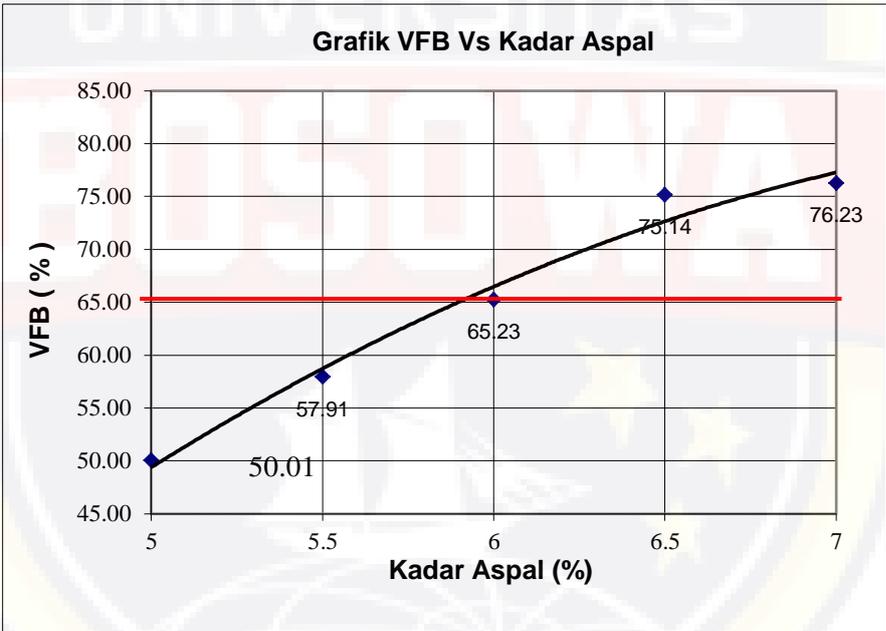
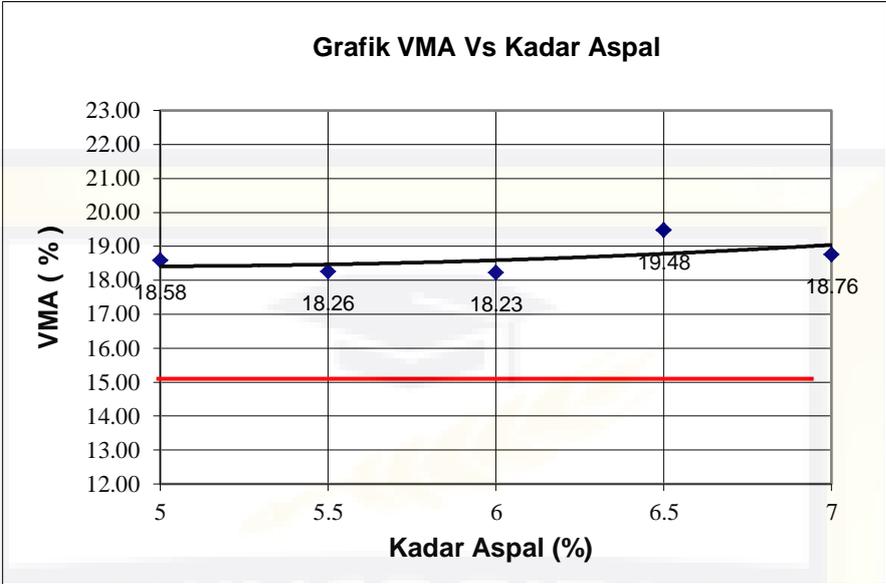
**GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST
JENIS CAMPURAN AC – WC**

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









**PERHITUNGAN KOMPOSISI CAMPURAN PERENDAMAN
BERULANG DENGAN AIR LAUT**

Kadar Aspal	=	7	%	100	%	-	7	%	=	93	
Hasil Combine											
Batu Pecah 1-2 cm	20	%	x	93	%	=	0.19	x	1200	=	223.20
Batu Pecah 0.5-1 cm	45	%	x	93	%	=	0.42	x	1200	=	502.20
Abu Batu	34	%	x	93	%	=	0.32	x	1200	=	379.44
Filler	1	%	x	93	%	=	0.01	x	1200	=	11.16
Aspal	7	%	x	93	%	=	0.07	x	1200	=	84.00
										<u>1200.00</u>	

UNIVERSITAS

BOSOWA





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

MARSHALL TEST KAO SISA

MARSHALL TEST
(ASHTO T. 246 - 97 (2003))

NAMA : TYAS EKA SAPUTRA
PENETRASI GRADE OF BITUMEN : 60/70
SPECIFIC GRAVITY OF BITUMEN (T) : 1.006 gr/cc

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

No	AGGREGATE (ov dry)			
	a	b	c	d
	Coarse Agregat (1-2)	2.63	2.77	
	Coarse Agregat(0.6-1)	2.66	2.84	
	Fine Agregat	2.86	3.12	
	Filler			

No	MIX PROPORTION (% by wt of total aggregate)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal by Wt Of Mix	Bj Bulk Campuran (GMM)	Bj Max Campuran (GMM)	Berat Di Udara In Air	Berat Di Dalam Air In Water	SSD	Volume benda uji	BJ BULK CAMPURAN pemedatan	% Vim	Stability Meas	Flow Adjust	Marshali Quoten (kg/mm)	Luas Permkuan Agregat	Absorpsi Aspal Tdip Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Agregat Dalam (%VMA)	Rongga Terisi Aspal (%VFB)
	a	b	c	d																		
30 menit	I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1196.4	688.4	1200.9	502.5	2.39	4.96	630.38	4.89	1.01	12.696	19.18	74.15
	II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1196.8	694.8	1196.3	501.5	2.38	5.05	519.86	4.89	1.01	12.696	19.26	73.76
	III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1196.8	687.9	1192.2	484.3	2.42	3.59	505.54	4.89	1.01	12.696	18.02	80.07
						6.06	7.00	2.76	2.83	2.51	1197.33	697.03	1196.47	499.43	2.40	4.69	646.93	4.89	1.01	12.70	18.82	76.99
24 jam	I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1186.9	692.5	1191.3	468.8	2.39	5.01	544.42	4.89	1.01	12.696	19.22	73.93
	II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1185.8	694.4	1186.5	464.1	2.40	4.44	474.09	4.89	1.01	12.696	18.74	76.31
	III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1186.4	689.7	1187.6	467.9	2.36	5.12	512.19	4.89	1.01	12.696	19.32	73.50
						6.06	7.00	2.76	2.83	2.51	1187.37	692.20	1189.13	496.93	2.39	4.86	610.23	4.89	1.01	12.70	19.09	74.68

Stabilitas Sisa = $\frac{1614.2}{1539.7} \times 100\% = 104.84$
 Perendaman 30 menit = 90
 Perendaman 24 jam = 90
 Makassar 2021
 Diperiksa Oleh Asisten Laboratorium



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

MARSHALL TEST PERENDAMAN BERULAG DENGAN AIR LAUT

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

MIX PURPOSE : AC - WC Gradasi.....
DATE OF TESTING : DMH
STATION

NAMA : TYAS EKA SAPUTRA : 6070 : 1.005 gr/cc

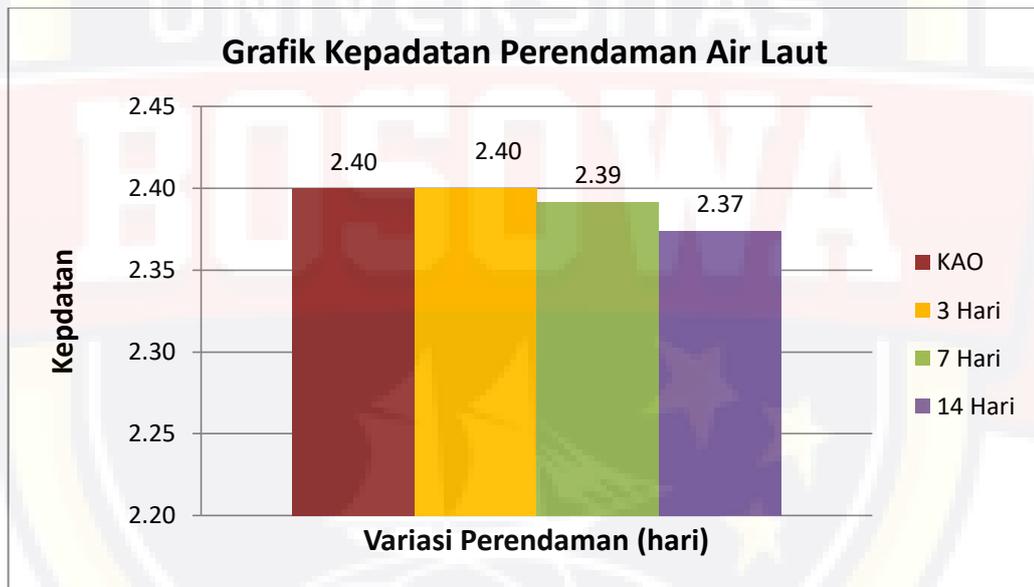
No	AGGREGATE (ov dry)				Volume bonds uji	SSD	Berat (gr)		Bu Bulk CAMPURAN pematangan	% Vm	
	Coarse Agregat (1 - 2)		Fine Agregat				D ₁ Dalam Air (In Air)	F			G
	a	b	c	d							
	2.63	2.77	2.66	2.84			1181.4	693.6			1187.8

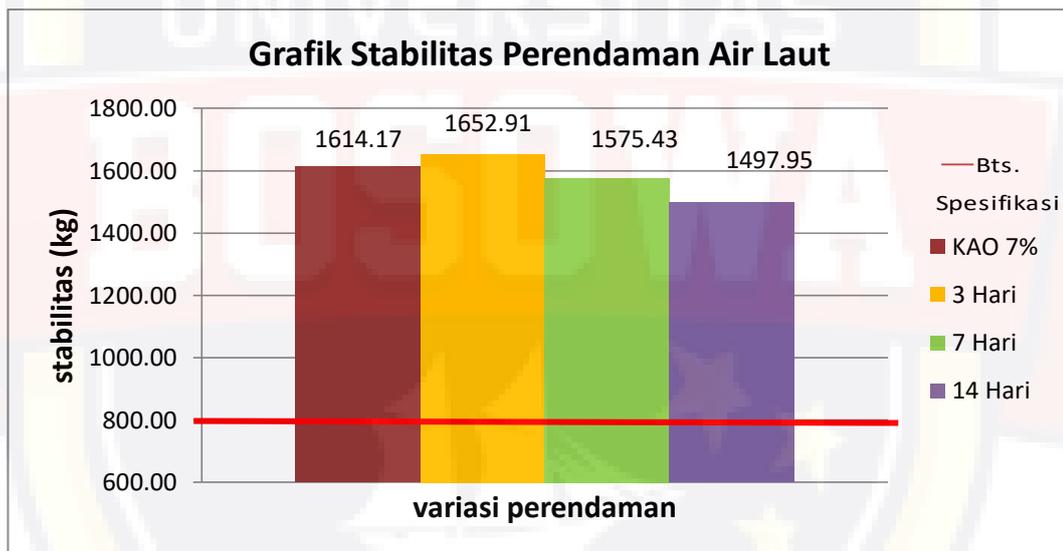
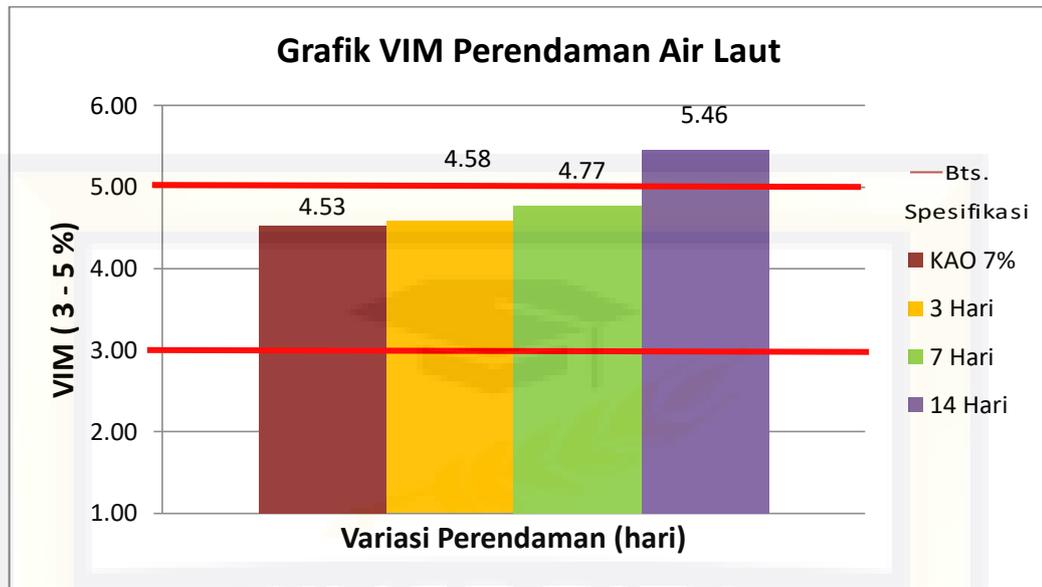
No	MIX PROPORTION (% by wt of total aggregate)				Kadar Aspal Elektrik	Kadar Aspal	Bj Bulk gab	Bj Elektrik gab	Bj Max Campuran (Gabe)	AGGREGATE (ov dry)				Volume bonds uji	SSD	Berat (gr)		Bu Bulk CAMPURAN pematangan	% Vm	Stability Meas	Kg Adjust	Flow (mm)	Marshall Quoten (kg/mm)	Lulus Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tersisi Aspal (VFB)
	u	v	w	x						A	B	C	D			E	F											
3 HARI																												
I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1181.4	693.6	1187.8	495	2.36	1185.0	1725.04	3.20	596.89	4.89	1.01	12.696	19.16	74.12					
II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1178.7	695.5	1180.2	490.7	2.40	95.00	1427.12	3.30	420.91	4.89	1.01	12.696	18.66	76.68					
III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1163.2	685.1	1188.1	483	2.40	110.00	1704.56	4.20	405.85	4.89	1.01	12.696	18.73	79.33					
7 HARI																												
I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1181.10	692.4	1185.3	492.90	2.40	106.67	1652.91	3.63	461.11	4.89	1.01	12.70	18.86	75.71					
II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1165.6	698.4	1201.1	502.7	2.36	95.00	1472.12	4.10	369.05	4.89	1.01	12.696	20.14	69.77					
III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1168.5	696.8	1182.7	495.9	2.40	100.00	1549.60	3.50	442.74	4.89	1.01	12.696	18.55	75.76					
14 HARI																												
I	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.51	1185.80	693.7	1189.6	495.90	2.37	101.67	1575.43	3.80	448.57	4.89	1.01	12.70	19.02	75.09					
II	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1183.4	688.7	1185.9	486.2	2.38	95.000	1472.12	5.2	283.10	4.89	1.01	12.696	19.24	73.84					
III	20	45	34	1	6.06	7	2.75	2.83	2.511	1180.8	685.5	1183.2	487.7	2.37	105.000	1627.08	4.60	363.71	4.89	1.01	12.696	19.66	71.88					
Perendaman Berulang selama 14 Hari																												
SPESEIFIKASI																												

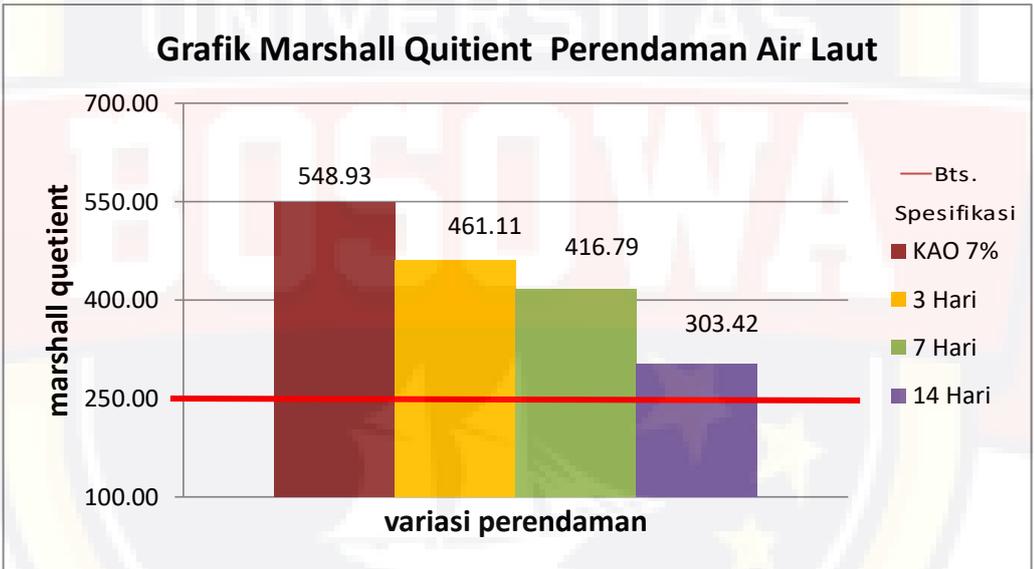
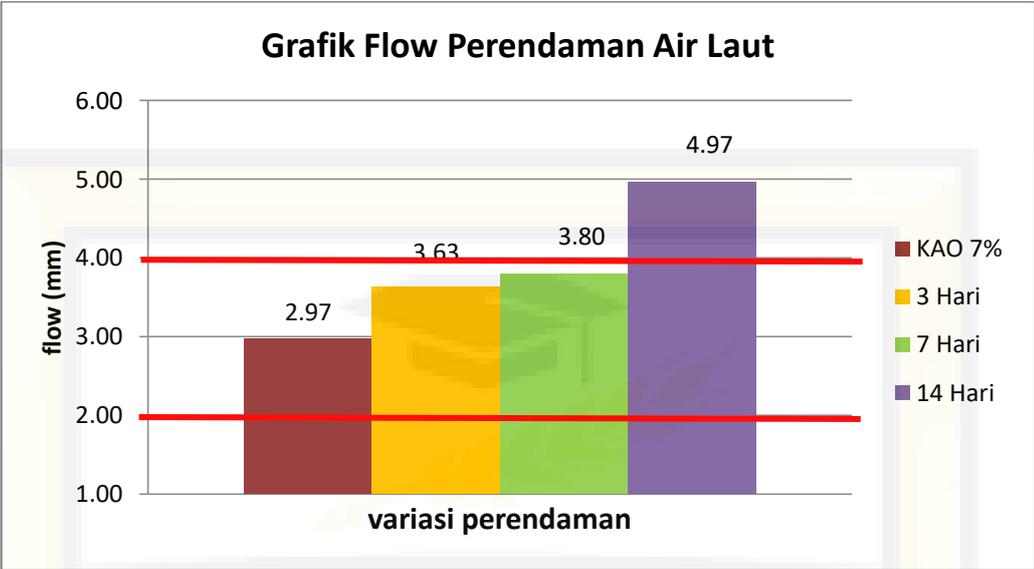
Makassar 2021
Dipenka Oleh
Asisten Laboratorium

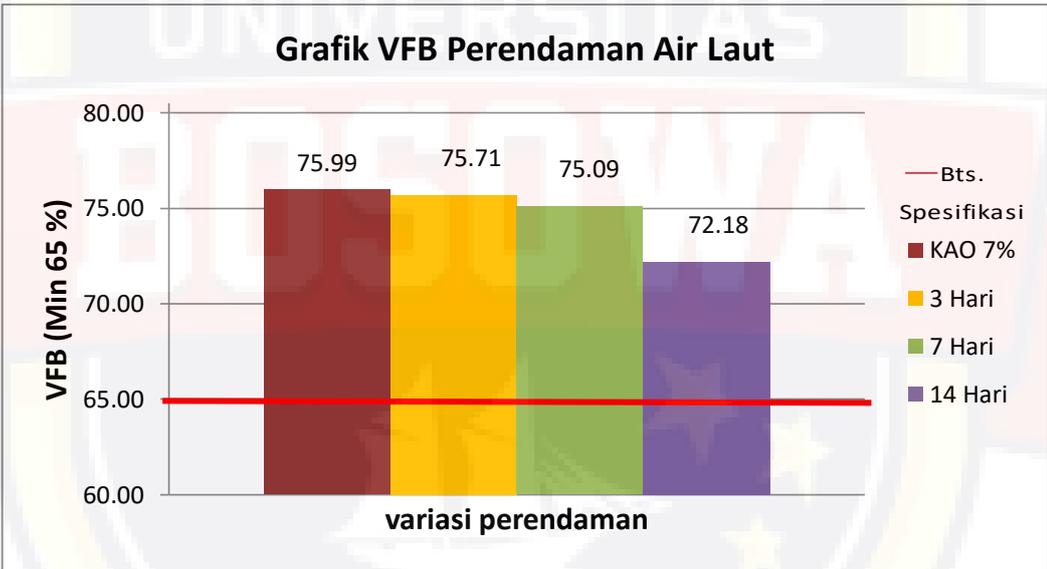
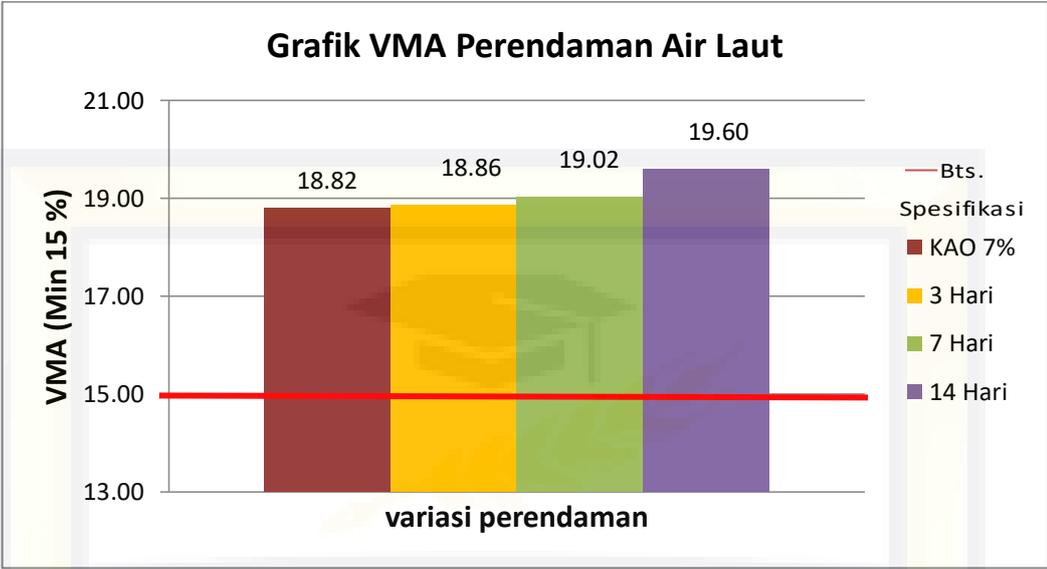
Grafik Perendaman Berulang Dengan Air Laut

No	Pemeriksaan	Perendaman Berulang dengan Air Laut				Spesifikasi 2018
		KAO 7%				
		KAO 7%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.40	2.40	2.39	2.37	-
2	VIM (%)	4.53	4.58	4.77	5.46	3 - 5
3	Stabilitas (Kg)	1614.17	1652.91	1575.43	1497.95	Min 800
4	Flow (mm)	2.97	3.63	3.80	4.97	2 - 4
5	MQ (Kg/mm)	548.93	461.11	416.79	303.42	Min 250
6	VMA (%)	18.82	18.86	19.02	19.60	Min 15
7	VFB (%)	75.99	75.71	75.09	72.18	Min 65











D
O
K
U
M
E
N
T
A
S
I



Proses Penimbangan Material Pembuatan Sampel



Proses Sangrai Material



Penambahn Aspal Pada Material



Sangrai Material dan Aspal



Proses Memasukan Material ke dalam Mol Briket



Proses Meratakan Material dan Aspal Menggunakan Spatula



Proses Pemadatan Briket



Proses Mengeluarkan Mol Briket



Proses Mengeluarkan Briket



Briquet Aspal



Timbang Kering Benda Uji



Proses Pengambilan Air Laut



Proses Perendaman dengan Air Laut



Proses SSD pada Briket



Timbang SSD



Proses Timbang dalam Air



Timbang dalam Air



Proses Perendaman dalam Waterbath



Proses Uji Marshall