

TUGAS AKHIR

**“Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler*
Dan Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal
Panas Dengan Variasi Perendaman”**

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Mencapai Gelar S-1



DI SUSUN OLEH :

ANTO

45 16 041 115

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2021



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A
183/FT/UNIBOS/II/ 2022, Tanggal 16 Februari 2022, Perihal Pengangkatan Panitia dan Tim
Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu / 16 Februari 2022
N a m a : A N T O
No.Stambuk : 45 16 041 111
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler

Dan Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal
Panas Dengan Variasi Perendaman"

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

Tim Penguji Ujian Akhir

Ketua / Ex Officio : Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT (.....)
Sekretaris / Ex Officio: Ir. Fauzy Lebang, ST.MT (.....)
Anggota : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. (.....)
: Ir. Burhanuddin Badrun, Msp. (.....)

Makassar, 2022

Mengetahui :

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

Dekan Fakultas Teknik

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

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



UNIVERSITAS
BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Urip Sumaharjo Km. 4 Gd. 2 Lt. G
Makassar - Sulawesi Selatan 90231
Telp. 0411 452 901 - 452 789 ext. 116
Faks. 0411 424 568
<http://www.universitadbosowa.ac.id>

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK

**LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR**

Judul : "Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Dan
Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas
Dengan Variasi Perendaman"

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : ANTO

No.Stambuk : 45 16 041 115

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

Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

Pembimbing I : Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT (.....)

Pembimbing II : Ir. Fauzy Lebang, ST. MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

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

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

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **A N T O**

Nomor Stambuk : **45 16 041 115**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul Tugas Akhir : **"Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Dan Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Variasi Perendaman"**

mengatakan dengan sebenarnya bahwa

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

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

Makassar, 2022

Yang membuat pernyataan



(ANTO)

45 16 041 115

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 Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Dan Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Variasi Perendaman”***. 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 dan juga Sebagai Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing

dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.

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

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

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

Makassar, 12 Desember 2021

ANTO

ABSTRAK

Lapis aspal beton (laston) adalah jenis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal dan agregat bergradasi menerus dengan ukuran butir terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti abu batu terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas dengan variasi perendaman, Tipe campuran yang digunakan adalah *Hot Rolled Sheet -Waering Course (HRS-WC)*. Kinerja tersebut diukur melalui pengujian Stabilitas, flow, marshall Quotient, rongga dalam campuran, rongga diantara mineral agregat, rongga terisi aspal, marshall immersion. Adapun variasi kadar aspal rencana yaitu : 7.5% sedangkan variasi filler Abu Ampas Tebu yaitu 10%, 15%, dan 20%. Setiap variasi di buat 2 sampel. Dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Kemudian dilakukan pengujian Marshall Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai filler terjadi penurunan stabilitas dan kenaikan flow pada campuran. sehingga lebih mampu menerima pembebanan.

Kata Kunci: aspal panas, filler, Abu Ampas Tebu

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN TUTUP	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR NOTASI	xxii
BAB I Pendahuluan	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Tujuan Dan Manfaat Penelitian	
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.4 Pokok Bahasan Dan Batasan Masalah	
1.4.1 Pokok Bahasan	I-5
1.4.2 Batasan Masalah	I-5
1.5 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jalan.....	II-1

2.1.1	Sistem Jaringan Jalan.....	II-2
2.1.2	Fungsi Jalan.....	II-2
2.1.3	Status Jalan.....	II-3
2.1.4	Kelas Jalan.....	II-4
2.1.5	Struktur Jalan	II-6
2.2	Perkerasan jalan.....	II-9
2.2.1	Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	II-14
2.2.2	Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	II-14
2.2.3	Perkerasan Komposit	II-15
2.2.4	Fungsi Perkerasan.....	II-16
2.3	Aspal.....	II-17
2.3.1	Jenis Aspal.....	II-18
2.3.2	Sifat-Sifat Aspal.....	II-21
2.3.3	Sifat Kimiawi Aspal.....	II-23
2.3.4	Fungsi Aspal.....	II-24
2.3.5	Tes Standar Bahan Aspal.....	II-26
2.4	Aspal Beton (Laston)	II-30
2.4.1	Unsur Pembentuk Laston	II-34
2.4.2	Jenis Agregat	II-37
2.4.3	Sifat-Sifat Fisik Agregat.....	II-39
2.4.4	Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya	II-43
2.5	Gradasi.....	II-44
2.6	<i>Filler</i> (Bahan Pengisi)	II-48

2.7 Abu Ampas Tebu.....	II-49
2.8 Pasir Laut	II-52
2.9 Marshall Test.....	II-53
2.9.1. Stabilitas.....	II-53
2.9.2. Kelelehan.....	II-55
2.9.3. Kepadatan.....	II-56
2.9.4. VIM.....	II-57
2.9.5. VFA.....	II-59
2.9.6. VMA.....	II-60
2.9.7. Marshall Quotient.....	II-61

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian.....	III-2
3.2 Bahan Penelitian	III-4
3.3 Lokasi Material.....	III-6
3.4 Lokasi Penelitian	III-6
3.5 Waktu Penelitian	III-6
3.6 Persiapan Peralatan Dan Pengambilan Sampel.....	III-7
3.6.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Dan Halus	III-7
3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	III-7
3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	III-9
3.6.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-10
3.6.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	III-11
3.7 Pemeriksaan Aspal	

3.7.1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.....	III-11
3.8 Pemeriksaan Abu Ampas Tebu.....	III-12
3.9 Penentuan Jumlah Dan Persiapan Benda Uji.....	III-13
3.9.1 Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-13
3.9.2 Perancangan Agregat Gabungan.....	III-14
3.9.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	III-16
3.9.4 Pembuatan Briket (Benda Uji).....	III-16
3.10 Pengentesan Benda Uji Dengan Alat Marshall.....	III- 17

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 Penentuan Komposisi Agregat Gabungan.....	IV-4
4.2. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	
4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb).....	IV-6
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-9
4.4. Pembuatan Benda Uji Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Durasi Variasi Perendaman.....	IV-14
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimun Dengan Menggunakan Penambahan	

Abu Ampas Tebu Sebagai Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus.....	IV-15
4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.....	IV-16
4.4.3 Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus.....	IV-27
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas HRS-WC Dengan Perendaman 3 Hari.....	IV-29
4.4.5 Perhitungan Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan Perendaman 7 Hari.....	IV-38
4.4.6 Perhitungan Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan Perendaman 14 Hari.....	IV-46
4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-55

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan..... V-1

5.2. Saran..... V-2

DAFTAR PUSTAKA

DATA LAMPIRAN

DATA DOKUMENTASI



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku	II-11
Tabel 2.2 Kelebihan Dan Kekurangan Perkerasan Lentur Dan Kaku ..	II-12
Tabel 2.3 Pengujian Aspal Keras	II-29
Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Beraspal Panas (AC)	II-33
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Kasar	II-35
Tabel 2.6 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus.....	II-37
Tabel 2.7 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal	II-47
Tabel 3.1 Perhitungan benda uji.....	III-13
Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan Agregat	IV-1
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar.....	IV-2
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu.....	IV-3
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan aspal penetrasi.....	IV-4
Tabel 4.5 Rancangan campuran aspal panas HRS-WC.....	IV-5
Tabel 4.6 Komposisi campuran HRS-WC.....	IV-7
Tabel 4.7 Berat aspal pada campuran aspal panas HRS-WC standar.	IV-7
Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.....	IV-8
Tabel 4.9 Hasil sifat campuran untuk mendapatkan KAO.....	IV-9
Tabel 4.10 Komposisi campuran dengan bahan penambahan abu ampas tebu 10% sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus.....	IV-15

Tabel 4.11 Komposisi Campuran Dengan Bahan Penambahan Abu Ampas Tebu 15% Sebagai Filler Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus.....	IV-16
Tabel 4.12 Komposisi Campuran Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu 20% Sebagai Filler Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus.....	IV-16
Tabel 4.13 Hasil Uji Marshall Kao Dengan Perendaman Selama 30 Menit Dan 24 Jam Pada Suhu 60°C.....	IV-16
Tabel 4.14 Komposisi Campuran Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Perendaman 3 Hari	IV-17
Tabel 4.15 Komposisi Campuran Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Perendaman 7 Hari	IV-28
Tabel 4.16 Komposisi Campuran Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai <i>Filler</i> Dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Perendaman 14 Hari.....	IV-29
Tabel 4.17 Hubungan KAO dengan nilai IKS.....	IV-56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Stuktur Jalan	II-8
Gambar 2.2 komponen perkerasan lentur.....	II-14
Gambar 2.3 komponen perkerasan kaku	II-15
Gambar 2.4 Komponen Perkerasan Komposit.....	II-15
Gambar 2.5 Distribusi Beban Roda Melalui Perkerasan Jalan.....	II-17
Gambar 2.6 Kandungan Kimia Aspal.....	II-25
Gambar 2.7 Jenis Gradasi Agregat.....	II-46
Gambar 2.8 Abu Ampas Tebu	II-49
Gambar 2.9 Pasir Laut.....	II-52
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	III-3
Gambar 3.2 Agregat Kasar	III-4
Gambar 3.3 Agregat Halus (Pasir Laut)	III-4
Gambar 3.4 <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu.....	III-5
Gambar 3.5 Aspal Pen 60/70.....	III-6
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat HRS-WC.....	IV11
Gambar 4.2.Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO.....	IV-13
Gambar 4.3 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 3 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal.....	IV-30

Gambar 4.4	Diagram Hubungan Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Kondisi Kadar Aspal....	IV-31
Gambar 4.5	Diagram Hubungan Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler dan Pasir Laut Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap <i>Flow</i> Pada Kondisi Kadar Aspal	IV-32
Gambar 4.6	Diagram Hubungan Variasi Perendaman 3 Hari Terhadap VIM Pada Kondisi Kadar Aspal	IV-34
Gambar 4.7	Diagram Hubungan Variasi Perendaman 3 Hari Terhadap VMA Pada Kondisi Kadar Aspal.....	IV-14
Gambar 4.8	Diagram Hubungan Variasi Perendaman 3 Hari Terhadap VFB Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-35
Gambar 4.9	Diagram Hubungan Variasi Perendaman 3 Hari Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-42
Gambar 4.10	Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap Kepadatan Pada Kondisi Kadar Aspal Optimun Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-38

Gambar 4.11 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap Stabilitas Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Suhu 60°C	IV-39
Gambar 4.12 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap Flow Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-40
Gambar 4.13 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap VIM Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.	IV-42
Gambar 4.14 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap VIM Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-43
Gambar 4.15 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap Vfb Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-44
Gambar 4.16 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 7 Hari Terhadap Nilai MQ Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.....	IV-45

Gambar 4.17 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap Kepadatan Pada Kondisi Kadar Aspal
Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit
Dengan Suhu 60°C..... IV-47

Gambar 4.18 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap Stabilitas Pada Kondisi Kadar Aspal
Optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan
Suhu 60°C..... IV-48

Gambar 4.19 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap Flow Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum
Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan
Suhu 60°C..... IV-49

Gambar 4.20 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap VIM Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum
Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan
Suhu 60°C..... IV-51

Gambar 4.21 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap VMA Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum
Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan
Suhu 60°C..... IV-52

Gambar 4.22 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap VFB Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum

Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan

Suhu 60°C..... IV-53

Gambar 4.23 Diagram Hubungan Variasi Perendaman 14 Hari

Terhadap Nilai MQ Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum

Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan

Suhu 60°C..... IV-55



DAFTAR NOTASI

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

gr	= Gram
HRS	= Hot Rolled Sheet
i dan j	= Rumus Substitusi
K_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 Curing cut 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

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun dinegara Indonesia dari tahun ketahun semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena aspal beton mempunyai kelebihan dibanding bahan lainnya, disamping harga yang relatif lebih murah dibanding beton pada umumnya, kemampuan dalam mendukung beban berat kendaraan cukup tinggi, dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu.

Abu ampas tebu adalah hasil pembakaran dari ampas tebu dan merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula ($\pm 30\%$ dari kapasitas giling). Beberapa keuntungan yang jelas terlihat dari abu ampas tebu sebagai bahan *filler* pematat karena memiliki sifat sementasi disamping ukuran butirannya yang relatif kecil sehingga mempermudah menyusup kedalam pori-pori agregat dan memiliki kandungan silika (SiO_2) yaitu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik pada aspal.

Pada saat ini sudah banyak yang memikirkan dan mencoba sebagai alternatif untuk peningkatan kualitas aspal beton. Salah satu alternatif yang memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal terutama bahan pengisi (*filler*) yaitu penggunaan buangan dari limbah pabrik PT. Perkebunan Nusantara XIV yang berupa abu ampas tebu yang memiliki kandungan unsur silika yang cukup sehingga di harapkan dapat meningkatkan mutu campuran aspal.

Pabrik Gula (PG) Takalar merupakan salah satu unit usaha milik PT. Perkebunan Nusantara XIV yang berlokasi di Desa Pa'rapunganta, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar.

Untuk menghindari masalah serta bentuk tanggung jawab perusahaan atas proses produksi hendaknya peduli terhadap lingkungan , dimana selama ini menghasilkan 1,8 juta ton ampas tebu per tahun. ampas tebu ini biasanya digunakan menjadi bahan bakar ketel untuk mengurangi biaya bahan bakar minyak . serta abu ampas tebu hasil pembakaran digunakan untuk sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik bagi para petani .

Kota makassar merupakan ibukota provinsi Sulawesi Selatan dan merupakan kota terbesar keempat di Indonesia yang memiliki luas areal 175,5 79 km² dengan panjang garis 52,8 km yang terdiri dari garis pantai daerah pesisir sepanjang 36,1 km, serta garis pantai pulau-pulau dan gusung sepanjang 16,7 km. Selain menggunakan bahan pengisi (Filler) abu tebu, penelitian ini juga menggunakan bahan pengganti agregat halus ,

yaitu menggunakan pasir laut. Pasir laut merupakan sumber daya alam dengan deposit cukup besar yang terdapat di makassar . Pasir laut diketahui paling banyak mengandung kalsium, hal ini karena bahan pembentuk utama yang menyusun pasir laut adalah serpiahan cangkang karang laut, sedangkan bahan utama pembentuk cangkang karang laut kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir laut sebagai bahan filler agregat halus dalam campuran aspal beton HRS-WC. Dimana pasir laut yang saya dapatkan di pantai kuri . Pada beberapa daerah pasir pantai dapat menjadi alternatif material pengganti pasir sungai yang secara fisik tidak jauh berbeda dengan pasir sungai. Selain itu juga apabila terjadi situasi darurat seperti daerah pasca gempa bumi atau tsunami sangatlah sulit untuk menemukan agregat halus. Maka dari itu penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran aspal dibanding dengan penggunaan pasir sungai

Dari latar belakang di atas di ambil penelitian yang berjudul:
“Pengaruh Penggunaan Abu Ampas Tebu Sebagai *Filler* Dan Pasir Laut Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Variasi Perendaman”

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan Pasir Laut sebagai pengganti abu batu terhadap karakteristik campuran aspal pada perendaman ?
2. Berapa persentase Abu Ampas Tebu optimal yang digunakan pada campuran aspal dengan menggunakan pasir laut sebagai pengganti agregat halus ?

1.3. Tujuan dan manfaat penelitian

1.3.1 Tujuan dari penelitian ini adalah

1. untuk mengetahui pengaruh penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai *filler* terhadap karakteristik Lataston HRS-WC pada perendaman .
2. Untuk Mengetahui persentase Abu Ampas Tebu optimal yang digunakan pada campuran aspal dengan menggunakan pasir laut sebagai pengganti agregat halus.

1.3.2 Manfaat penelitian

1. Penelitian ini diharapkan menjadi solusi atau masukan untuk peningkatan kualitas perkerasan jalan.
2. Dengan adanya penelitian ini bisa menjadi alternatif untuk memanfaatkan limbah abu ampas tebu dan pasir laut yang dapat dimanfaatkan secara maksimal.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok Bahasan dalam penelitian ini meliputi :

1. Material Pasir Laut yang di gunakan di dapatkan pada Pantai Kuri Kabupaten Maros
2. Abu Ampas Tebu di ambil dari Perkebunan Nusantara Takalar
3. Membahas pengujian agregat
4. Membahas dampak perendaman pada aspal beton.

1.4.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah Lataston (HRS-WC) *Hot Rolled Sheet -Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2010.
2. Menggunakan penambahan *filler* Abu Ampas Tebu dengan presentase 10%, 15% dan 20% pada campuran lapis aspal beton terhadap karakteristik marshall.
3. Dilakukan perendaman dengan variasi 3, 7 dan 14 hari.
4. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI
5. Pengujian dilakukan dengan Metode Marshall
6. Aspal yang digunakan adalah pen 60/70
7. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.5.1. Bab I Pendahuluan

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

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

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

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

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

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

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

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

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

Bab II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan

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

2.1.1 Sistem Jaringan Jalan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan . Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dan dengan memperhatikan keterhubungan antarkawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan perdesaan.

a. Jalan primer

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

1. Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan; dan
2. Menghubungkan antarpusat kegiatan nasional.

b. Jalan sekunder

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

2.1.2 Fungsi Jalan

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

- a. 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.
- b. 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.

- c. 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.
- d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah

2.1.3 Status Jalan

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

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.

- d. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.
- e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antarpermukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

2.1.4 Kelas Jalan

Pengaturan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil. Menurut berat kendaraan yang lewat, jalan raya terdiri atas: 1. Jalan Kelas I 2. Jalan Kelas IIA. 3. Jalan Kelas IIB. 4. Jalan Kelas IIC. 5. Jalan Kelas III.

Tebal perkerasan jalan itu ditentukan sesuai dengan kelas jalan. Makin berat kendaraan-kendaraan yang melalui suatu jalan, makin berat pula syarat-syarat yang ditentukan untuk pembuatan jalan itu.

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis

yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : IIA, IIB dan IIC.

c. Kelas IIA

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (hot mix) atau yang setaraf, di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi, tanpa kendaraan tanpa kendaraan yang tak bermotor. Untuk lalu lintas lambat, harus disediakan jalur tersendiri.

d. Kelas IIB

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tetapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

e. Kelas IIC

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam

komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

2.1.5 Struktur Jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan

perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja. Lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

a. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi :

- 1) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air
- 2) Menyediakan 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*) berfungsi :

- 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*)

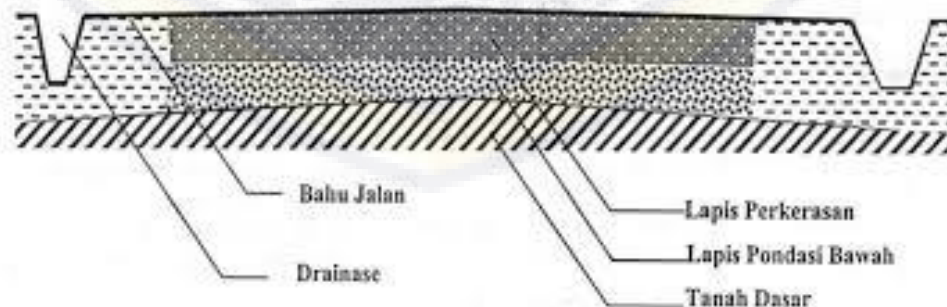
Dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- 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

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.>)

2.2 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan dipadatkan diatas tanah dasar. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013).

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

1. Daya dukung tanah dasar,
2. Beban lalu lintas,
3. Keadaan lingkungan,
4. Masa pelayanan atau umur rencana
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,
6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada,

7. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu dilakukan secara periodik sehingga umur rencana dapat tercapai.

Maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi menjadi 2 yaitu:

1. Syarat Berlalu Lintas

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

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlu bang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga kendaraan tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

2. Syarat-Syarat Kekuatan/Struktural

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

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.

- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

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

Tabel 2.1 Perbedaan anatara 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 dan kaku

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta	Dapat digunakan untuk semua tingkat
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.	Umur rencana relative pendek 5 – 10
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan
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	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
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
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 dasar. (+)
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>)

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

2.2.1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

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

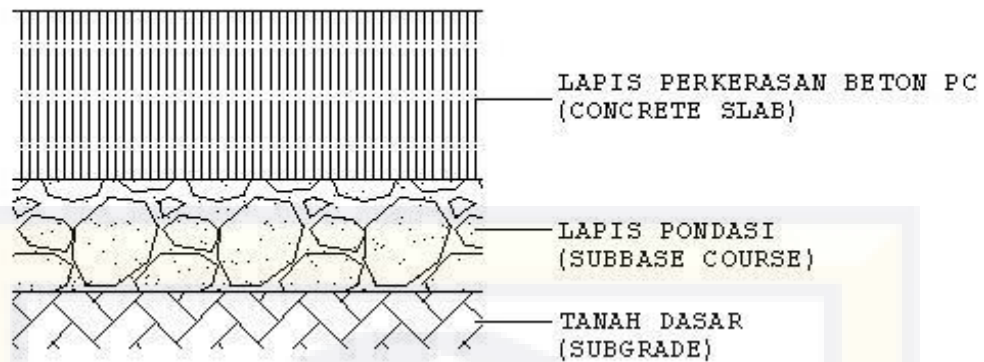


Gambar 2.2 Komponen Perkerasan lentur

(Sumber, dikutip dari konstruksi perkerasa Lentur. Kontruksi jalan raya , Ir. Djoko Untung S.)

2.2.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.

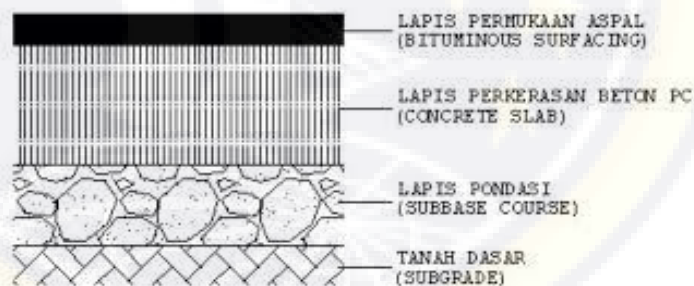


Gambar 2.3 Komponen perkerasan kaku

(Sumber, dikutip dari bahan kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya oleh Abd. Rahim Nurdin.)

2.2.3. Perkerasan komposit

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.



Gambar 2.4 Komponen perkerasan komposit

(Sumber, dikutip dari Kontruksi perkerasan kaku (Rigid Pavement).

Konstruksi perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang

berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya kelapisan bagian bawah, karena tekanan makin menyebar maka tekanan yang ditimbulkan pada perkerasan bagian atas lebih berat dari pada perkerasan bagian bawah.

2.2.4. Fungsi perkerasan

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:
 - a. Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
 - b. Lapisan kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
 - c. Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
 - d. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

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

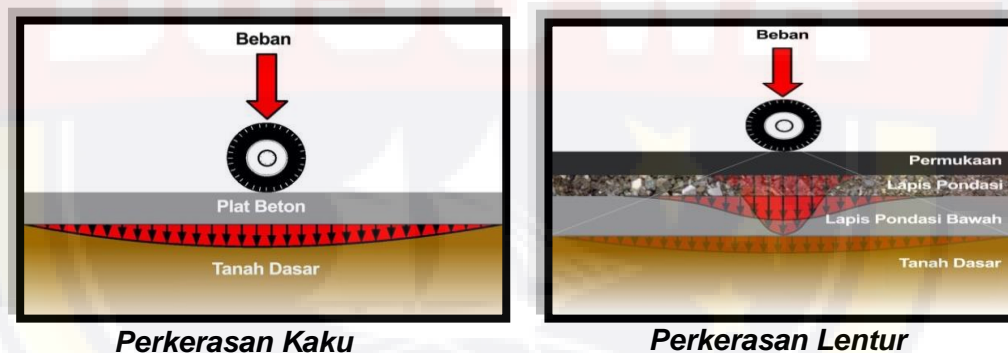
 - a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
 - b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
 - c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.
3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *SubbaseCourse*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

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

4. Lapisan Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.



Gambar 2.5 Distribusi beban roda melalui lapisan perkerasan jalan
(Sumber, dikutip dari bahan kuliah *Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya* oleh Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.)

2.3 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan

minyak bumi. Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal. (Silvia Sukirman,2003) Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

2.3.1 Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak.

1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang

dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengilahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang

- a. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal nama semen aspal (asphalt cement). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.
- b. Aspal cair (cutback asphalt) adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin,

atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi : 1. Rapid curing cut back asphalt (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap. 2. Medium curing cut back asphalt (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (kerosene). 3. Slow curing cut back asphalt (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak diesel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.

- c. Aspal emulsi (emulsified asphalt) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir – butir aspal larut dalam air. Berdasarkan kecepatan mengerasnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas : 1. Rapid Setting (RS), yaitu aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat, dan aspal cepat menjadi padat atau keras kembali. 2. Medium Setting (MS) 3. Slow Setting (SS), yaitu jenis aspal emulsi yang paling lambat mengeras. Dari ketiga bentuk aspal, semen aspal adalah bentuk yang paling banyak digunakan.

2.3.2. Sifat Sifat Aspal

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

a. Daya tahan (*durability*)

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

b. Adesi dan kohesi

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

c. Kepekaan terhadap temperatur

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

d. Kekerasan aspal

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

Sedang sifat aspal lainnya adalah :

- a. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologi*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
- b. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperature aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.
- c. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Sumber : Nurkhayati Darunifah, 2007

2.3.3 Sifat Kimiawi Aspal

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

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

1. Aspalten

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

2. Malten

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

a) Resin

Terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sedikit mengandung oksigen,

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

b) Aromatik

Aromatik adalah unsur pelarut asphalten yang paling dominan didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal.

Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c) Saturated

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

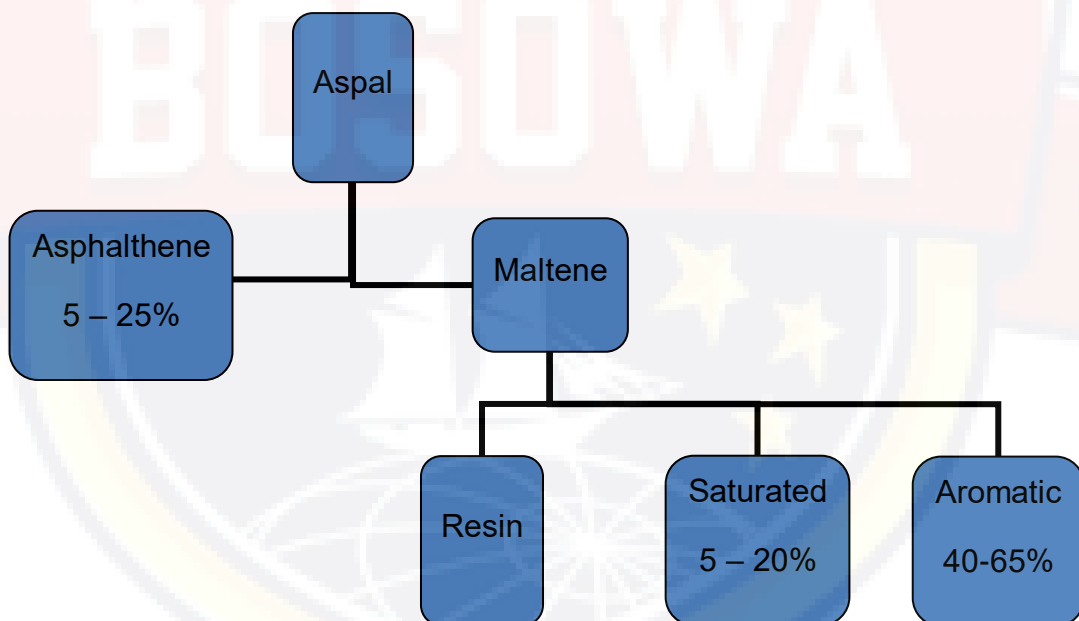
2.3.4 Fungsi Aspal

Fungsi aspal sebagai berikut :

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (water proofing, protect terhadap erosi)
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
3. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.

4. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70



Gambar 2.6 Kandungan Kimia Aspal

2.3.5 Tes standar bahan aspal

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

a. Penetrasi

Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal.

Berdasarkan nilai penetrasinya, semen aspal dibagi menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 80-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/100.

b. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pelat 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.

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

e. Berat Jenis Aspal

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

f. Kehilangan Berat

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

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 1 berikut

Tabel 2.3. Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 06-2456-2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis(G^*/\sin)pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kpa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-2011	>48
4	Viskositas 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	> 300
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 06-2432-2011	>100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	>232
7	Larutan dlm Toluene (%)	AASHTO T44-14	>99
8	Berat jenis	SNI 2441-2011	>1,0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1 dan SNI 2434:2011	-
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	<0.80
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456-2011	≥ 54
12	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis(G^*/\sin)pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kpa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-
13	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis(G^*/\sin)pada osilasi	SNI 06-6442-2000	--

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
	10 rad/detik \leq 5000kpa,($^{\circ}$ C)		
14	Daktilitas pada 25 $^{\circ}$ C (cm)	SNI 2432-2011	\geq 50
15	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	\leq 2

Sumber : Spesifikasi umum 2018

2.4 Aspal Beton (Laston)

Laston adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4-7% terhadap berat campuran, dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang, hingga berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan yang tinggi. Menurut Kimpraswil tahun 2000 (dalam Hardiyatmo, 2015) aspal beton menjadi 3 macam campuran, yaitu laston lapis aus (AC-WC), laston lapis pengikat (AC-BC), dan laston lapis pondasi.

Menurut Asphalt Institute MS-22 (dalam Hardiyatmo, 2015), suatu campuran aspal beton harus memiliki karakteristik campuran yang baik. Karakteristik tersebut meliputi stabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, daya tahan/durabilitas, kekesatan permukaan, kemudahan pekerjaan, kedap air, dan ketahanan terhadap kelelahan. Berikut penjelasan masing-masing karakteristik marshall:

1. Stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal dalam melawan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen akibat beban lalu lintas. Stabilitas juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan lapisan perkerasan dalam melayani beban lalu lintas dengan tanpa mengalami deformasi permanen, seperti gelombang dan timbulnya alur-alur. Stabilitas akan maksimal apabila agregat memiliki permukaan kasar dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan 3 agregat dapat disebarkan dengan merata. Nilai stabilitas marshall dinyatakan dalam pon yang menyebabkan keruntuhan dari benda uji campuran beton aspal panas padat yang diuji dalam alat marshall. Stabilitas marshall bertambah apabila kadar aspal bertambah sampai nilai tertentu, setelah nilai tersebut stabilitasnya berkurang.

2. Kelenturan/fleksibilitas adalah campuran aspal harus mampu mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu dengan tanpa mengalami retak-retak. Untuk mendapatkan kelenturan yang tinggi, maka dapat digunakan agregat yang bergradasi terbuka atau gradasi senjang. Aspal yang digunakan harus lunak (penetrasi tinggi).

3. Daya tahan/durabilitas Daya tahan atau durabilitas maksudnya daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keausan akibat beban lalu lintas dan pengaruh perubahan cuaca dengan tanpa mengalami pelepasan film aspal dari butiran agregat. Perubahan cuaca dapat mengakibatkan penuaan aspal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran agregat aspal adalah kadar aspal tinggi, gradasi

agregat rapat, pemadatan sempurna, campuran agregat kedap air, serta batuan penyusun lapis perkerasan cukup keras.

4. Kekesatan permukaan adalah lapisan permukaan aspal harus mempunyai kekesatan yang cukup tinggi, sehingga menjamin keselamatan pengguna jalan, terutama apabila dalam kondisi basah. Untuk mempertinggi kekesatan maka jadar aspal harus tepat dan permukaan agregat harus kasar.

5. Kemudahan dalam pekerjaan adalah campuran aspal harus mudah dikerjakan dalam pelaksanaan di lapangan termasuk penghamparan dan pemadatannya.

6. Kedap air maksudnya adalah kekedapan campuran beraspal terhadap masuknya air dan udara. Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak langsung aspal dengan udara. Air dan udara akan mempercepat penuaan aspal. Selain itu, air juga dapat menyebabkan pengelupasan lapis film aspal yang berada di permukaan agregat.

7. Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan campuran beraspal dalam menahan lendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang, sehingga campuran tidak cepat mengalami keretakan.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

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

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

2.4.1 Unsur Pembentuk Laston

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

1. Agregat

a. Pengertian agregat

Berdasarkan (Departemen Pekerjaan Umum–Direktorat Jenderal Bina Marga. 1998) agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan. Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan

batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

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

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai permukaan tekstur yang kasardan tidak bulat agar dapat dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

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

Tabel 2.5. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%, Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergrasadi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis		Maks. 40%

Pengujian		Standar	Nilai
	campuran bergradasi lainnya		
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	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142 1996	Maks. 1%

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

b. Agregat Halus

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

Tabel 2.6. Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Kadar Lempung	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45

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

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

2.4.2. Jenis Agregat

Adapun jenis – jenis dari agregat itu adalah sebagai berikut :

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

degradasi agregat di bukit – bukit akan membentuk agregat bersudut dan kasar. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

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

Di samping itu terdapat pula agregat hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur atau limbah industri seperti abu terbang. Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat

halus dan bahan pengisi (filler). Batasan masing – masing agregat ini seringkali berbeda sesuai institusi yang menentukannya.

2.4.3. Sifat Sifat fisik Agregat

Dalam hubungannya dengan kinerja campuran beraspal diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat. Untuk tujuan ini sifat pada agregat yang harus di periksa antara lain : ukuran butir,kebersihan, kekerasan bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan dan kelekatan terhadap aspal.

a. Ukuran Butir

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

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

b. Kebersihan Agregat

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

c. Kekerasan

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

d. Bentuk butir agregat

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

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

e. Tekstur permukaan agregat

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

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

f. Daya serap agregat

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

agar campuran yang dihasilkan tetap baik agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus.

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

g. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

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

Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas (stripping). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan

cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji kekuatannya. Perbedaan kekuatan antara keduanya dapat dipakai sebagai indikator untuk dapat mengetahui kepekaan agregat terhadap pengelupasan.

2.4.4. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

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

a. Agregat Alam

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

b. Agregat yang Diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin

kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk megurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel.

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

c. Agregat Buatan

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

2.5. Gradasi

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

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

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

a. Gradasi seragam (*uniform graded*)

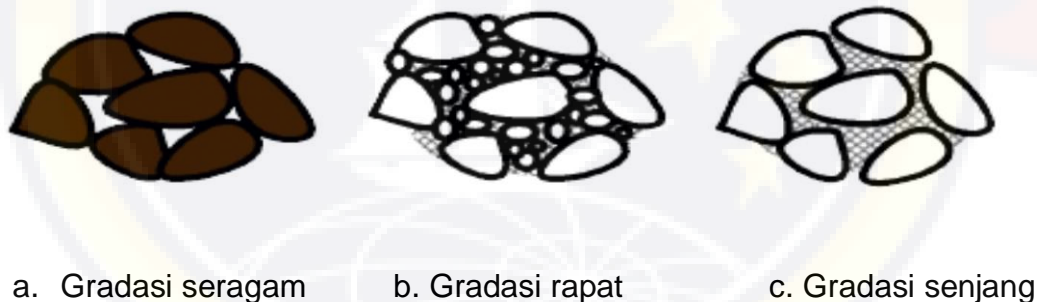
Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi,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

b. Gradasi rapat (*dense graded*)

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

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

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



Gambar 2.7 Jenis Gradasi Agregat

(Sumber dikutip dari ejurnal.ukhair.ac.id)

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan

persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2.7. di bawah ini :

Tabel 2.7. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat				
		HRS		AC		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5					100
1"	25				100	90-100
¾"	19	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	75-85	65-90	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	0,75	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

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

2.6 Filler (Bahan Pengisi)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat yang dalam analisa gradasi merupakan lolos saringan No. 200. (diameter 0.075 mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam dan semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk bambu. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan lolos ayakan no.200. Fungsi filler dalam campuran adalah :

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

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

2.7 Abu ampas tebu



Gambar 2.8 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan hasil pembakaran dari limbah ampas tebu. Abu ampas tebu mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO_2), suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan Kuat tarik beton pada aspal. (Syarkawi, 2011).

Ampas tebu adalah limbah yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu setelah di ambil niranya. Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan dari batang tebu sampai menjadi ampas tebu. Setelah gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering. Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai

bahan bakar ketel uap (pesawat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu) dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap (Prasetyo A., 2009).

Ampas tebu merupakan salah satu limbah padat pabrik gula. Ampas tebu jumlahnya berlimpah di Indonesia. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 30-40% dari tebu giling. Saat ini perkebunan tebu rakyat mendominasi luas areal perkebunan tebu di Indonesia. Ampas tebu termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif seperti bioetanol atau biogas. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa 52,7%, hemiselulosa 20,0%, dan lignin 24,2% (Samsuri dkk., 2007).

Ampas tebu mempunyai rapat total (bulk density) sekitar 0,125 gr/cm³, kandungan kelembaban (moisture content) sekitar 48% menurut Hugot. Nilai diatas diambil dari penelitian terhadap ampas tebu basah. Ampas tebu basah mempunyai kapasitas kalor dalam jumlah yang besar.

Abu ampas tebu diyakini memiliki sifat-sifat yang baik sebagai filler pematat karena memiliki sifat sementasi disamping ukuran butirannya yang relatif kecil (lolos saringan No.#200) yang mempermudah dalam menyusup kedalam pori-pori agregat. Beberapa keuntungan yang jelas terlihat dari abu ampas tebu sebagai bahan filler diantaranya keberlimpahan abu ampas tebu pada PT. Madukismo.

Menurut Fauziah dkk, (2014) secara umum abu ampas tebu layak digunakan sebagai filler pengganti untuk campuran Superpave. Semakin besar persentase penggantian filler debu batu Clereng oleh abu ampas tebu ke dalam campuran Superpave menghasilkan nilai stabilitas, VITM, VMA yang semakin menurun, sedangkan nilai flow, VFWA, MQ dan dan Index of Retained Strength campuran yang semakin tinggi. Semakin besar proporsi abu ampas tebu semakin besar pula kadar aspal optimum yang dibutuhkan.

Syarkawi (2011), Menganalisa pengaruh pemanfaatan Abu ampas tebu dengan variasi filler terhadap karakteristik campuran aspal beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai uji karakteristik abu ampas tebu memenuhi syarat jika digunakan sebagai bahan campuran aspal beton. Secara

umum nilai stabilitas tertinggi pada penambahan abu ampas tebu 9% dengan nilai stabilitas (1640,72 kg). Pada campuran dengan abu ampas tebu diperoleh kadar aspal optimum (5,00%), nilai flow tertinggi 9% (3,76 mm), VIM 18% (4,07%), VMA 18% (9,71%), dan uji Marshall Immersion (81,90%)

Pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Susanti (2004), diketahui bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai filler pada campuran HRS-B memberikan keadaan yang memenuhi spesifikasi Marshall untuk nilai Stabilitas, Flow, VIM, VFA, dan Marshall Quotient, namun demikian secara garis besar mempunyai nilai yang lebih rendah dari campuran

yang menggunakan filler PC. Filler abu ampas tebu mempunyai karakteristik yang lebih baik pada kadar campuran tinggi. (kadar abu pada variasi 3 (3%; 2%) lebih tinggi dari hasil kadar abu pada variasi 2 (2%; 3%)). Dari semua variasi yang memenuhi spesifikasi adalah pada variasi 3 yaitu variasi 2%; 3%.

Hasil penelitian Darma (2012), campuran aspal beton dengan abu ampas tebu sebagai penambah Filler menunjukkan stabilitasnya pada penambahan kadar aspal mengalami kenaikan sampai pada nilai maksimum 1096 kg. Kemudian mengalami penurunan nilai stabilitas seiring dengan penambahan kadar aspal. Penelitian yang diuji dengan Marshall Test memberikan hasil bahwa pemakaian abu ampas tebu dengan persentase berat abu ampas tebu 2% terhadap berat total sebagai pengganti Filler akan menghasilkan campuran yang baik. Stabilitasnya akan meningkat, flow cenderung menurun, nilai kekakuan (MQ) cukup baik di atas 200 kg/mm.

2.8 Pasir laut



Gambar 2.9 Pasir Laut

Pasir laut merupakan salah satu jenis material agregat yang memiliki ketersediaan dalam jumlah berlimpah. Berdasarkan pengertian geologi, yang dimaksud dengan pasir laut adalah segala material (sedimen) yang berukuran pasir yang karena proses transportasi akhirnya terendapkan dan terakumulasi dalam sedimen di dasar laut.

Pasir laut merupakan sumber daya alam dengan deposit cukup besar yang terdapat di Maluku Utara. Pasir laut diketahui paling banyak mengandung kalsium, hal ini karena bahan pembentuk utama yang menyusun pasir laut adalah serpihan cangkang karang laut, sedangkan bahan utama pembentuk cangkang karang laut kalsium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pasir laut sebagai bahan substitusi agregat halus dalam campuran aspal beton HRS-WC. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium dengan melakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik. *Marshall Test*

2.9 Marshall Test

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

2.9.1 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

2.9.2 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 pepadatan. 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*).

2.9.3 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 :

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

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

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)

2.9.4 VIM (Void In The Mix)

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

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi

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

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total ampunan setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

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

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

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

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

Keterangan :

- a = Persentase aspal terhadap batuan
- b = Persentase aspal terhadap campuran
- g = Persen rongga terisi aspal
- i dan j = rumus substitusi

2.9.5 VFA (Void Filled With Asphalt)

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

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

Nilai VMA dihitung dengan rumus di bawah ini :

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

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

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

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

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

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.9.6 VMA (*Void In Mineral Agregate*)

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

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.9.7 Marshall Quotient (MQ)

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

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

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

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

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



BAB III

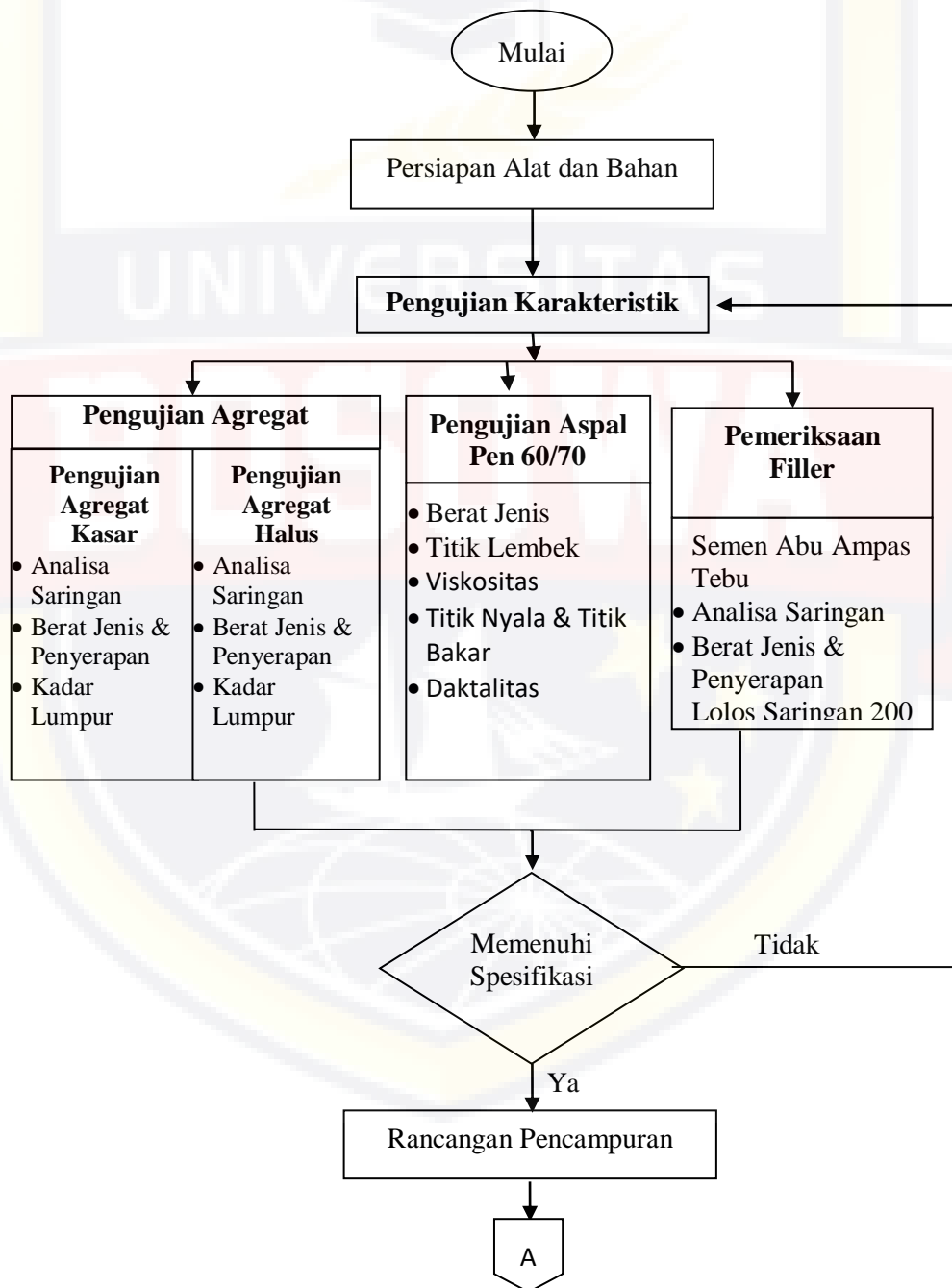
METODE PENELITIAN

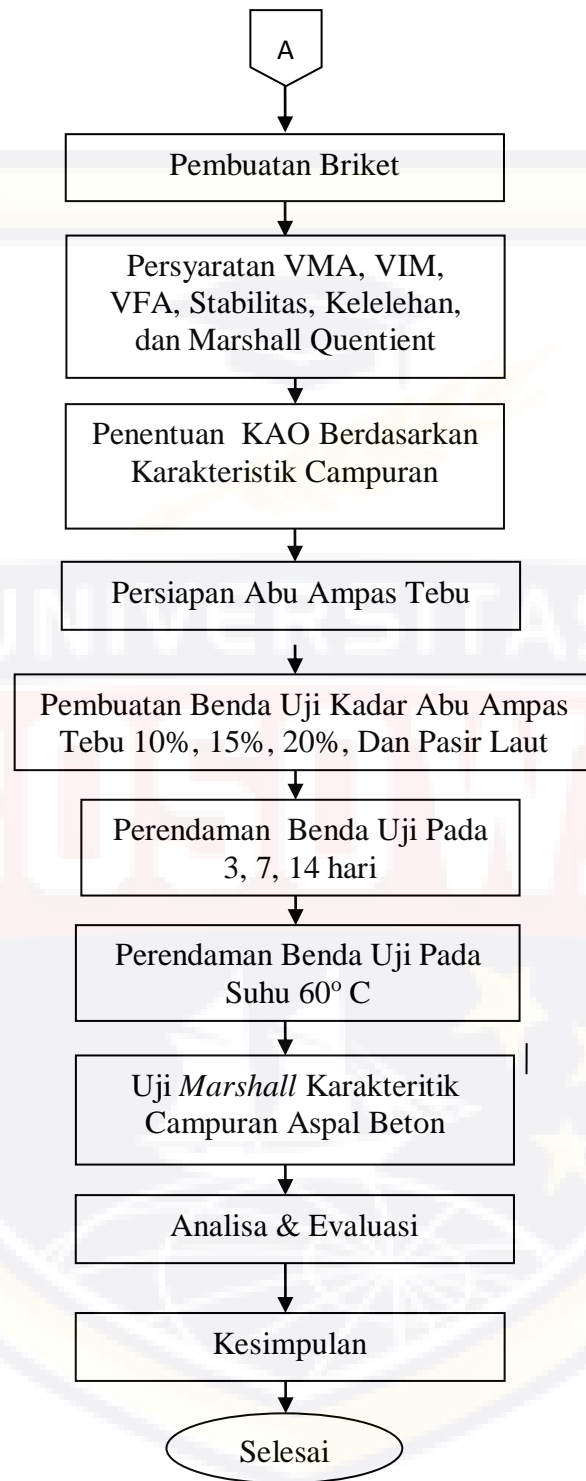
Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas, aspal yang digunakan sebagai pengikat adalah aspal beton dengan penetrasi 60/70 serta pencampuran pasir laut sebagai pengganti agregat halus, aspal dan menggunakan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* yaitu agregat dan Abu Ampas Tebu dicampur terlebih dahulu sebelum dicampur dengan aspal. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan.

Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga pengujian berat jenis. Serta menambahkan variasi abu ampas tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus sebagai bahan campur antara aspal dengan agregat. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah Metode *Marshall* dengan variasi perendaman, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga

di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

3.1. Bagan Alir Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Agregat

Agregat kasar yang digunakan yaitu :

- a) Batu pecah 1 – 2
- b) Batu pecah 0,5 – 1



Gambar 3.2 Agregat kasar

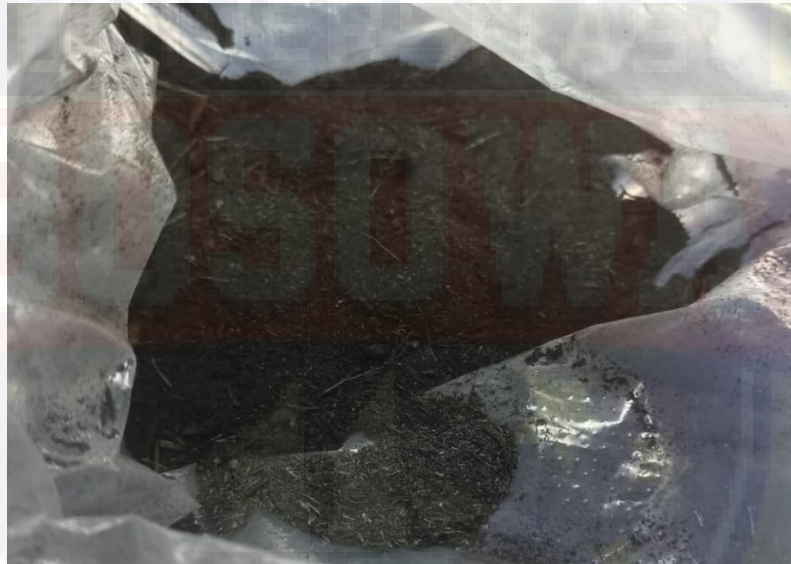
2. Agregat halus (Pasir Laut)



Gambar 3.3 Agregat halus (Pasir Laut)

3. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau *filler* menggunakan abu ampas tebu yang didapat dari hasil penggilingan tebu, kemudian ampas tebu di bakar sampai hangus agar menghasilkan abu ampas tebu yang halus dan lolos saringan no 200. Abu ampas tebu yang masih tertahan pada saringan no 200 akan di haluskan kembali menggunakan blender penghalus.



Gambar 3.3 Filler abu ampas tebu

4. Aspal

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



Gambar 3.5 Aspal pen 60/70

3.3. Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) diperoleh dari Bili-Bili Kab. Gowa dan Agregat Halus (Pasir Laut) dari Pantai Kuri Kab. Maros. bahan bakunya Abu Ampas Tebu diperoleh dari Kab. Takalar- Sulawesi Selatan

3.4. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

3.5. Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2021.

3.6. Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

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

3.6.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan

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

b. Peralatan :

1. Timbangan
2. Satu set saringan ditambah PAN
3. Talam dan Kuas
4. Oven

c. Bahan :

Batu Pecah 1-2 , Batu Pecah 0,5 – 1, Abu Batu dan Semen

d. Rumus :

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

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

3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (Bulk), berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry = SSD), berat jenis semu

(Apparent) dan prosentase air yang dapat diserap terhadap berat agregat kasar.

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan kapasitas 20 kg
2. Keranjang kawat ukuran 3.35 mm atau 2.36 mm (No.6 atau No.8)
3. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai ukuran material
4. Alat penggantung keranjang
5. Oven
6. Bak Perendam
7. Lap Kasar

c. Benda Uji :

1. Batu Pecah 1 – 2
2. Batu Pecah 0,5 - 1

d. Rumus :

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

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

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

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

3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

1. Talam
2. Kerucut terpancung (Cone)
3. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata
4. Saringan No.4
5. Piknometer
6. Pompa hampa udara (Vaccum Pump)
7. Air Suling
8. Timbangan
9. Oven

c. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan No.8

d. Rumus :

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

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

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

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

keterangan :

Bk = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

Bt = Berat picnometer + air + benda uji

3.6.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

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

b. Peralatan / Bahan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat kasar (kerikil)
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Perhitungan

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.6.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

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

b. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat halus
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Perhitungan

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.7. Pemeriksaan Aspal

3.7.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Bak perendam
3. Piknometer
4. Air suling sebanyak 1000 cm³
5. Timbangan.

c. Benda uji :

Aspal Minyak

d. Rumus yang digunakan :

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

Keterangan :

δ = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat pinometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat pinometer berisi aspal dan air (gram)

3.8. Pemeriksaan Abu Ampas Tebu

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan Abu Ampas Tebu murni.

b. Peralatan :

1. Set Saringan

2. Wadah

c. Benda Uji :

Abu Ampas Tebu

d. Prosedur Kerja :

1. Kumpulkan Abu Ampas Tebu
2. Saring menggunakan set saringan

3.9. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji

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

3.9.1. Penentuan Jumlah Benda Uji

Dalam perhitungan dibawah, jumlah kadar aspal hanya merupakan estimasi/ccontoh untuk menghitung jumlah sampel. Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Perhitungan benda uji

Uraian kegiatan pengujian					Jumlah	
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum						
Variasi Kadar Aspal (%)			Jumlah Benda Uji		Jumlah	
<i>HRS-WC</i>			<i>HRS-WC</i>			
Optimum		3		3	3	
Optimum		3		3	3	
Optimum		3		3	3	
Optimum		3		3	3	
Optimum		3		3	3	
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)						
Kadar Aspal (%)		Waktu (Menit/jam)		<i>HRS-WC</i>	Jumlah	
Optimum		30 Menit		3	3	
Optimum		24 Jam		3	3	
3. Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu						
Kadar Aspal (%)	Kadar Abu Ampas Tebu (%) terhadap Kadar Aspal	Siklus (hari)			<i>HRS-WC</i>	Jumlah
Optimum	10	3	7	14	2	6
Optimum	15	3	7	14	2	6
Optimum	20	3	7	14	2	6
Total Benda Uji					39	

3.9.2. Perancangan Agregat Gabungan

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

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta
2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1: 2

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

3.9.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

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

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

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan

K = Nilai konstanta 1 - 2

3.9.4. Pembuatan Briket (Benda Uji)

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Panci
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 berbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
5. Spatula
6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.

2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panci sampai suhu 165°C
5. Masukkan aspal sesuai dengan persentase.
6. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam panik 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 50 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.10. Pengetesan Benda Uji Dengan Alat Marshall

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

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian 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 HRS-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.

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 Tonasa. Jenis Aspal yang digunakan untuk studi penelitian 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 (*Spesifikasi 2018*)

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	49.13	99.71	100.00	100
3/8"	9,5	4.58	84.84	100.00	100
No. 8	2,36	2.80	37.37	95.50	100
No. 30	0,6	2.57	31.22	59.74	100
No.200	0,075	2.08	4.65	11.44	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi Bina Marga 2018

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah1-2 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	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	Spesifikasi 2018	-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)	SNI 1969:2016			
1. Bulk		2.62	-	-
2. SSD		2.68	-	-
3. Semu		2.78	Min 2.5	-
4. Penyerapan		2.15	Max 3	-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 1969:2016			
1. Bulk		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

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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 1970:2016	2.75	-	Gram
2. SSD		2.82	-	Gram
3. Semu		2.95	Min 2.5	Gram
4. Penyerapan		2.48	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi 2018

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

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

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

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

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas *HRS-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 (*HRS – WC Standar*) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 1 – 2 = 10%
- Batu Pecah 0,5 - 1 = 38%
- Abu Batu = 51%
- Filler = 1%

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

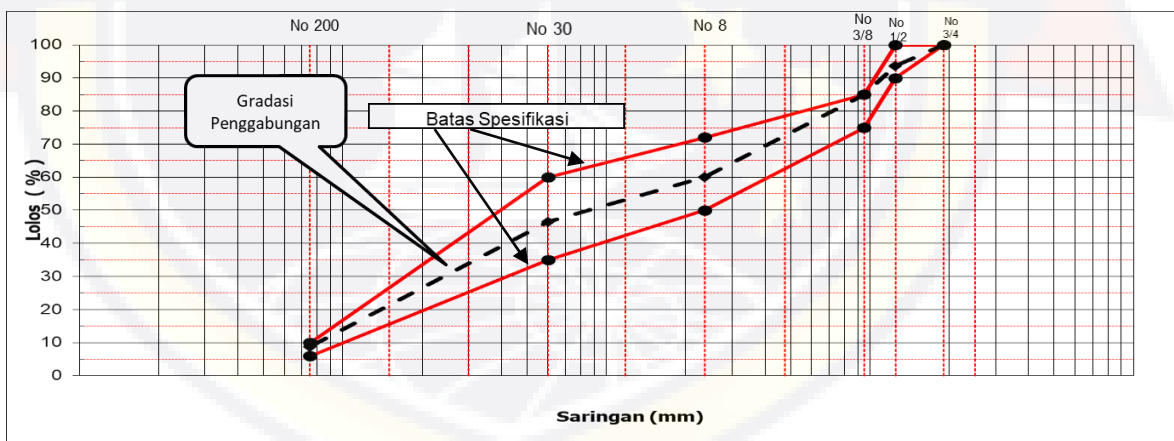
$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{10}{100} \times 100 + \frac{38}{100} \times 100 + \frac{51}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 5 Rancangan campuran aspal panas *HRS-WC*

No. Sari n gan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) HRS-WC				Spesifikas i 2018
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	III	IV	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00	100,0	100,0	100,0	100
1/2"	46.13	99.71	100.0	100	94.50	92,9	94,0	91,8	90-100
3/8"	4.58	84.84	100.0	100	84.70	83,0	83,7	80,4	75-85
#8	2.80	37.37	99.23	100	66.09	68,1	65,1	63,1	50-72
#30	2.57	31.22	59.14	100	43.28	43,8	42,7	41,3	35-60
#200	2.08	4.65	10.39	95.16	8.22	8,4	8,1	8,0	6-10
					Komposisi Penggabungan Agregat (%)				
a. Batu pecah 1 – 2					10	13	11	15	
b. Batu pecah 0,5 – 1					38	30	38	35	
c. Abu batu					51	56	50	49	
d. Filler					1	1	1	1	
Total Luas Permukaan Agregat (M ² /Kg)					4.83	4.92	4,77	4,65	

Sumber: Hasil Analisis Data



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat HRS-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 *HRS-WC*

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (33.9) + 0.045 (57.87) + 0.18 (8.22) + 2 \\
 &= 7.27\%
 \end{aligned}$$

$$= 7$$

Keterangan :

Agregat Kasar = 3/4" - #8	Agregat Halus = #8 - #200
= 100 - 60.0	= 60.0 - 8.80
= 33.9	= 57.87

Filler = #200
= 8.22

Kadar aspal yang didapatkan adalah 7.%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah 6% ; 6.5% ; 7% ; 7.5%; 8%.

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 *modal* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas *HRS-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 *HRS-WC*

Kadar Aspal = 7.5 %		100 % - 7.5 %		= 92.50	
Hasil Combine					
BP 1- 2	10 %	X	92.50 %	=	0.09 X 1200 = 122.76
BP 0,5 - 1	38 %	X	92.50 %	=	0.35 X 1200 = 334.8
Abu Batu	51 %	X	92.50 %	=	0.47 X 1200 = 647.28
Filler	1 %	X	92.50 %	=	0.01 X 1200 = 11.16
Aspal	7.5 %	X			1200 = 84
					1200

Tabel 4. 7 Berat aspal dan agregat pada campuran aspal panas *HRS-WC* normal

Kadar aspal	6	6.5	7	7.5	8
Batu Pecah 1 – 2	112.80	112.80	111.20	111.00	110.40
Batu Pecah 0,5 – 1	428.64	426.36	426.36	421.80	419.52
Abu Batu	575.28	572.22	572.22	566.10	563.04
Semen	11.28	11.22	11.22	11.10	11.04
Berat Aspal Terhadap Campuran	72	78	84	90	96
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

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	2.62	2.78	2.70
Batu Pecah 0,5 – 1	2.66	2.84	2.75
Abu batu	2.75	2.95	2.85
Filler	3.17		
Aspal	1.005		

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2018

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

a. Untuk campuran aspal panas *HRS-WC*

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,62}\right) + \left(\frac{38\%}{2,66}\right) + \left(\frac{51\%}{2,75}\right)} \\ &= 2.73 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{10\%}{2,78}\right) + \left(\frac{38\%}{2,84}\right) + \left(\frac{51\%}{2,95}\right)} \\ &= 2.82 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat(G}_{se}) = \frac{2.73+2.82}{2} = 2.77 \text{ gram}$$

4.3 Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

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

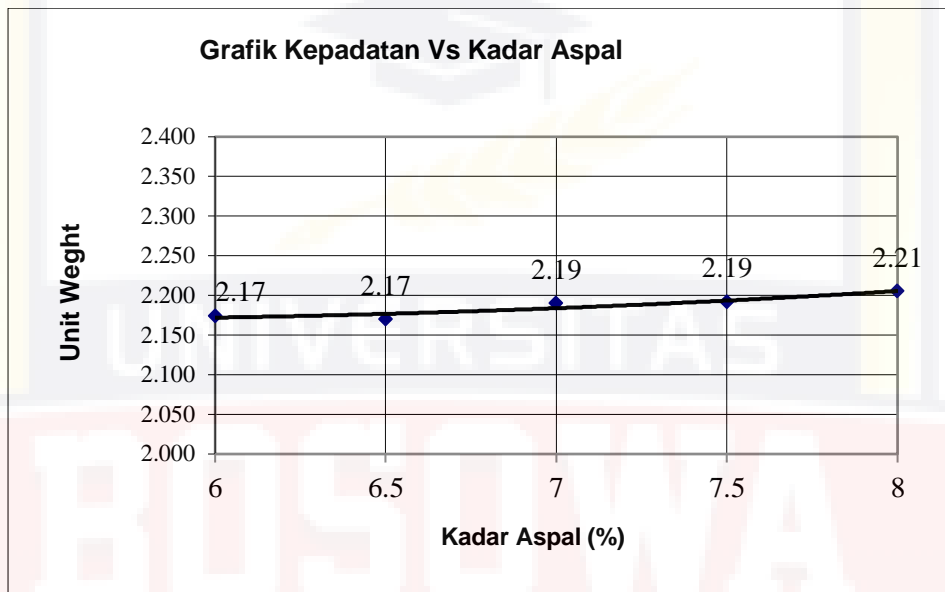
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshallyang* telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran *HRS-WC* disajikan pada perhitungan di bawah ini :

Tabel 4. 9 Hasil Marshall tes KAO

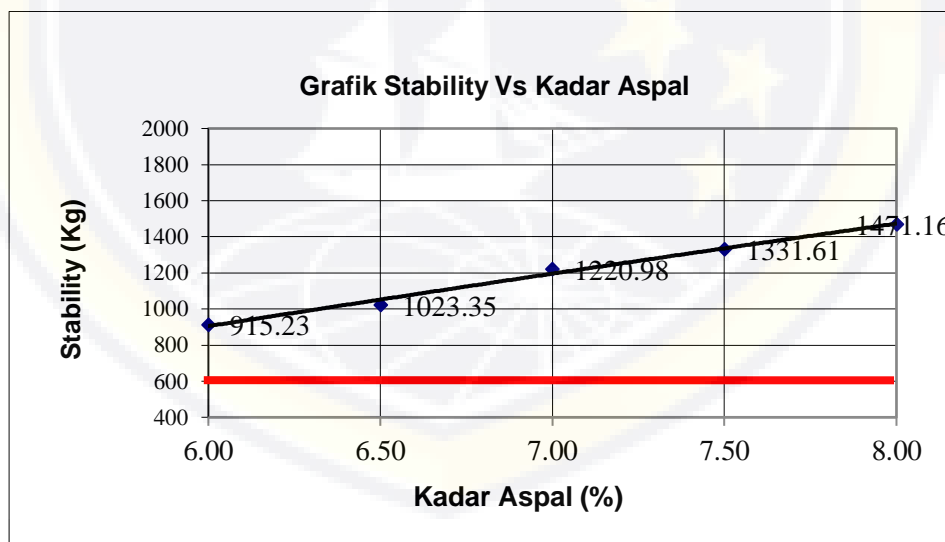
Kadar Aspal %	Hasil Pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA(%)	VFB (%)
6	2,17	915,23	6,1	149,76	7,9	18,06	56,32
6,5	2,17	1023,35	5,4	188,85	7,4	18,65	60,29
7	2,19	1220,98	4,7	261,37	5,9	18,33	67,93
7,5	2,19	1331,61	4,2	317,30	5,2	18,72	72,52
8	2,21	1471,16	3,7	402,90	3,9	18,65	79,15

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

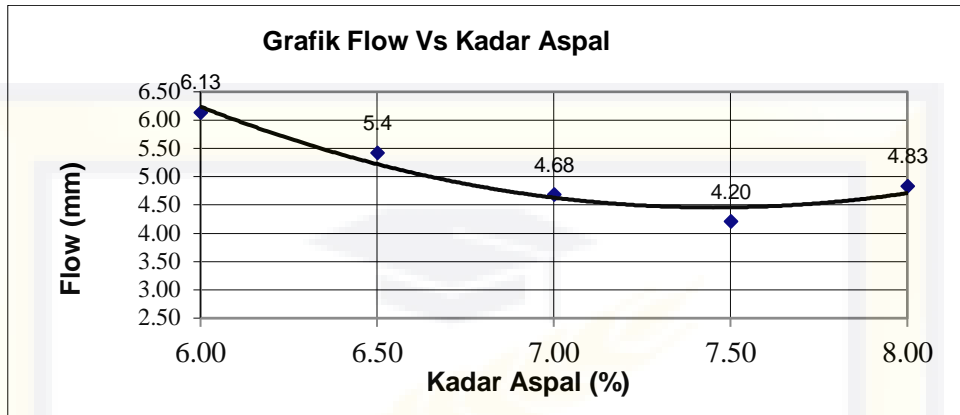
Kepadatan



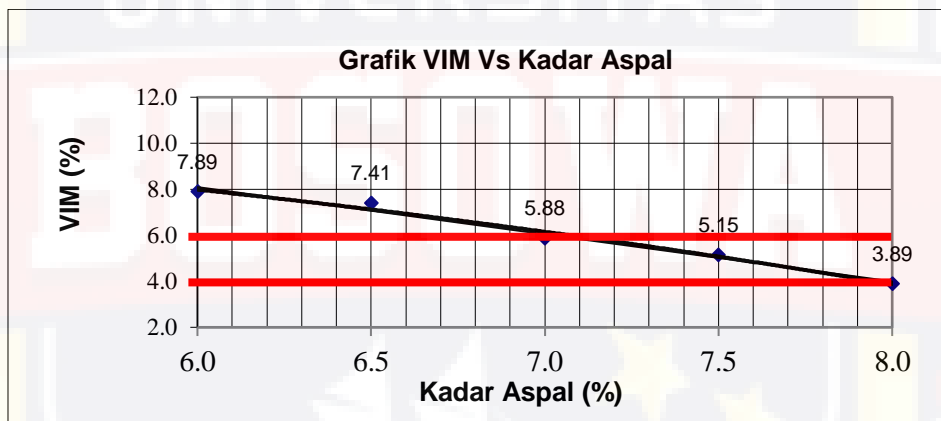
Stabilitas Minimum 600 (KG)



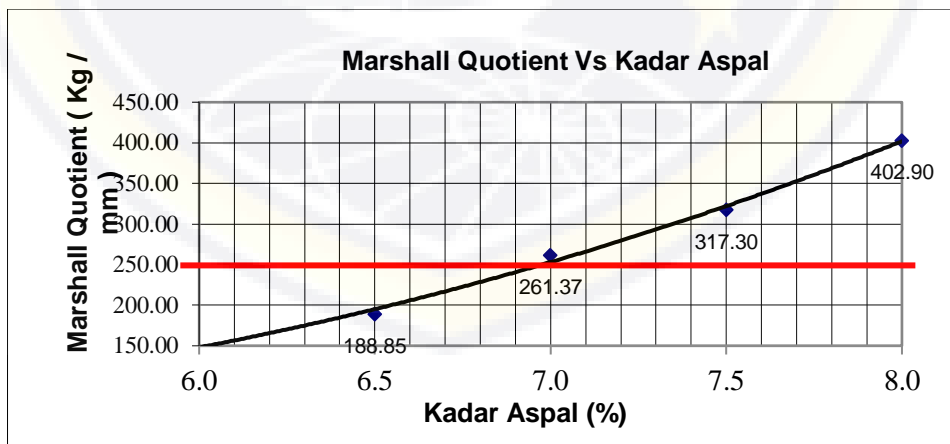
Pelelehan (Flow)



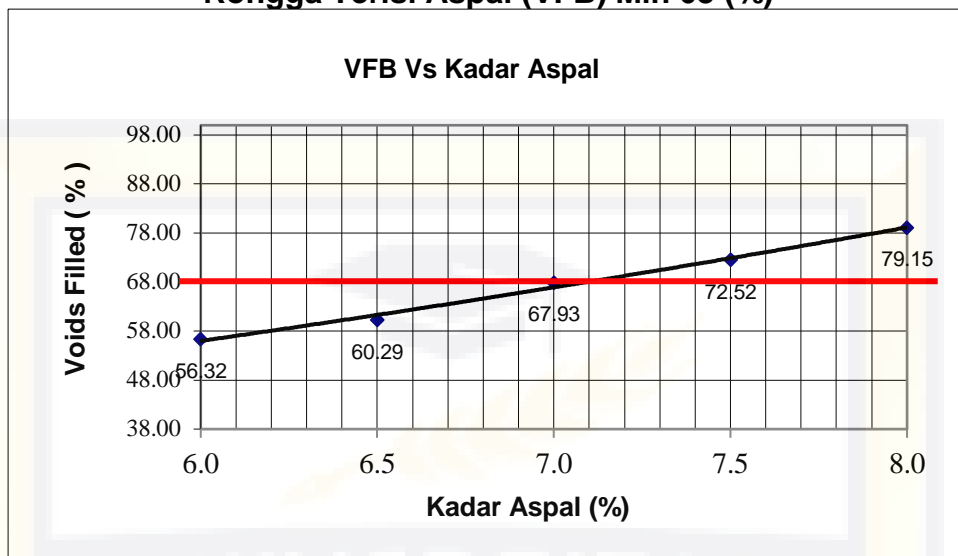
Rongga Dalam Campuran (VIM) 4.0 – 6.0(%)



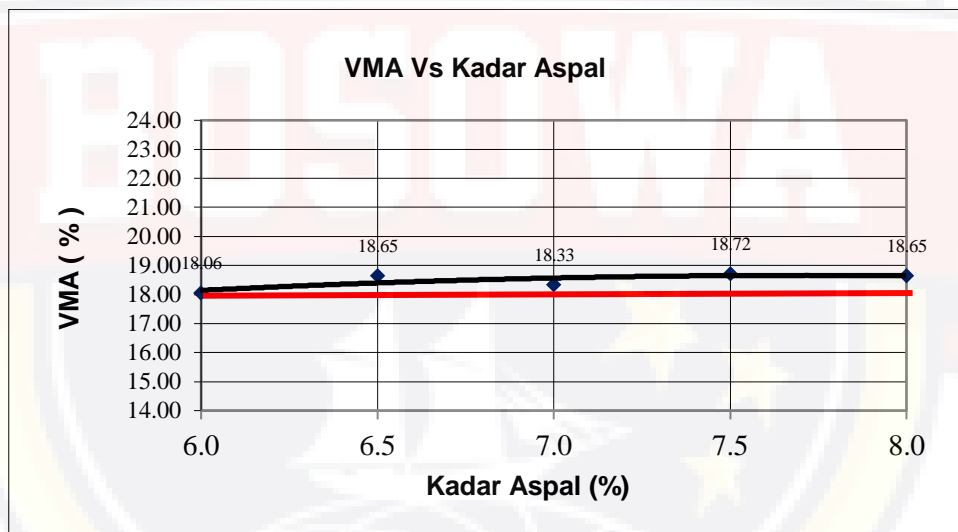
Marshall Quotient Minimum 250 (Kg/mm)



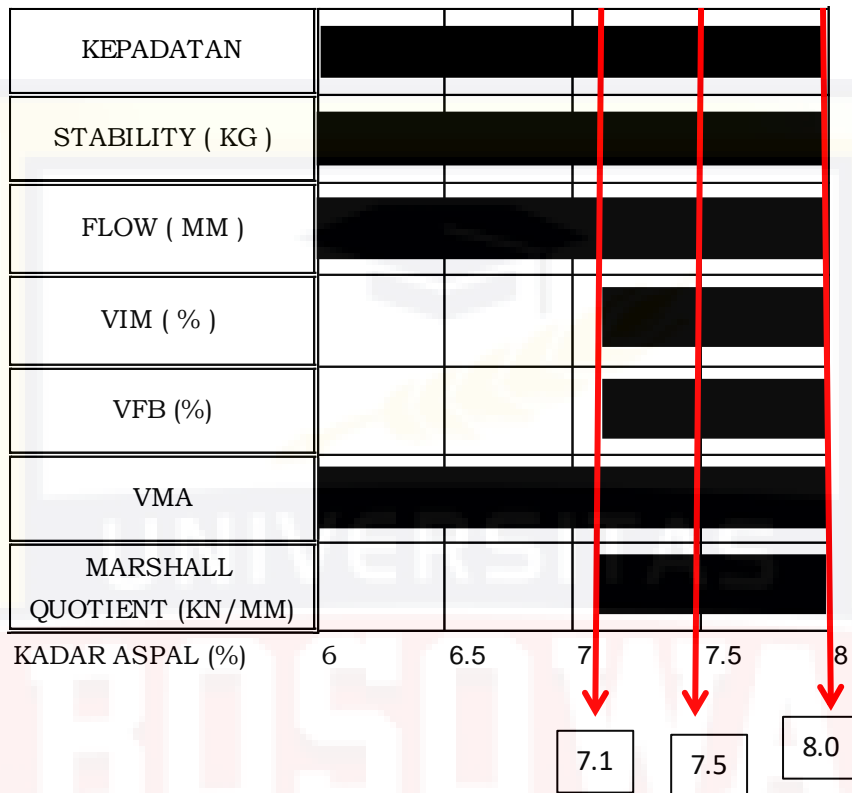
Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 68 (%)



Rongga Dalam Agregat (.VMA) minimum 18(%)



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4. 3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Aspal Optimum} &= \frac{7,1 + 8,0}{2} \\
 &= 7,55 \\
 \text{KADAR ASPAL OPTIMUM} &= 7,5 \%
 \end{aligned}$$

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

- a) Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai *Stabilitas* semakin tinggi dan

seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin menurun.

- 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 rendah kadar aspal maka nilai *MQ* akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *VFB* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VFB* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.
- f) Grafik hubungan antara *VMA* terhadap kadar aspal tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan.

4.4 Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *Filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus Pada Durasi Variasi Perendaman

Perhitungan untuk campuran aspal panas *HRS-WC* dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk campuran *HRS-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 Menggunakan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *Filler* dan pasir laut sebagai pengganti Agregat Halus

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

Untuk campuran *HRS-WC* dengan variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada durasi variasi perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan bahan Penambahan Abu Ampas Tebu 10% sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus

	Kadar Aspal	=	7.5 %		100 %	-	7.5 %	=	92.5
Hasil Combine									
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92.5 %	=	0.093	x	1200	=	111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92.5 %	=	0.352	x	1200	=	421.8
pasir laut	51 %	x	92.5 %	=	0.472	x	1200	=	566.1
Filler	1 %	x	92.5 %	=	0.009	x	1200	=	11.1
	Abu Ampas Tebu 10 %	=	11.1	x	10%				
		=	1.11						
	Semen 90%	=	11.1	-	1.11				
		=	9.99						
Aspal	7.5 %			X			1200	=	90
									1200

Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan bahan Penambahan Abu Ampas Tebu 15% sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus

Kadar Aspal =		7.5 %	100 %	-	7.5 %	=	92.5
Hasil Combine							
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92.5 %	=	0.0925	x	1200 = 111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92.5 %	=	0.3515	x	1200 = 421.8
pasir laut	51 %	x	92.5 %	=	0.47175	x	1200 = 566.1
Filler	1 %	x	92.5 %	=	0.00925	x	1200 = 11.1
	Abu Ampas Tebu 15 % =		11.1	x	15%		
			=		1.665		
	Semen 85%		=	11.1	-	1.665	
			=		9.435		
Aspal	7.5 %			X			1200 = 90
							<u>1200</u>

Tabel 4.12. Komposisi campuran dengan Penambahan Abu Ampas Tebu 20% sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus

Kadar Aspal =		7.5 %	100 %	-	7.5 %	=	92.5
Hasil Combine							
Batu Pecah 1-2 cm	10 %	x	92.5 %	=	0.0925	x	1200 = 111
Batu Pecah 0.5-1 cm	38 %	x	92.5 %	=	0.3515	x	1200 = 421.8
pasir laut	51 %	x	92.5 %	=	0.47175	x	1200 = 566.1
Filler	1 %	x	92.5 %	=	0.00925	x	1200 = 11.1
	Abu Ampas Tebu 20 % =		11.1	x	20%		
			=		2.22		
	Semen 80%		=	11.1	-	2.22	
			=		8.88		
Aspal	7.5 %			X			1200 = 90
							<u>1200</u>

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 dan 24 Jam. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan

(*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 13. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit dan 24 Jam pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 7,5%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		30 menit	24 jam	
1	Kepadatan	2,34	2,36	-
2	Stabilitas (Kg)	2153,94	2086,79	Min 600
3	Flow (mm)	3,40	3,47	Min 3
4	VIM (%)	5,97	5,27	Min 4-6
5	VMA (%)	20,75	20,16	Min 18
6	VFB (%)	71,24	73,87	Min 68
7	MQ (Kg/mm)	644,32	616,25	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas HRS-WC dengan variasi menggunakan Penambahan Abu Ampas Tebu 10%, 15% dan 20% sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus kedalam campuran aspal panas HRS-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 lampiran.

A. Kadar aspal efektif

Rumus:

$$\text{kadar Aspal Efektif} = \frac{P}{100} \times 100 - A$$

Dimana :

- A** : Kadar aspal
- P** : Absorsi Aspal
- T** : Specific Gravity of Bitument

O : Luas permukaan agregat

Kadar Aspal 7,5 %

$$7,5 - \frac{0.97}{100} \times 100 - 7,5 = 6.60$$

B. BJ Max Campuran

Rumus :

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

Dimana :

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

Kadar Aspal 7,5%

$$\text{Max Sg Combined Mix} : \frac{100}{\frac{100}{2,81} - \frac{7,5}{1,005} + \frac{7,5}{1,005}} = 2,48$$

C. Volume Benda Uji

Rumus :

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

Dimana : **G : SSD**

F : Berat Dalam Air

Kadar Aspal 7.5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1197,60 - 687,60 = 510,00$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1200,60 - 690,30 = 510,30$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1198,50 - 665,70 = 532,80$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1203,20 - 669,40 = 533,80$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1196,10 - 685,20 = 510,90$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1194,40 - 678,60 = 515,80$$

D 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 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1181,80}{510,00} = 2,32$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1184,20}{510,30} = 2,32$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1178,60}{532,80} = 2,21$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1185,80}{533,80} = 2,22$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1185,80}{558,60} = 2,12$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1182,40}{559,80} = 2,11$$

E. %VIM

Rumus :

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

Dimana : **D** : **BJ Max Campuran**

I : **BJ Bulk Campuran Pemadatan**

Kadar Aspal 7,5 % (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,32)}{2,48} = 6,40$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,32)}{2,48} = 6,26$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,21)}{2,49} = 10,65$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,22)}{2,49} = 10,31$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,4 - 2,12)}{2,48} = 14,25$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,31)}{2,48} = 14,68$$

F. Stabilitas

Rumus :

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

Dimana **K** : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$110,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1659,49 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$113,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1704,75 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$98,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1478,45 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$105,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1644,06 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$102,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1538,80 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$78,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1176,73 \text{ Kg}$$

G. Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

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

Dimana : L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1704,56}{3,40} = 501,34 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1751,05}{3,80} = 460,80 \text{ (Kg/mm)}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1518,61}{3,70} = 410,43 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1627,08}{3,90} = 417,20 \text{ (Kg/mm)}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1580,59}{3,90} = 405,28 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1208,69}{4,20} = 287,78 \text{ (Kg/mm)}$$

H. 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 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} = 100 - \frac{2,32}{2,73} \times 100 - 7,5 = 21,45 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} = 100 - \frac{2,32}{2,73} \times 100 - 7,5 = 21,33 \%$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} = 100 - \frac{2,21}{2,73} \times 100 - 7,5 = 25,01 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} = 100 - \frac{2,22}{2,73} \times 100 - 7,5 = 24,73 \%$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,12}{2,73} \times 100 - 7,5 = 28,04 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,11}{2,73} \times 100 - 7,5 = 28,40 \%$$

I. VFB

Rumus :

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

Dimana : R : Rongga dalam agregat

J : Rongga dalam campuran

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{21,45 - 6,40}{21,45} \times 100 = 70,17 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{25,01 - 10,65}{21,33} \times 100 = 70,64 \%$$

Kadar Aspal 7,5 % (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{25,01 - 10,65}{21,43} \times 100 = 57,43 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{24,73 - 10,31}{24,73} \times 100 = 58,32 \%$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{28,04 - 14,2}{28,04} \times 100 = 49,17 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{28,40 - 14,68}{28,40} \times 100 = 48,30 \%$$

J. Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

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

Dimana :

A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gabungan

D : BJ

T : Specific Gravity Of Bitument

Sampel

Perendaman 3 Hari

$$= \frac{7,5}{2,73} + \frac{1,005 (100 - 7,5)}{100} \times \frac{1,005}{2,48} = 0,97$$

K. Tebal Film

Rumus :

$$\frac{1000}{T.O} \frac{A - P}{100 - A}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

P : Absorsi Aspal

T : Specific Gravity Of Bitument

O : Luas Permukaan

$$\frac{1000 \quad 75 \quad - \quad 0,97}{1,005 \quad 100 \quad - \quad 7,5}$$

= 14,54

Untuk perhitungan lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.4.3 Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus

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

Untuk campuran HRS - WC dengan variasi penambahan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus dengan perendaman 3 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar aspal dan agregat terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) sebagai berikut :

Tabel 4.14 Komposisi campuran dengan Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada perendaman 3 hari

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 3 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%	
		1	Kepadatan	2.36	2.32	
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1727.80	1572.84	1394.64	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.60	3.80	4.05	-
4	VIM (%)	5.27	6.33	10.48	14.47	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	21.39	24.87	28.22	Min 68
6	VFB (%)	73.87	70.40	57.88	48.73	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	481.07	413.82	346.53	Min 250

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.15 Komposisi campuran dengan Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada perendaman 7 hari

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 7 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%	
		1	Kepadatan	2.36	2.22	
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1557.35	1441.13	1278.42	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.75	3.90	4.15	-
4	VIM (%)	5.27	10.46	14.82	17.43	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	24.85	28.51	30.70	Min 68
6	VFB (%)	73.87	57.94	48.04	43.26	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	420.18	375.60	309.20	Min 250

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Tabel 4.16 Komposisi campuran dengan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada perendaman 14 hari

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 14 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%	
		1	Kepadatan	2.36	2.16	
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1324.91	1355.90	1084.72	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.90	4.00	4.20	-
4	VIM (%)	5.27	12.88	15.59	18.47	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	26.89	29.16	31.58	Min 68
6	VFB (%)	73.87	52.10	46.55	41.52	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	340.20	339.34	258.50	Min 250

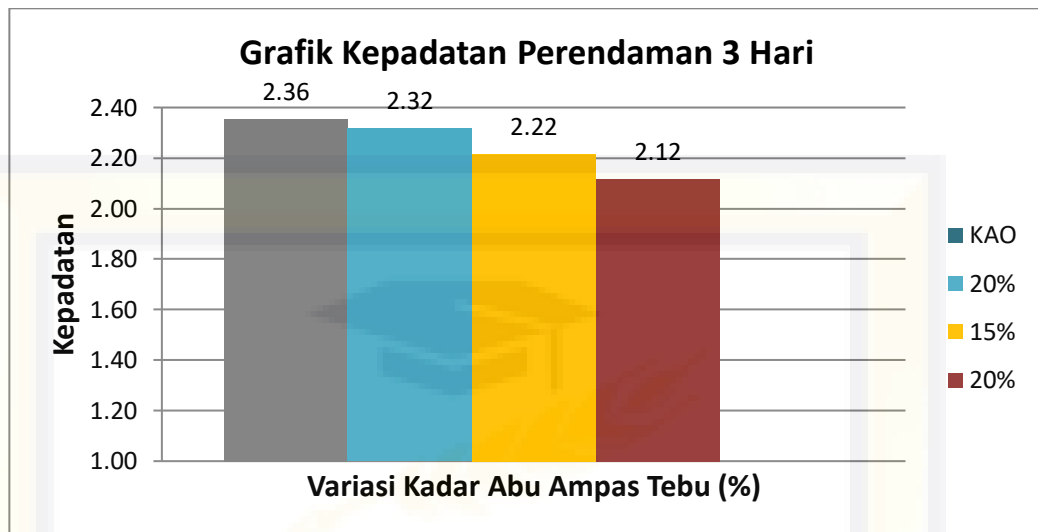
Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

4.4.4 Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus Pada Campuran Aspal Panas *HRS-WC* dengan perendaman 3 hari

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

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* dengan perendaman 3 hari, dapat dilihat pada gambar 4.3 untuk campuran aspal lapis aus *HRS-WC* pada kondisi kadar aspal optimun.

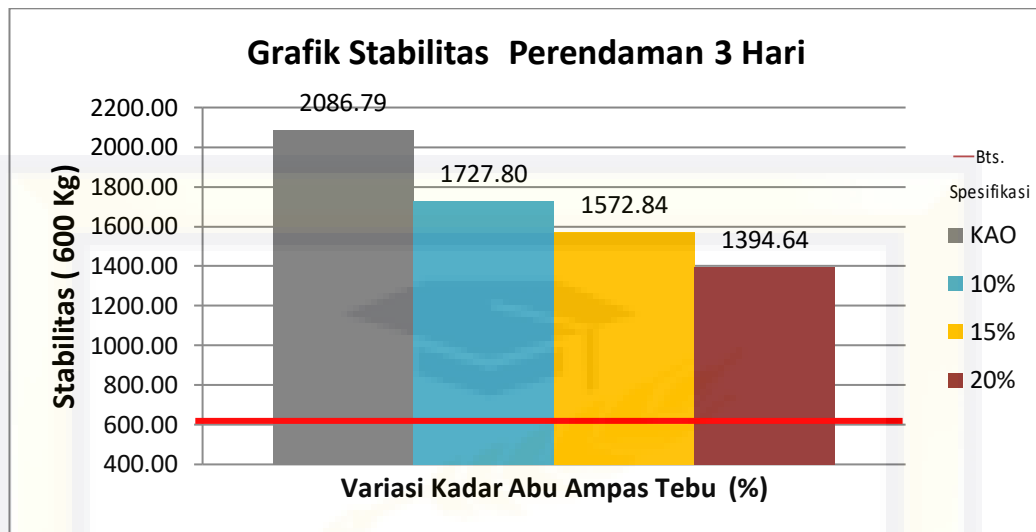


Gambar 4.3 Diagram hubungan variasi Perendaman 3 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam selama 3 hari tidak terlalu memengaruhi nilai kepadatan (*density*). Pada kadar Abu Ampas Tebu 10% nilai kepadatan 2.36, pada kadar Abu Ampas Tebu 15% nilai yang diperoleh 2.22, pada kadar Abu Ampas Tebu 20% nilai yang diperoleh 2.12. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.4.



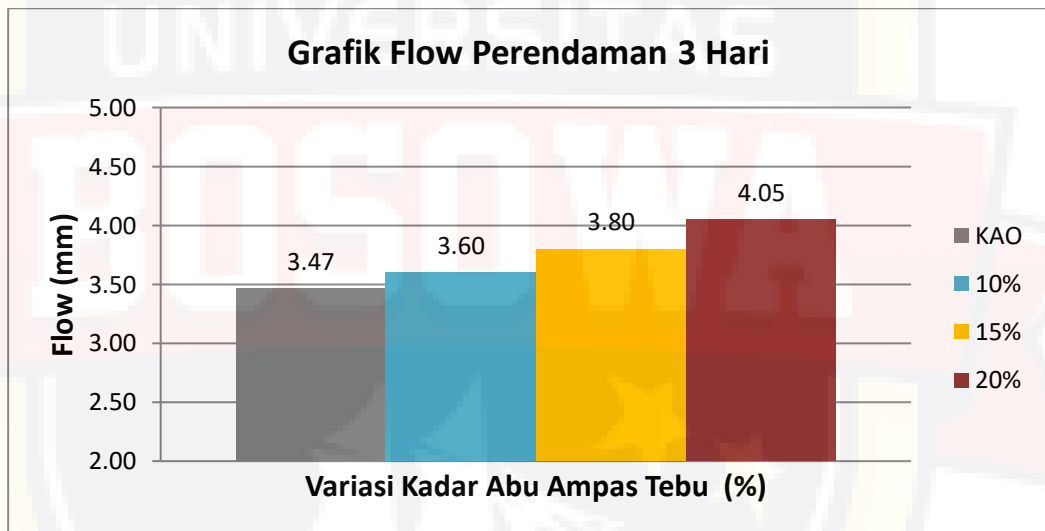
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam 3 hari cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya penambahan kadar Abu Ampas Tebu. Nilai stabilitas tanpa penambahan kadar Abu Ampas Tebu yaitu 2086,79 Kg, kemudian mengalami penurunan pada penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus nilai stabilitas yang diperoleh 1727.80 Kg, pada kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus nilainya 1572,84 Kg, pada kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus nilainya yaitu 1394,64 Kg. Namun masih berada dalam batas spesifikasi, hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat

halus yang di tambahkan kedalam campuran, maka akan mengurangi daya rekat aspal.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.5.



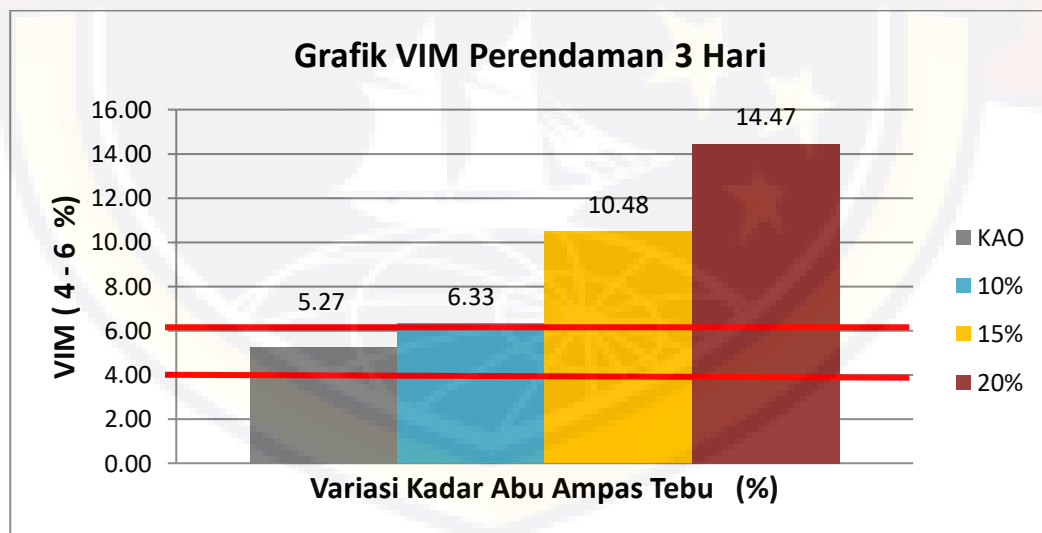
Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus direndam selama 3 hari mengalami peningkatan namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Terlihat pada kadar Penambahan Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut sebagai pengganti

agregat halus nilai flow yang diperoleh 3.60 mm, pada kadar Penambahan Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus nilainya 3.80 mm, pada kadar Penambahan Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus nilainya 4,05 mm. Pada perendaman, air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%–6.0%

Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6

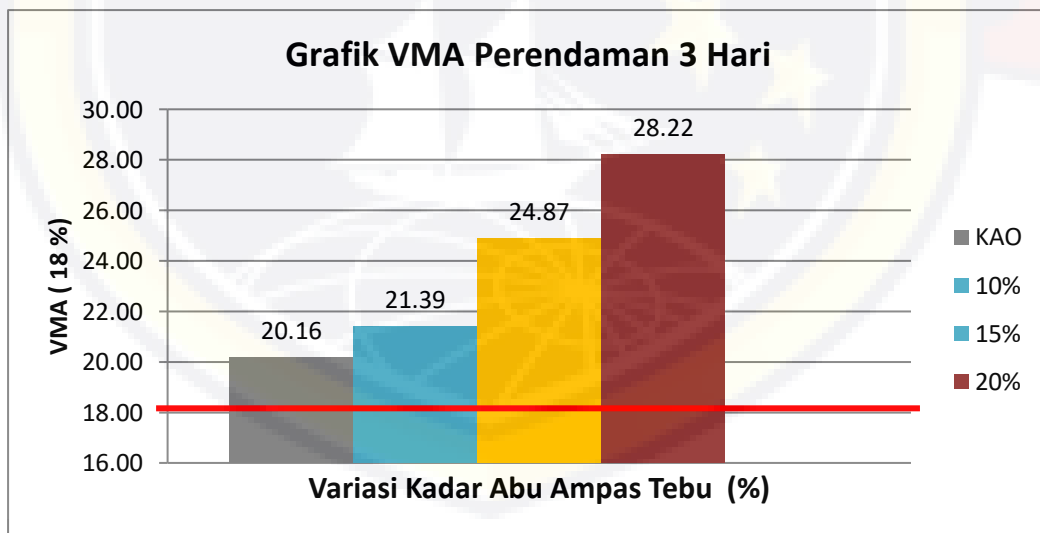


Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6 menunjukkan bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam selama 3 hari mengalami peningkatan yang signifikan dan tidak memenuhi batas spesifikasi nilai *VIM*. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut maka akan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran, maka rongga yang terbentuk semakin besar.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

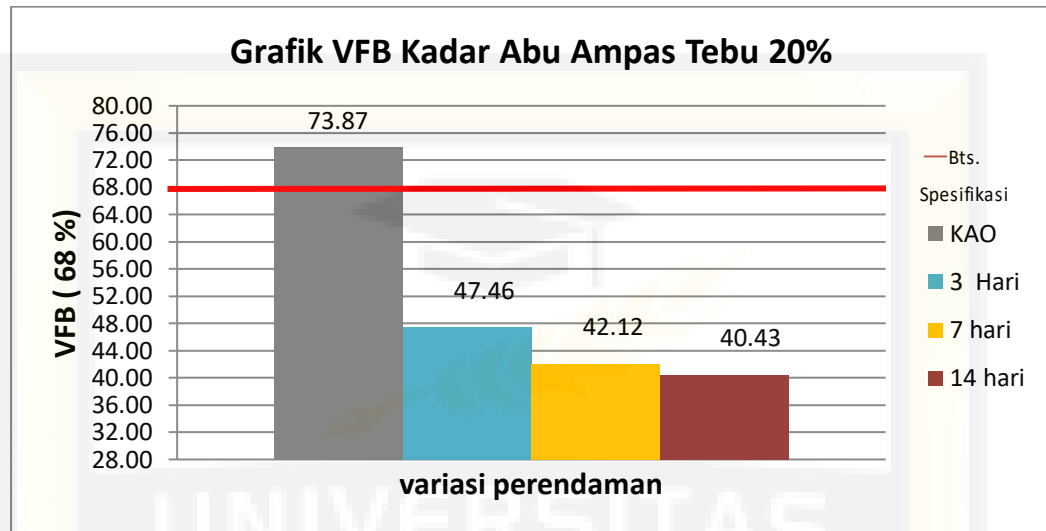
Grafik nilai *VMA* campuran *HRS-WC* untuk berbagai variasi kadar Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus di tambahkan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 5 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut kedalam campuran mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar penambahan abu ampas tebu. Nilai VMA tanpa penambahan kadar abu ampas tebu yaitu 20.16%, kemudian mengalami peningkatan pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 21.39%, pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 24.87%, dan pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 28.22%. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

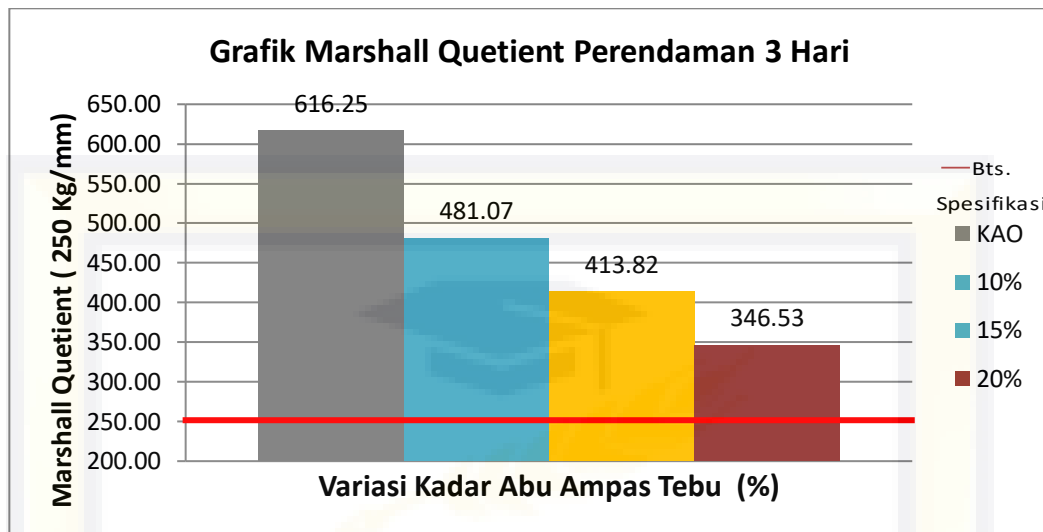


Gambar 4. 6 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa Penambahan kadar Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu campuran yang direndam selama 3 hari menyebabkan nilai VFB menurun seiring bertambahnya kadar pasir laut dan tidak memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. *Marshall Quetient*

Nilai MQ pada kadar aspal optimum yang direndam 3 hari dapat dilihat pada gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi perendaman 3 hari terhadap nilai *marshall quotient* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

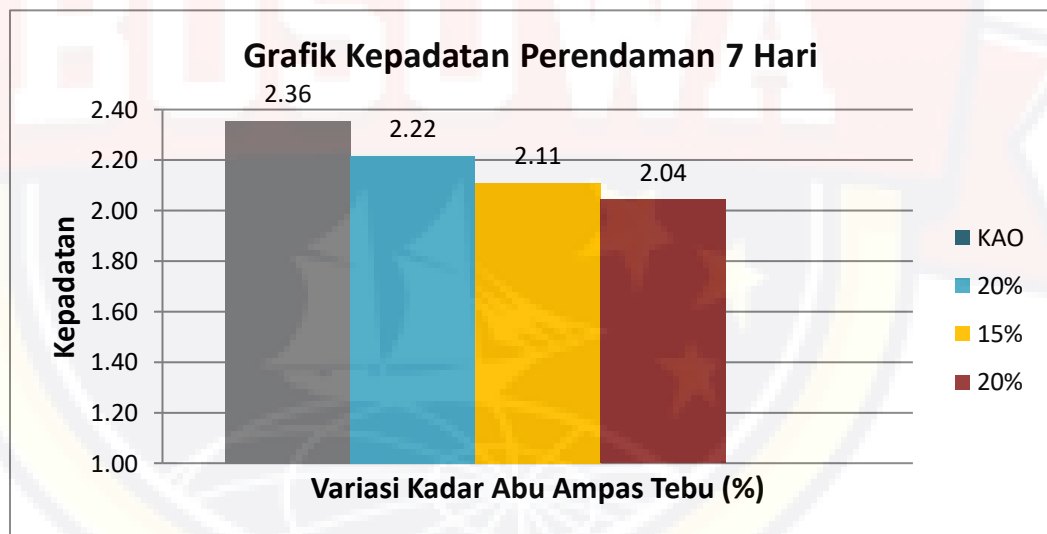
Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi Penambahan kadar Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilai Marshall Quotient juga menurun. Nilai MQ tanpa penambahan Penambahan kadar Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilainya 616,25 Kg/mm, kemudian mengalami penurunan pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 481,07 Kg/mm, pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilainya 413,82 Kg/mm, dan Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilainya adalah 346,53 Kg/mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak Penambahan kadar Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu kohesi atau daya tarik dalam aspal menurun, selain itu juga kemungkinan adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.4.5 Perhitungan Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Filler Dan Pasir Laut Pada Campuran Beton Aspal Panas HRS-WC Dengan Perendaman 7 Hari

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

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus *HRS-WC* dengan perendaman 7 hari, dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus HRS-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



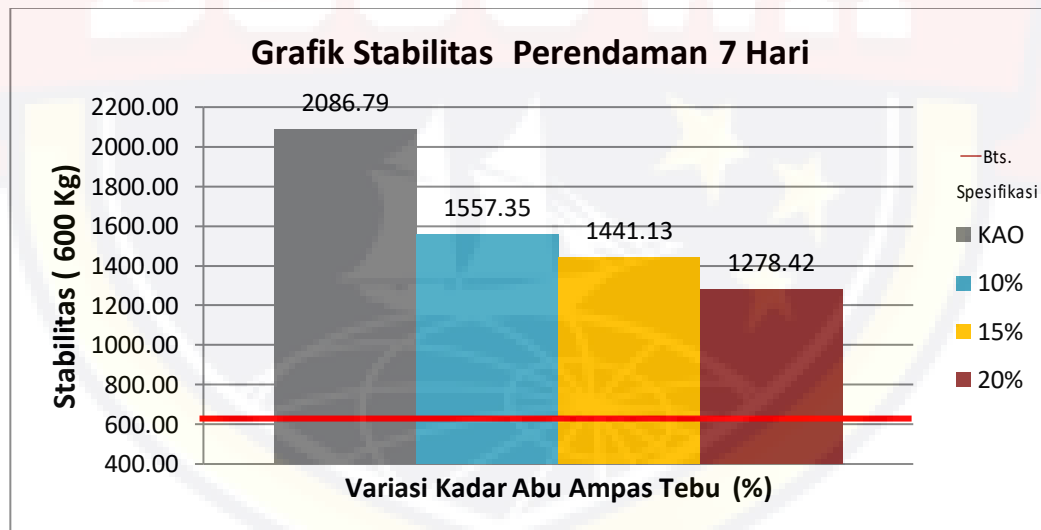
Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi Perendaman 7 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa Penambahan kadar Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu kedalam

campuran yang direndam selama 7 hari nilai kepadatan (*density*). Pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilai kepadatan yang diperoleh 2.22, pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilai kepadatannya adalah 2.11, dan pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilai kepadatannya 2,04. Hal ini disebabkan belum dilakukanya pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.11

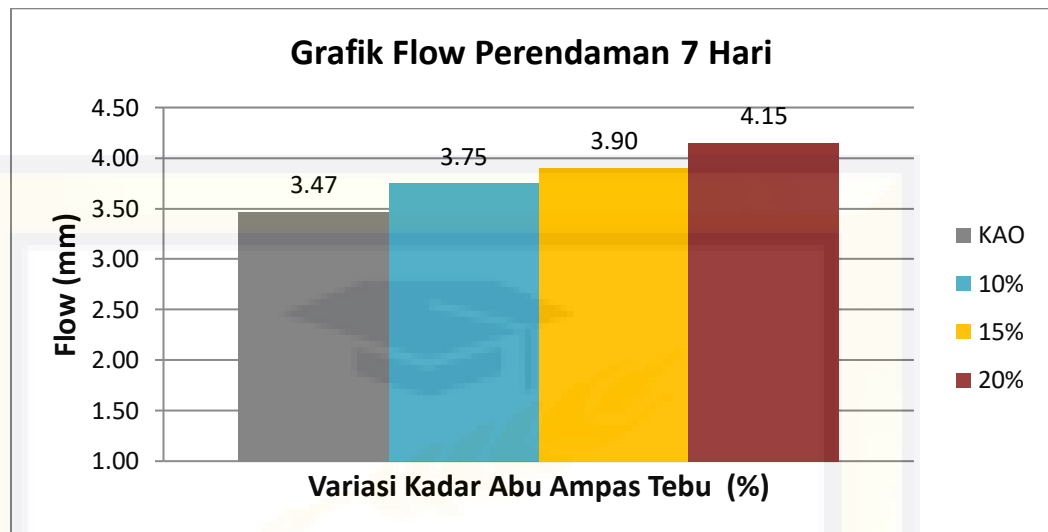


Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.11 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan Penambahan kadar Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu kedalam campuran yang direndam 7 hari cenderung mengalami penurunan. Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu kadar aspal di peroleh nilai stabilitas 1557,35 Kg, pada Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 1441.13 Kg, dan Penambahan kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu nilainya 1278.42 Kg. Namun masih berada dalam batas spesifikasi. Hal ini disebabkan karena semakin banyak Penambahan kadar Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu yang di tambahkan kedalam campuran maka akan mengurangi daya rekat pada aspal.

c. Pelelehan Flow (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.

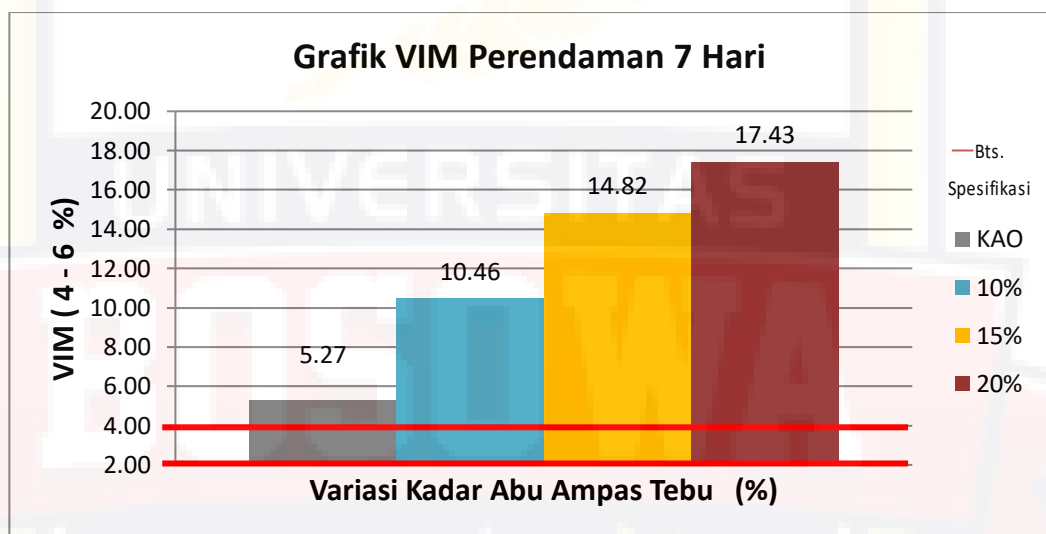


Gambar 4.10 Diagram hubungan Variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 menunjukkan kedalam campuran yang direndam 7 hari mengalami kenaikan seiring bertambahnya Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus. Nilai *flow* tanpa penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 3.47 mm. kemudian mengalami peningkatan pada penambahan Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 3.75 mm, pada kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus adalah 3.90 mm, dan pada penambahan Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus adalah 4,15 mm. Hal ini disebabkan karna lamanya waktu perendaman, air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini akan mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

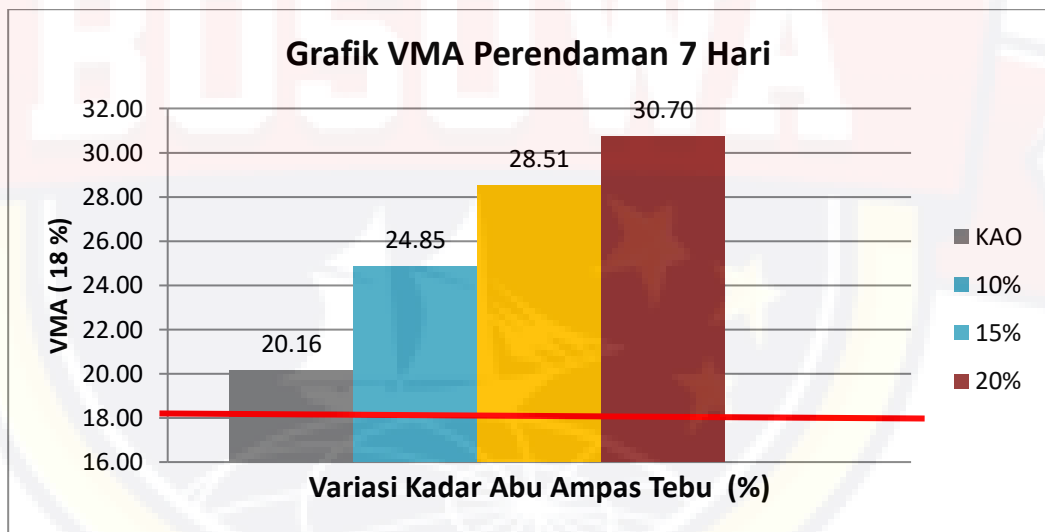
Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam selama 7 hari menyebabkan nilai *VIM* mengalami kenaikan dan mengalami peningkatan yang signifikan dan tidak memenuhi batas spesifikasi nilai *VIM*. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut maka akan

menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran , maka rongga yang terbentuk semakin besar.

e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

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 HRS-WC untuk berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4. 11 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami kenaikan namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Pada penambahan Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat

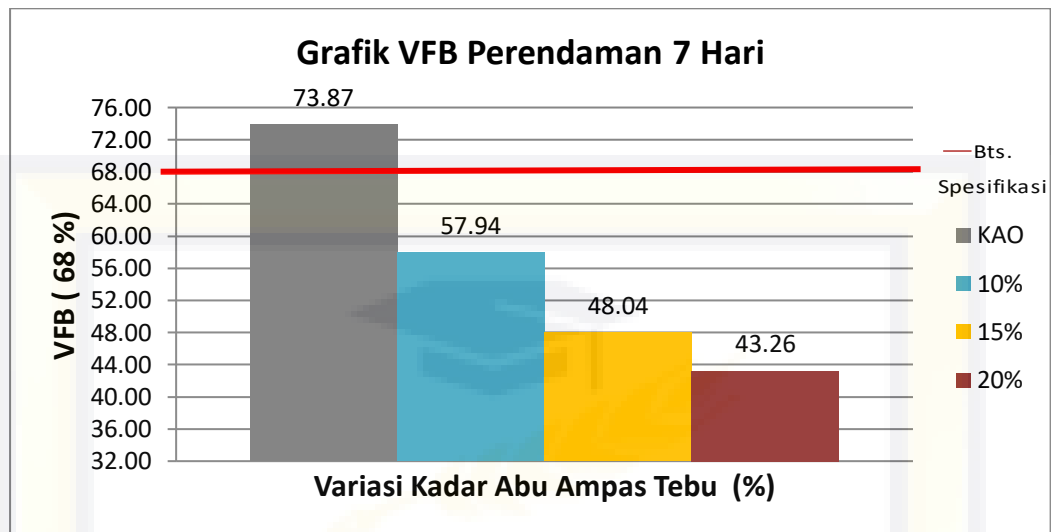
halus dari kadar aspal nilai yang diperoleh 24,85%, pada penambahan Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai *VMA* 28.51%, dan pada penambahan penambahan Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai *VMA* 30.70%. Hal ini disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat mening

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 68 (%)

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal.

Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kekendapan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi.

Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.

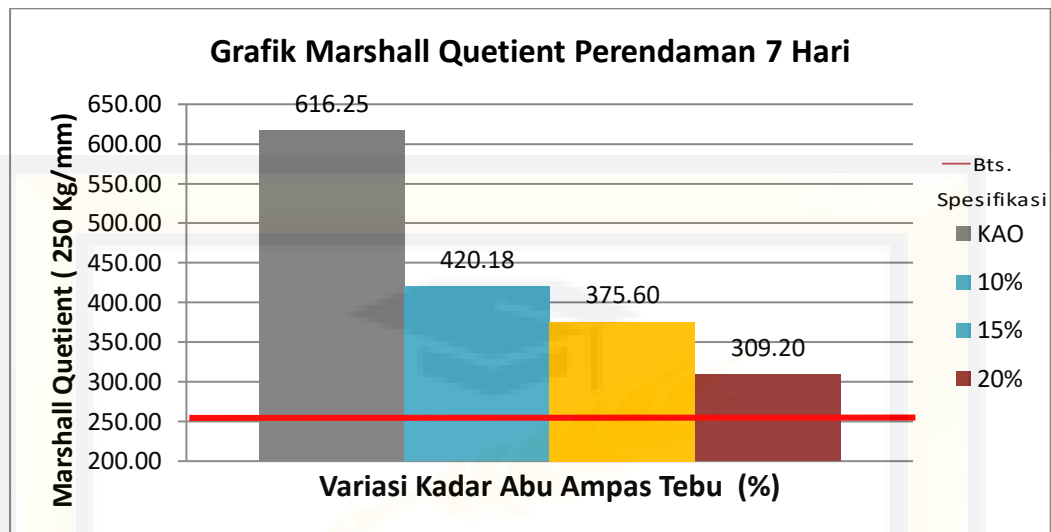


Gambar 4. 12 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus ke dalam campuran yang direndam selama 7 hari menyebabkan nilai VFB menurun seiring bertambahnya Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus dan tidak memenuhi syarat spesifikasi Nilai VFB. Hal ini disebabkan karena penambahan pasir laut yang memiliki sifat yang keras.

g. Marshall Questient (MQ) Minimum 250 kg/mm

Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.13 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

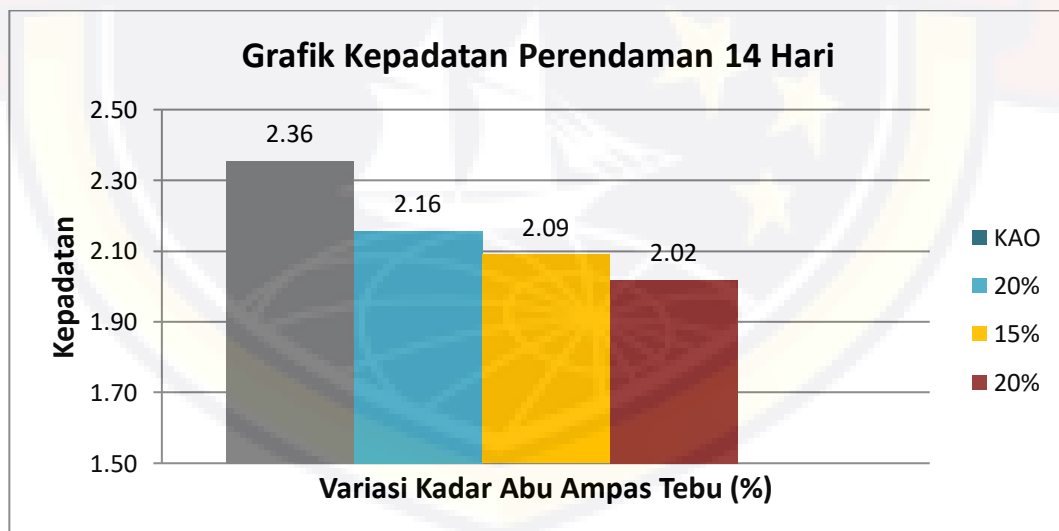
Gambar diatas menunjukkan penurunan nilai *Marshall Quotient* pada campuran aspal, dikarenakan nilai MQ sebanding dengan nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas pada campuran aspal juga menurun dengan semakin lama terendam dalam air. Penurunan nilai MQ ini mengindikasikan kemampuan campuran aspal dalam merespon beban yang diberikan menurun. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama perendaman. Namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

4.4.6 Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu sebagai filler dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus Pada Campuran Aspal Panas HRS-WC dengan Perendaman 14 Hari

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 HRS-WC dengan perendaman 14 hari, dapat dilihat pada gambar 4.17 untuk campuran beton aspal lapis aus HRS-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

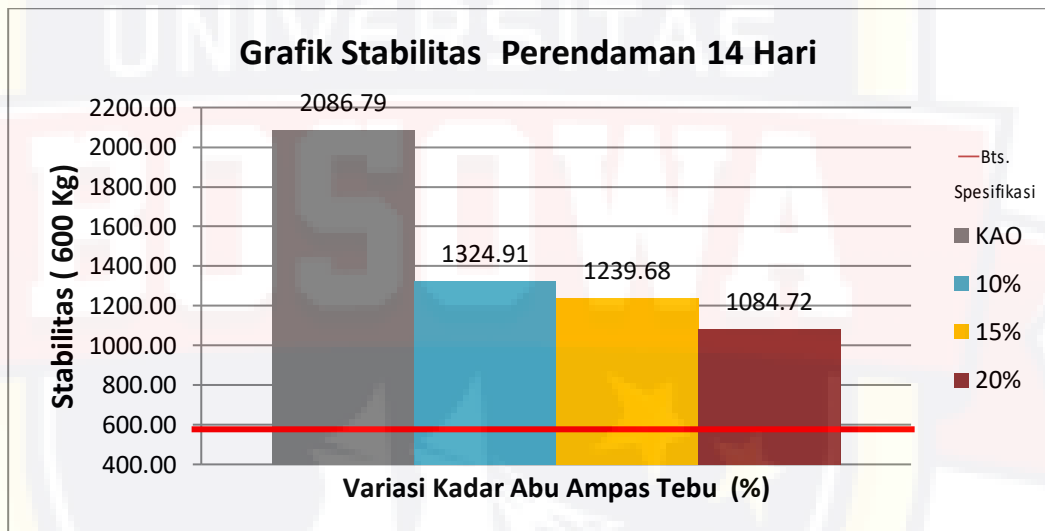


Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi Perendaman 14 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.17 dapat dilihat bahwa variasi penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam selama 14 hari tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). Hal ini disebabkan karena campuran belum mengalami pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 600 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi pasir laut pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.18.



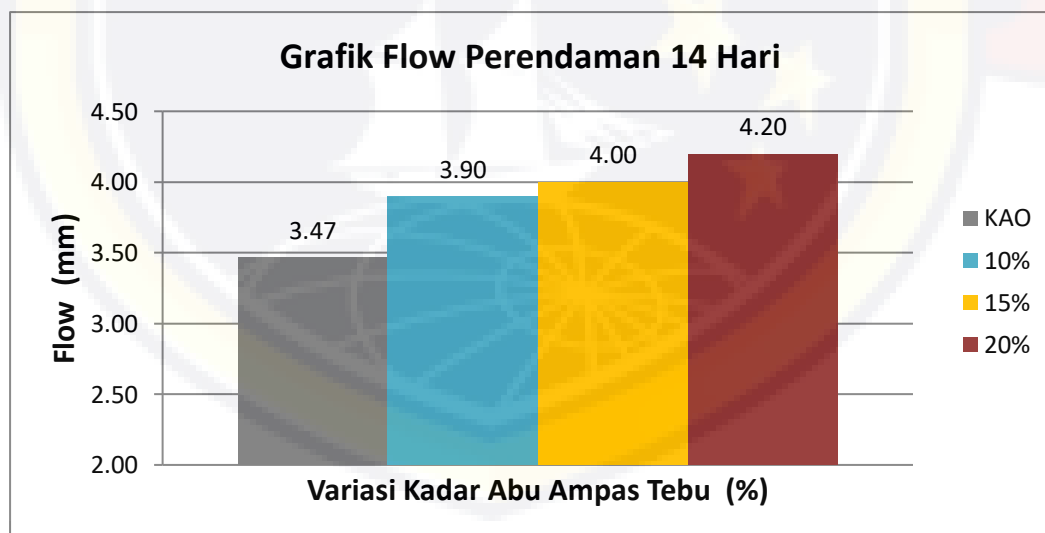
Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 diatas menunjukkan bahwa stabilitas campuran yang menggunakan variasi penambahan Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus kedalam campuran cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas yang didapatkan tanpa penambahan variasi penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat

halus yaitu 2086.79 Kg, kemudian mengalami penurunan pada penambahan variasi penambahan Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus yaitu 1324,91 Kg, pada variasi penambahan Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai stabilitas yang di peroleh 1239,68 Kg, dan pada kadar variasi penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus nilai stabilitasnya 1084,72 Kg. Hal ini disebabkan karena semakin banyak variasi penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus yang di tambahkan kedalam campuran, sehingga daya rekat aspal menurun. Namun masih berada dalam batas spesifikasi.

c. Pelelehan (*Flow*)

Grafik nilai *Flow* campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.19



Gambar 4.16 Diagram hubungan Variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

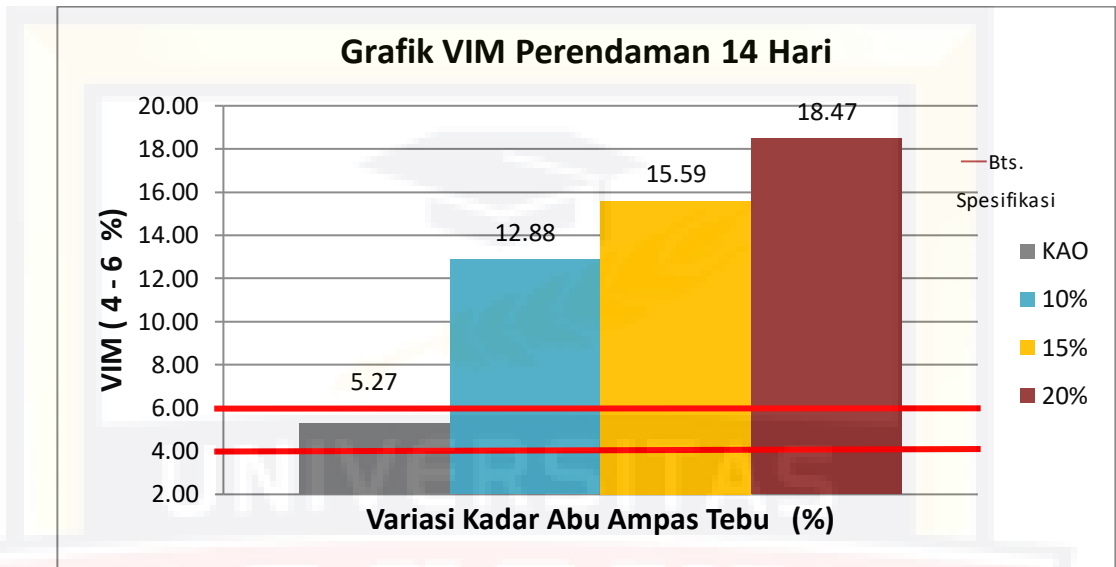
Dari gambar 4.19 menunjukkan bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus ke dalam campuran yang direndam 14 hari menyebabkan nilai *Flow* meningkat seiring bertambahnya kadar abu ampas tebu. Pada penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai flow 3,90 mm, pada penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai flow 4 mm, pada variasi penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus nilai flow yang diperoleh 4,20 mm. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4.0%– 6.0%

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran *HRS-WC* untuk berbagai

variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20



Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus kedalam campuran yang direndam selama 14 hari menyebabkan nilai *VIM* mengalami kenaikan dan mengalami peningkatan yang signifikan dan tidak memenuhi batas spesifikasi nilai *VIM*. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut maka akan menghalangi aspal untuk mengisi rongga dalam campuran, maka rongga yang terbentuk semakin besar.

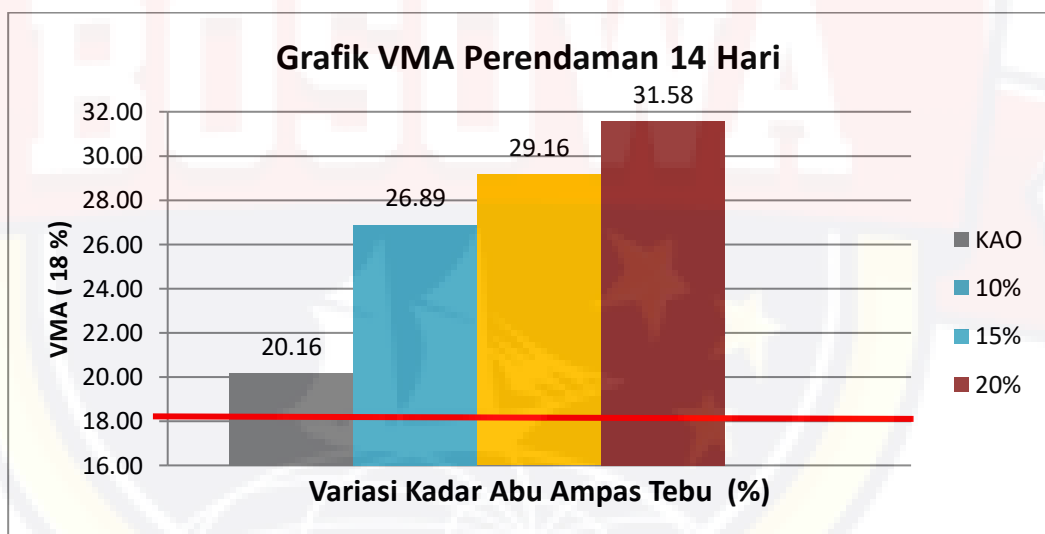
e. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 18%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya 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 *HRS-WC* untuk variasi pasir laut pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21



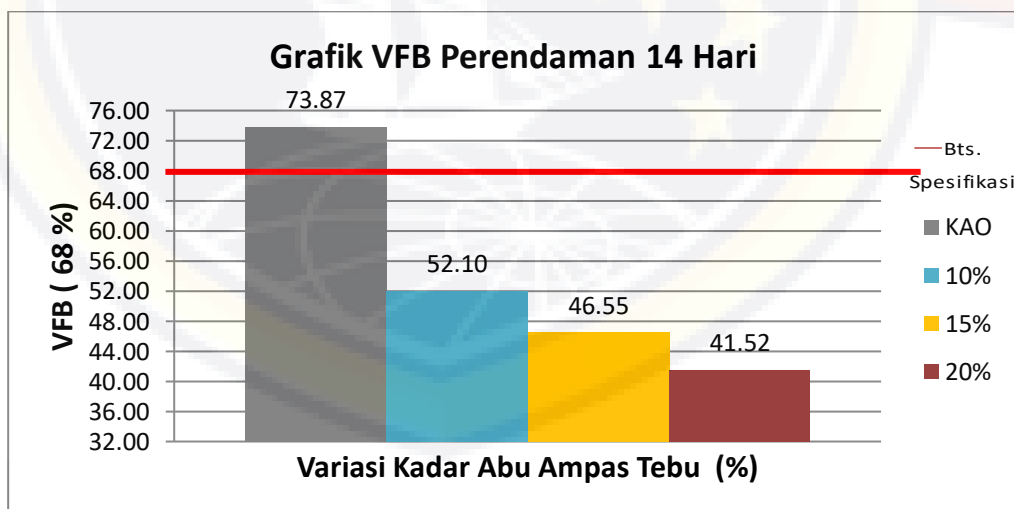
Gambar 4.18 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap *VMA* pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.21 terlihat bahwa nilai *VMA* meningkat namun tidak terlalu menunjukkan perubahan yang signifikan. Penambahan variasi Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus dari kadar aspal nilai *VMA* yang diperoleh yaitu 26,89%, pada penambahan variasi Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus nilai *VMA* 29.16%,

dan pada penambahan variasi Abu Ampas Tebu dan pasir laut pengganti agregat halus nilai VMA yaitu 31,58%. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 68 (%)

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

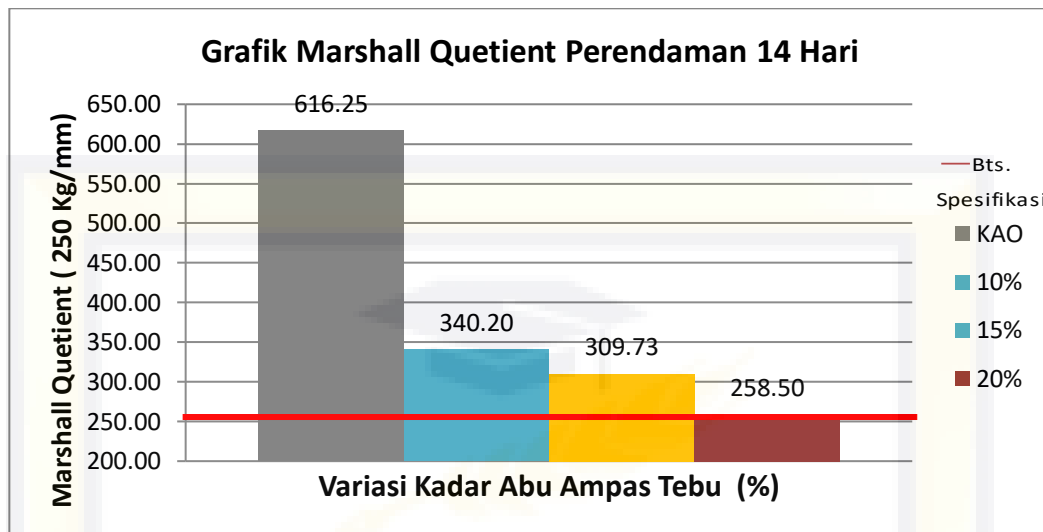


Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari mengalami penurunan. menyebabkan nilai VFB menurun seiring bertambahnya kadar pasir laut dan tidak memenuhi syarat spesifikasi. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. Marshall Questient (MQ) Minimum 250 kg/mm

Marshall Questient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai MQ juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa penambahan variasi Abu Ampas Tebu sebagai *filler* dan pasir laut pengganti agregat halus mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* mengalami penurunan. Pada penambahan kadar Abu Ampas Tebu 10% dan pasir laut pengganti agregat halus dari kadar aspal diperoleh nilai *MQ* 340,20 Kg/mm, pada penambahan kadar Abu Ampas Tebu 15% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai *MQ* 309,73 Kg/mm, dan penambahan kadar Abu Ampas Tebu 20% dan pasir laut pengganti agregat halus nilai *MQ* 258,50 Kg/mm. Hal ini disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.5 Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu dua kali (2x) 50 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda

uji rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

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

Tabel 4.17 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal HRS– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	2153.94	2086.79	96.88	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.16 menunjukkan menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran HRS-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24 jam mengalami penurunan terhadap nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data campuran aspal HRS-WC, abu ampas tebu sebagai *filler* yang digunakan adalah 10%,15% dan 20%. Yang memenuhi spesifikasi binamarga 2018 adalah 10%, Dan dalam penelitian ini terjadi penurunan stabilitas. Dimana semakin banyak abu ampas tebu yang digunakan dan semakin lama perendaman maka nilai spesifikasi tidak memenuhi syarat.
2. *filler* abu ampas tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus pada aspal beton berpengaruh terhadap kekuatan benda uji yang telah di uji dengan Marshall Test, bisa dilihat nilai terbaik pada stabilitas dan flow pada perendaman 3 hari yaitu pada nilai stabilitasnya 1727.80 Kg, sedangkan untuk nilai flownya 3.60 mm.

5.2. Saran

Saran-saran untuk perbaikan dan pengembangan lebih lanjut untuk penelitian ini yaitu :

- a. Penelitian yang sedang berlangsung peneliti harus memerlukan ketelitian yang cermat dan fokus pada saat penimbangan agregat, mengontrol suhu aspal dan agregat yang sedang masa pemanasan, serta pencampuran dan pemadatan benda uji tersebut, sehingga memperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat pada saat pengolahan data tanpa mengalami masalah.
- b. Perlu studi lebih lanjut atau mendetail untuk mengetahui lebih jauh karakteristik dari abu ampas tebu dan pasir laut.
- c. untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan bahan tambah yang dapat lebih untuk meningkatkan kualitas kepadatan, stabilitas, *flow*, *VIM* dan *VFB* pada aspal yang menggunakan variasi perendaman.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2014. *Bahan Kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya*. Makassar, Universitas 45 Makassar .
- Darmawan imam, Soediro Roeswan dan Purwanto Djoko, 2003, *Pengaruh penggunaan serbuk genteng sebagai filler terhadap kinerja campuran HRS-WC*, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Direktorat Jendral Bina Marga.2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal*,Kementrian Umum dan Pekerjaan Rumah. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga.2018. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*. Kementrian Pekerjaan Umum Dan Pekerjaan Rumah.Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, “*Spesifikasi Teknis Untuk Perkerasan*”
- Hendra, 2012, Pengaruh Penambahan Filler Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal
- Nugroho, 2003, Pengaruh penambahan serabut kelapa terhadap karakteristik Marshall pada campuran HRS-B (Hot Rolled Sheet), Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Terhadapat Sifat Marshall, Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknologi Medan, Volume Nomor 1, Desember 2012
- Sukirman, Silvia, “ *Beton Aspal Campuran Panas* ” Granit, Jakarta, 2003.
- Spesifikasi Umum Bina Marga. 2018. *Divisi 6 Perkerasan Aspal*.
- Sukirman, Silvia, “ *Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan* ”Nova Bandung, 1994
- Sukirman, Silvia, “ *Perkerasan Lentur Jalan Raya* ” Nova, Bandung, 1999.
- Yuniarto, E, 2005, Penggunaan abu gambut sebagai filler pada campuran lapis aspal beton dengan pengujian marshall, Media Teknik Sipil / Juli 2006 / 67, Fakultas Teknik, Universitas Riau.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2445,20	2457,80	2448,00
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	2,63	2,62
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	2,78	2,78
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,26	2,03	2,15

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

SNI 03-1969-1990

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Anto

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, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

SNI 03-1969-1990

Material : Abu Batu

Nama : Anto

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	488,60	488,00
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	1011,60	1010,70

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,73	2,78	2,75
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,80	2,84	2,82
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,94	2,97	2,95
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2,61	2,35	2,48

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

SNI 03-2442-1991

Material : Aspal

Nama : Anto

Sumber : Pabrikasi

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.



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

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Anto

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	2479,2	2477,4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	0.84	0.92
4	Hasil Rata - rata	0.88	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



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

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500,40	2500,60
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2475.40	2475.90
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	1.00	0.99
4	Hasil Rata - rata	.1.00	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



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

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR

SNI ASTM C117:2012

Material : Abu Batu

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 27 Agustus 2021

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500,30	1500,10
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1360.00	1363.40
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	9.35	9.11
4	Hasil Rata - rata	9.23	

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

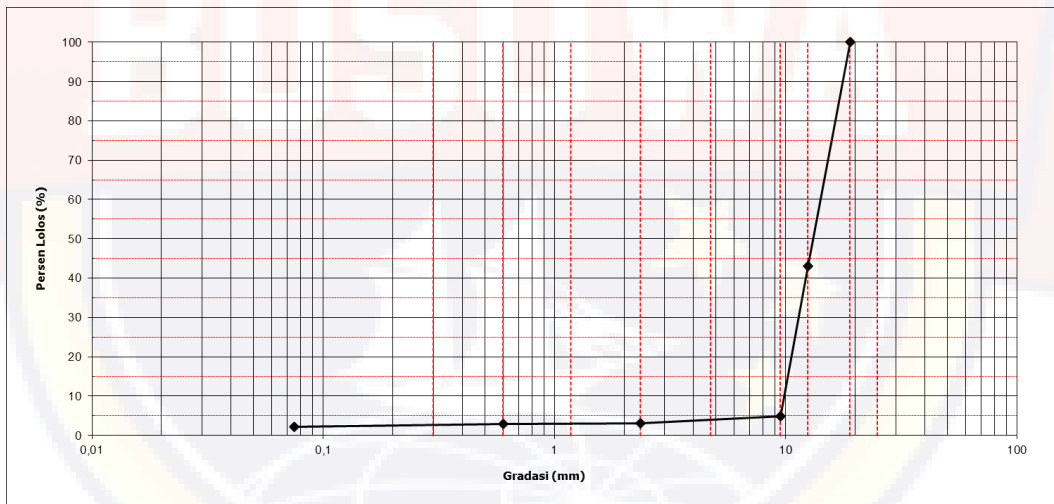
Material : Batu Pecah 1 - 2

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 25 Agustus 2021

Saringan No	Total :	2500,10		Total :	2500,30		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"	1432,10	57,28	42,72	1261,80	50,47	49,53	46,13
3/8"	2395,50	95,82	4,18	2375,90	95,02	4,98	4,58
No. 8	2426,50	97,06	2,94	2433,70	97,34	2,66	2,80
No. 30	2428,70	97,14	2,86	2443,10	97,71	2,29	2,57
No. 200	2443,00	97,72	2,28	2453,20	98,12	1,88	2,08



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

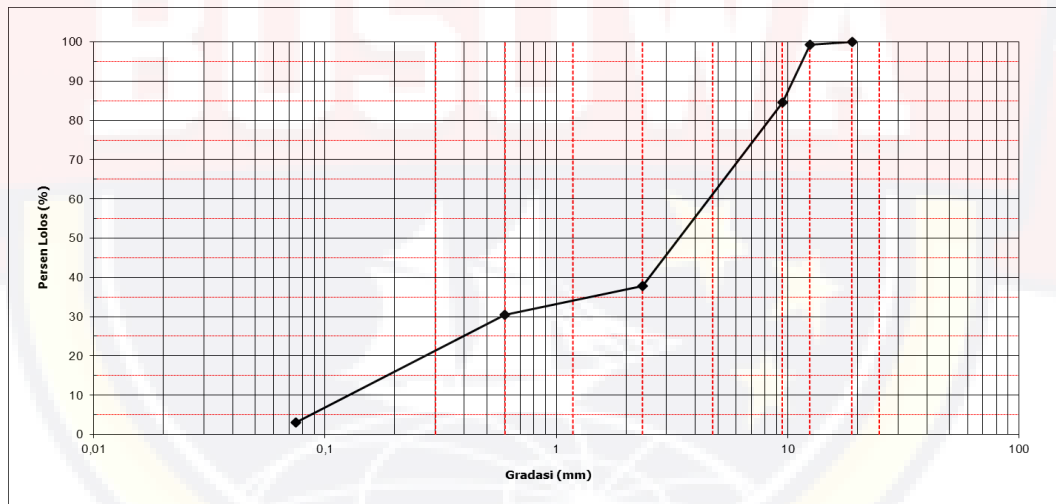
Material : Batu Pecah 0,5 - 1

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total :	2500,00		Total :	2500,10		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"	6,10	0,24	99,76	8,40	0,34	99,66	99,71
3/8"	393,40	15,74	84,26	364,60	14,58	85,42	84,84
No. 8	1569,70	62,79	37,21	1561,70	62,47	37,53	37,37
No. 30	1724,90	69,00	31,00	1714,20	68,57	31,43	31,22
No. 200	2393,90	95,76	4,24	2373,80	94,95	5,05	4,65



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

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

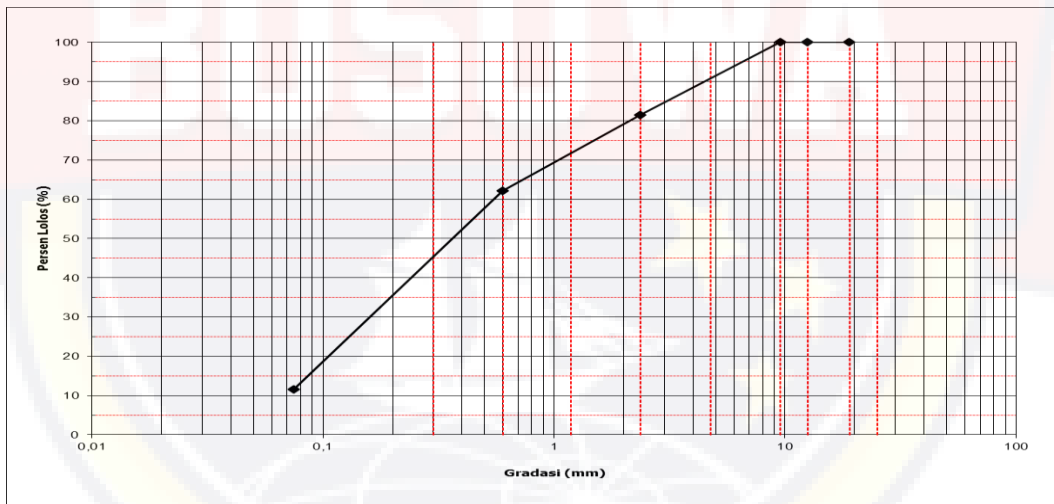
Material : Abu Batu

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total : 2500,20			Total : 2500,0			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. 8	1,10	0,04	99,96	37,50	1,50	98,50	99,23
No. 30	1036,60	41,46	58,54	1006,60	40,26	59,74	59,14
No. 200	2266,40	90,65	9,35	2214,10	88,56	11,44	10,39



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



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

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

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

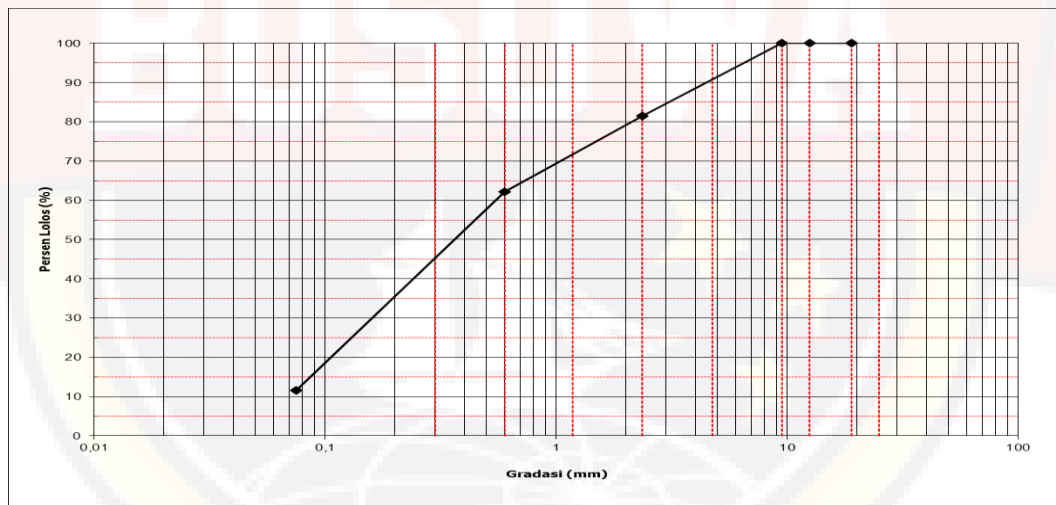
Material : Pasir Laut

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total : 2500,00			Total : 2500,00			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"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00
No. 8	0,40	0,02	99,98	0,50	0,02	99,98	99,98
No. 30	708,30	28,33	71,67	849,10	33,96	66,04	68,85
No. 200	2346,40	93,86	6,14	2327,00	93,08	6,92	6,53



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



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

ANALISA SARINGAN FILLER

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

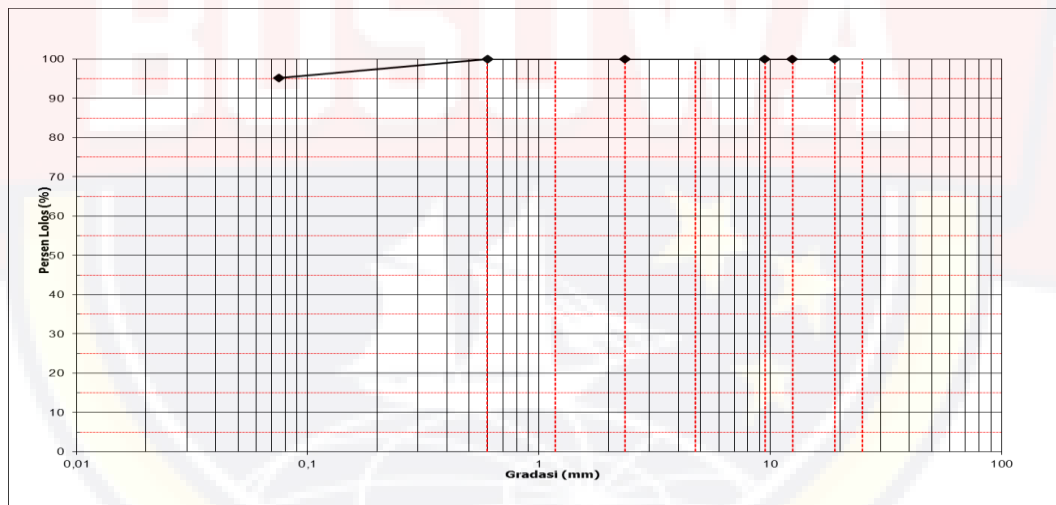
Material : Semen

Nama : Anto

Sumber : Bili-Bili

Tanggal : 26 Agustus 2021

Saringan No	Total :	2000,0		Total :	2000		Rata - rata % Lolos
	Sampel	1		Sampel	2		
	Kumulatif	%	%	Kumulatif	%	%	
3/4"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
1/2"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
3/8"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 8	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 30	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 200	96,5	4,83	95,18	97,2	4,86	95,14	95,16



Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT

(COMBINE)

Material : BP 1-2, BP 0,5-1, Pasir Laut, Filler

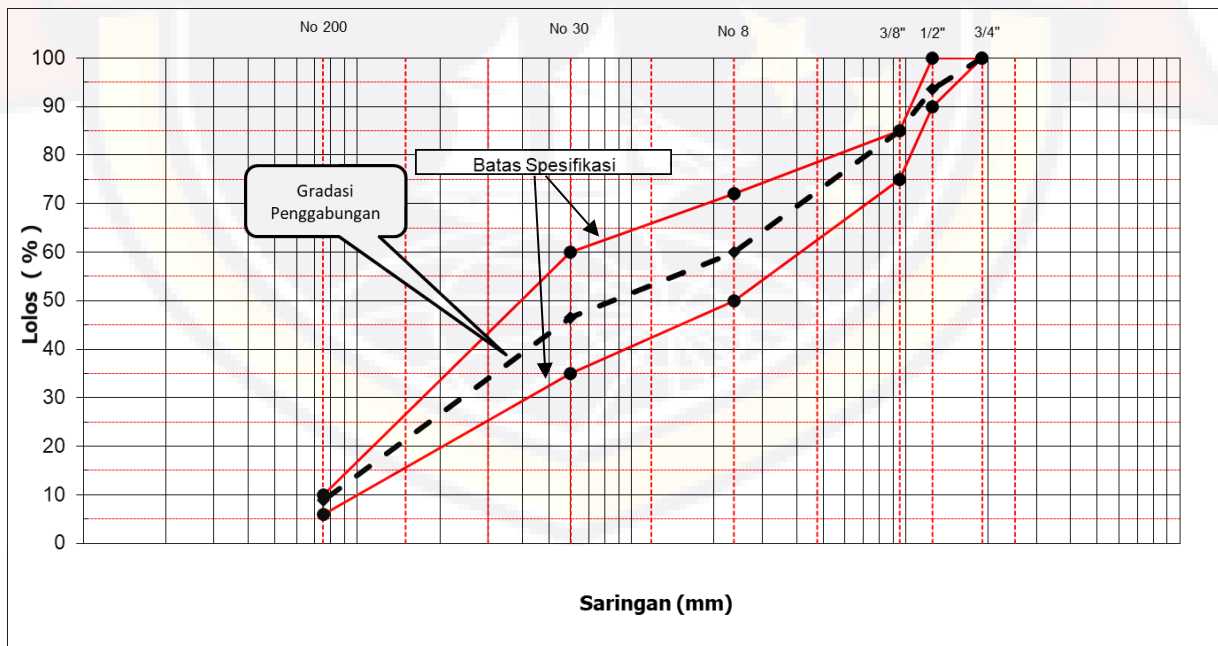
Nama : Anto

Sumber : Laboratorium Aspal & Bahan Jalan

Tanggal : 26 Agustus 2021

No Saringan	Gradasi Agregat (Rata-rata)				Gradasi Penggabungan Agregat Combine (AC- WC)						Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI		
3/4"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00						100	0,41
1/2"	46,13	99,71	100,00	100,00	94,50						90-100	0,41
3/8"	4,58	84,84	100,00	100,00	84,70						75-85	0,41
# 8	2,80	37,37	99,98	100,00	66,47						50-72	0,82
# 30	2,57	31,22	68,85	100,00	48,24						35-60	2,87
# 200	2,08	4,65	6,53	95,00	6,25						6-10	32,77

a. Batu Pecah 1 - 2	10									
b. Batu Pecah 0,5 - 1	38									
c. Abu Batu	51									
d. Filler	1									
	100									
Total Luas Permukaan Agregat (M2 / KG)	4,33									





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

$$\begin{aligned}P_b &= 0.035 \times CA + 0.045 \times FA + 0.18 \times FF + k \\ &= 0.035 \times 33.9 + 0.045 \times 57,87 + 0,18 \times 8,22 + 2 \\ &= 7,27 \\ &= 7 \%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST.



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Kadar Aspal = 7.5 %										100 % - 7.5 % = 92.5	
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	92.5	%	=	0.09	x	1200	=	111.00
BP 0,5 -	38	%	x	92.5	%	=	0.35	x	1200	=	421.80
Abu Bat	51	%	x	92.5	%	=	0.47	x	1200	=	566.10
Filler	1	%	x	92.5	%	=	0.01	x	1200	=	11.10
Aspal	7.5	%				X			1200	=	90.00
										1200	

Kadar Aspal = 8 %										100 % - 8 % = 92	
Hasil Combine											
BP 1-2	10	%	x	92	%	=	0.09	x	1200	=	110.40
BP 0,5 -	38	%	x	92	%	=	0.35	x	1200	=	419.52
Abu Bat	51	%	x	92	%	=	0.47	x	1200	=	563.04
Filler	1	%	x	92	%	=	0.01	x	1200	=	11.04
Aspal	8	%				X			1200	=	96.00
										1200	

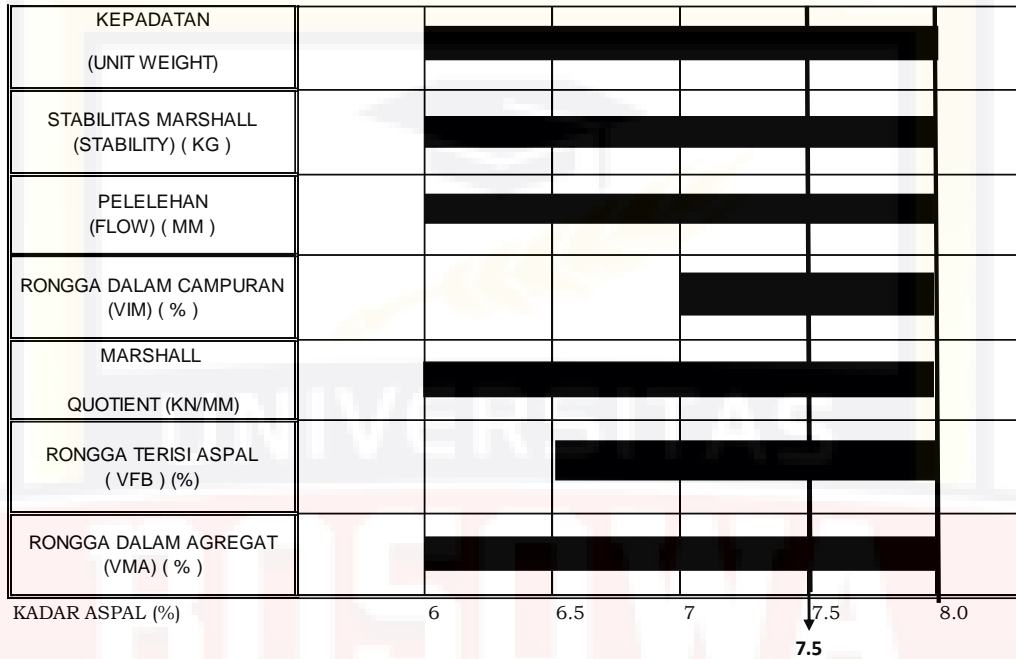
Diperiksa Oleh

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.



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

Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{7 + 8}{2}$$

$$= 7.5$$

$$\text{KAO} = 7.5 \%$$

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui
Kepala Laboratorium

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

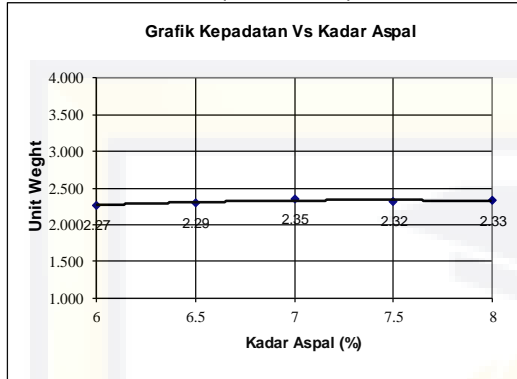
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

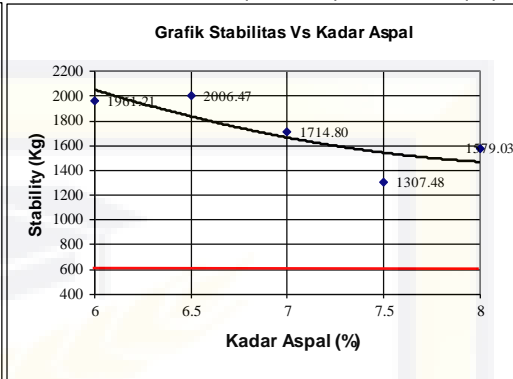
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran HRS - WC

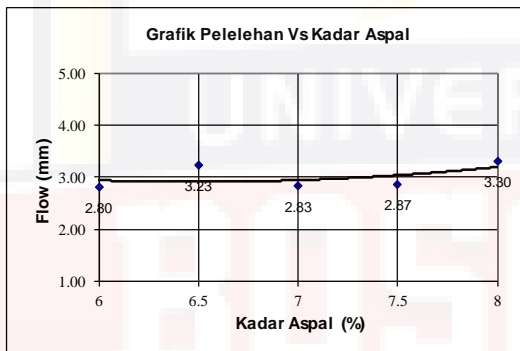
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



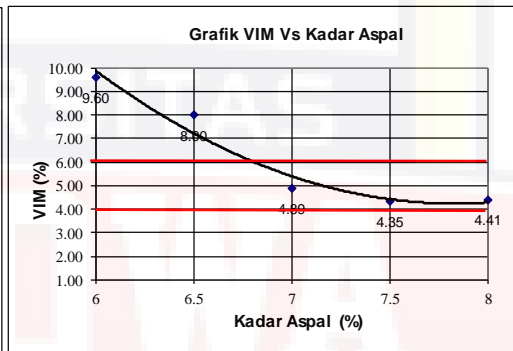
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)



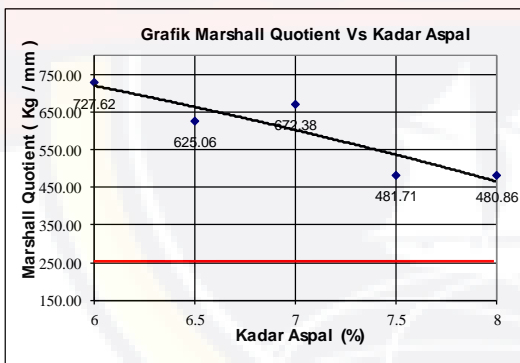
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 3 (MM)



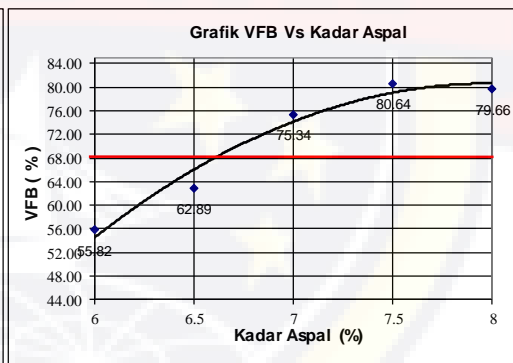
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



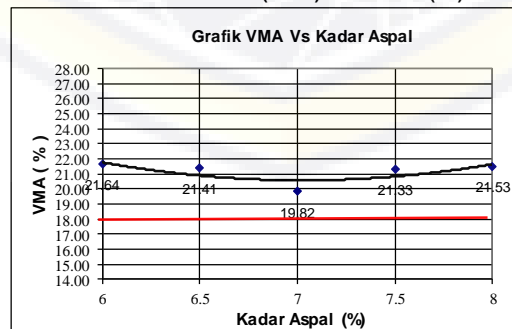
MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)



RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 15 (%)





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

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

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.62	2.78
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.66	2.84
c	abu batu	2.75	2.95
d	Filler	3.17	3.17

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				%		Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)		
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)									
	a	b	c	d	A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
					$A - (P/100) \times (100 - A)$	% terhadap total Campuran			100 100-A A C T				G - F	E H	100 (D - I) D		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka Korelasi	$\frac{L}{M}$	Combined	T(100-A) B 100.T D	$\frac{1000(A - P)}{TO(100 - A)}$	$\frac{I}{J} \times (100 - A)$	(R - J) R			
I	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1175.50	677.20	1176.70	499.50	2.35	5.34	124.00	1921.50	3.80	505.66	4.83	1.14	14.15	20.22	73.59		
II	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1169.70	667.20	1170.70	503.50	2.32	6.56	151.00	2339.90	3.50	668.54	4.83	1.14	14.15	21.25	69.14		
III	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1178.40	675.20	1179.50	504.30	2.34	6.01	142.00	2200.43	2.90	758.77	4.83	1.14	14.15	20.79	71.09		
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°									2.49																	
I	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1172.40	675.20	1175.60	500.40	2.34	5.76	100.00	1549.60	3.90	397.33	4.83	1.14	14.15	20.58	72.01		
II	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1189.00	690.20	1193.80	503.60	2.36	5.03	141.00	2184.94	3.30	662.10	4.83	1.14	14.15	19.96	74.79		
III	10	38	51	1	6.44	7.5	2.73	2.82	2.49	1184.10	686.40	1187.80	501.40	2.36	5.01	163.00	2525.85	3.20	789.33	4.83	1.14	14.15	19.94	74.88		
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2.49																	
SPESIFIKASI															Min 4-6		Min 600		Min 250				Min 18	68		



A. Kadar aspal efektif

Rumus:

$$\text{kadar Aspal Efektif} = \frac{A - \frac{P}{100} \times 100}{A}$$

Dimana :

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

Kadar Aspal 7,5 %

$$7,5 - \frac{0,97}{100} \times 100 - 7,5 = 6,60$$

B. BJ Max Campuran

Rumus :

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

Dimana :

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

Kadar Aspal 7,5%

$$\text{Max Sg Combined Mix} = \frac{100}{\frac{100 - 7,5}{2,81} + \frac{7,5}{1,005}} = 2,48$$

C. Volume Benda Uji

Rumus :

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

Dimana : G : SSD



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

F : Berat Dalam Air

Kadar Aspal 7.5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1197,60 - 687,60 = 510,00$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1200,60 - 690,30 = 510,30$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1198,50 - 665,70 = 532,80$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1203,20 - 669,40 = 533,80$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1196,10 - 685,20 = 510,90$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1194,40 - 678,60 = 515,80$$

D BJ Bulk Campuran Pemadatan

Rumus :

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

Dimana : **E** : Berat Benda Uji Di Udara

H : Volume Benda Uji



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

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1181,80}{510,00} = 2,32$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1184,20}{510,30} = 2,32$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1178,60}{532,80} = 2,21$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1185,80}{533,80} = 2,22$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1185,80}{558,60} = 2,12$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1182,40}{559,80} = 2,11$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

E. %VIM

Rumus :

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

Dimana : **D** : BJ Max Campuran

I : BJ Bulk Campuran Pematatan

Kadar Aspal 7,5 % (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,32)}{2,48} = 6,40$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,32)}{2,48} = 6,26$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,21)}{2,49} = 10,65$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,22)}{2,49} = 10,31$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,4 - 2,12)}{2,4} = 14,25$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

2,48

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2,48 - 2,31)}{2,48} = 14,68$$

F. Stabilitas

Rumus :

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

Dimana **K** : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$110,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1659,49 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$113,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1704,75 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$98,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1478,45 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

$$105,00 \times 1.04 \times 14.9 = 184,06 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$102,00 \times 1.04 \times 14.9 = 1538,80 \text{ Kg}$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Sampel II (Dua)

$$78,00 \times 1,04 \times 14,9 = 1176,73 \text{ Kg}$$

G. Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus :

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

Dimana : L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1704,56}{3,40} = 501,34 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1751,05}{3,80} = 460,80 \text{ (Kg/mm)}$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1518,61}{3,70} = 410,43 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1627,08}{3,90} = 417,20 \text{ (Kg/mm)}$$



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

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1580,59}{3,90} = 405,28 \text{ (Kg/mm)}$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1208,69}{4,20} = 287,78 \text{ (Kg/mm)}$$

H. VMA

Rumus :

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

Dimana : **I** : BJ Bulk Campuran Pemasadatan

B : BJ Bulk Gabungan

A : Kadar Aspal

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,32}{2,73} \times 100 - 7,5 = 21,45 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,32}{2,73} \times 100 - 7,5 = 21,33 \%$$



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

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 15 %)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,21}{2,73} \times 100 - 7,5 = 25,01 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,22}{2,73} \times 100 - 7,5 = 24,73 \%$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,12}{2,73} \times 100 - 7,5 = 28,04 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,11}{2,73} \times 100 - 7,5 = 28,40 \%$$

I. VFB

Rumus :

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

Dimana : R : Rongga dalam agregat

J : Rongga dalam campuran

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 10%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{21,45 - 6,40}{21,45} \times 100 = 70,17 \%$$



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{25,01 - 10,65}{21,33} \times 100 = 70,64 \%$$

Kadar Aspal 7,5 % (Abu Ampas Tebu 15%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{25,01 - 10,65}{21,43} \times 100 = 57,43 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{24,73 - 10,31}{24,73} \times 100 = 58,32 \%$$

Kadar Aspal 7,5 (Abu Ampas Tebu 20%)

Sampel I (satu)

Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{28,04 - 14,2}{28,04} \times 100 = 49,17 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{28,40 - 14,68}{28,40} \times 100 = 48,30 \%$$

J. Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

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

Dimana :

A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gabungan



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

D : BJ

T : Specific Gravity Of Bitument

Sampel

Perendaman 3 Hari

$$= \frac{7,5 + 1,005 (100 - 7,5)}{2,73} - \frac{100}{2,48} \times 1,005 = 0,97$$

K. Tebal Film

Rumus :

$$\frac{1000}{T \cdot O} \frac{A - P}{100 - A}$$

Dimana :

A : Kadar Aspal

P : Absorsi Aspal

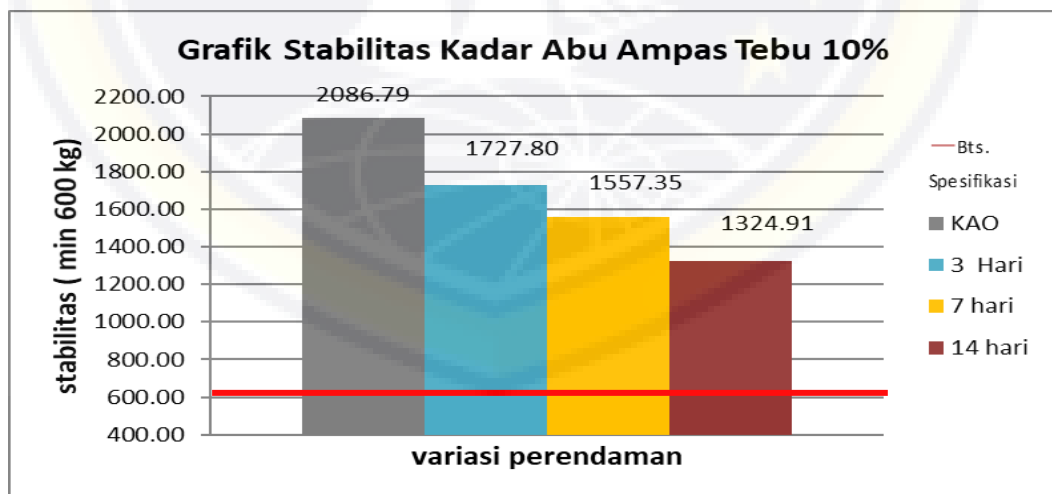
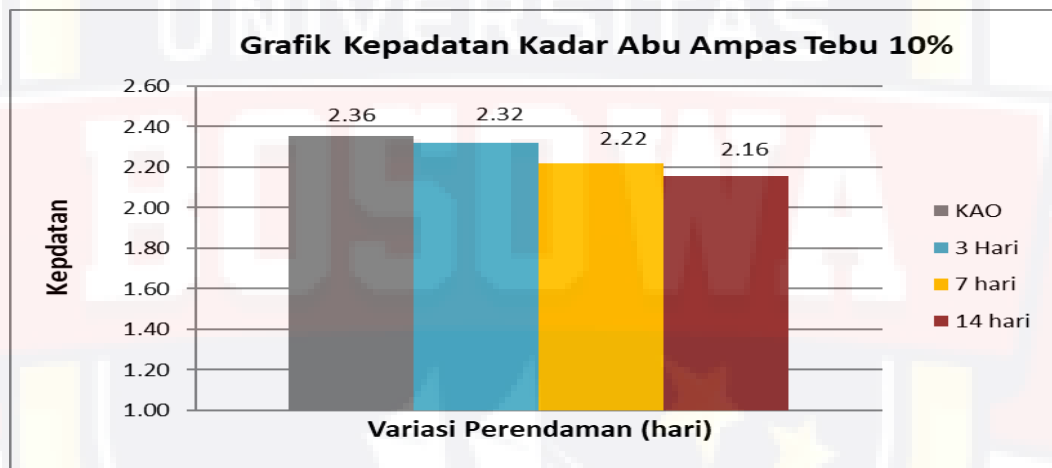
T : Specific Gravity Of Bitument

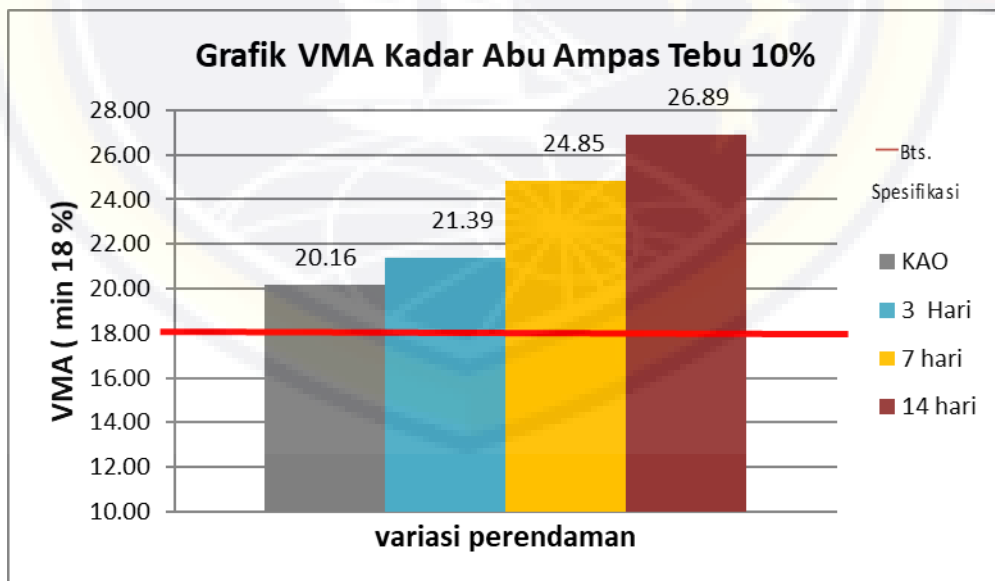
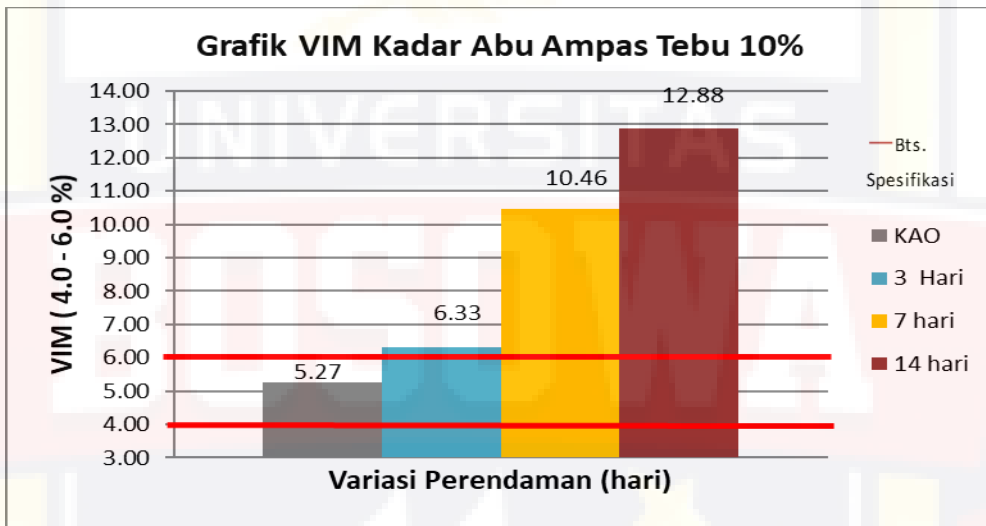
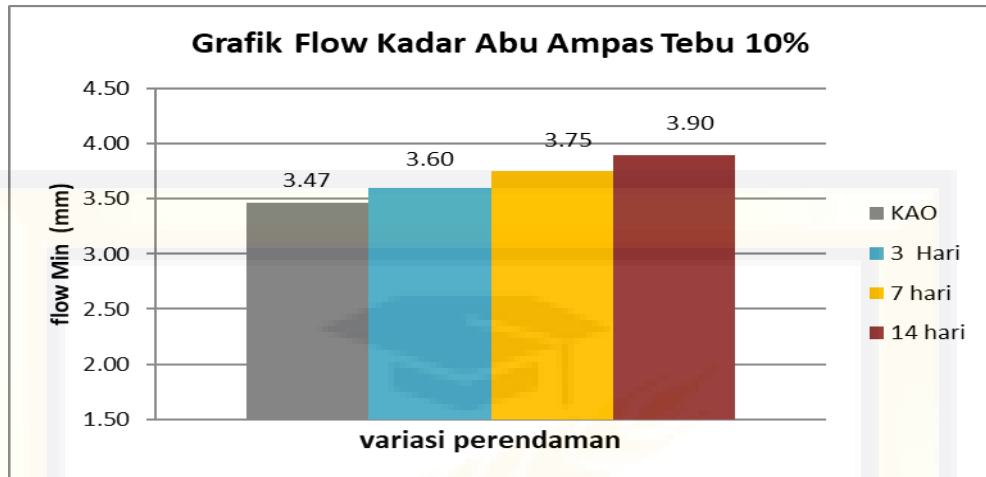
O : Luas Permukaan

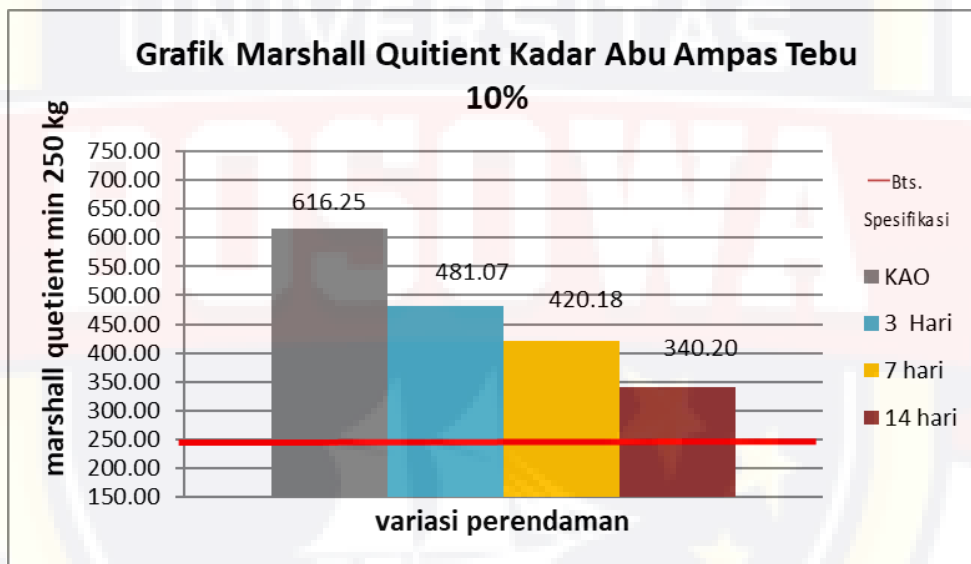
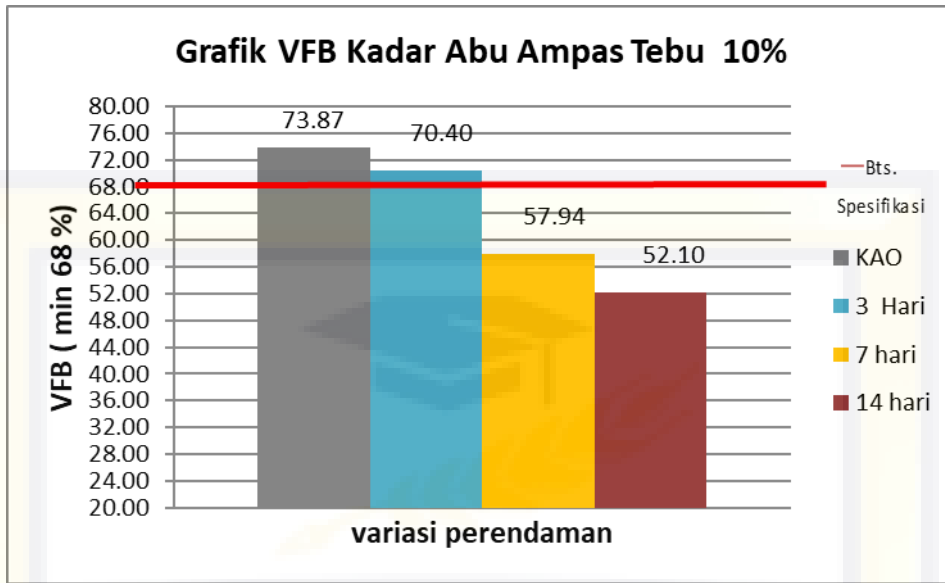
$$\frac{1000}{1,005} \frac{75 - 0,97}{100 - 7,5} = 14,54$$

ABU AMPAS TEBU 10%

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Abu Ampas Tebu 10%				
		KAO 7.5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.36	2.32	2.22	2.16	-
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1727.80	1557.35	1324.91	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.60	3.75	3.90	
4	VIM (%)	5.27	6.33	10.46	12.88	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	21.39	24.85	26.89	Min 68
6	VFB (%)	73.87	70.40	57.94	52.10	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	481.07	420.18	340.20	Min 250

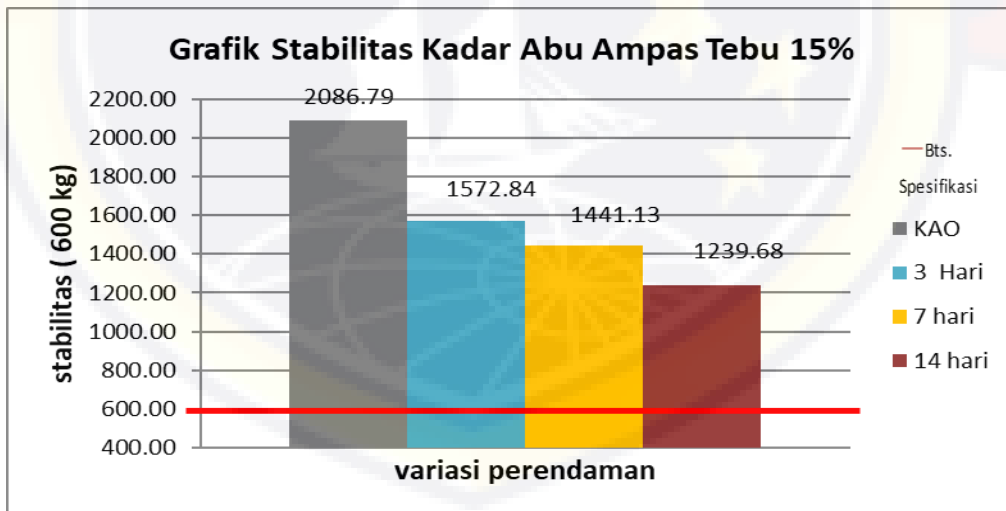
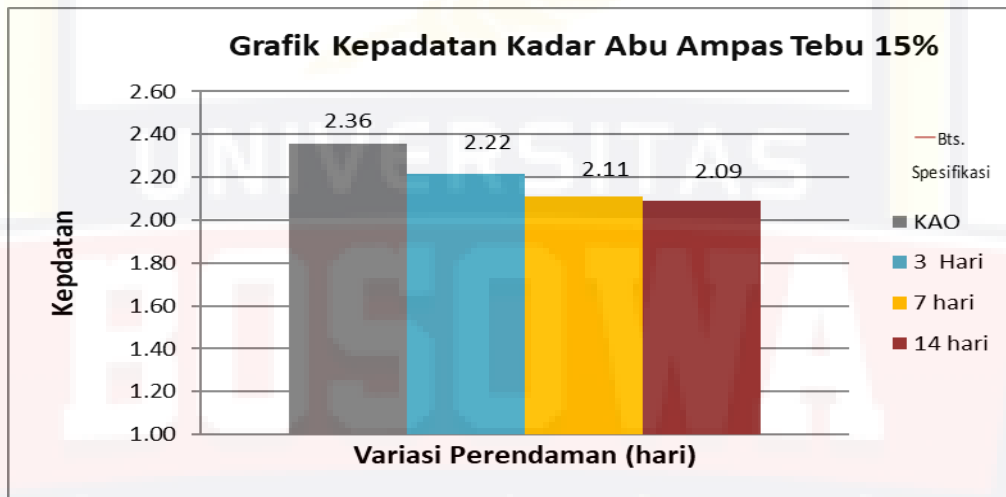


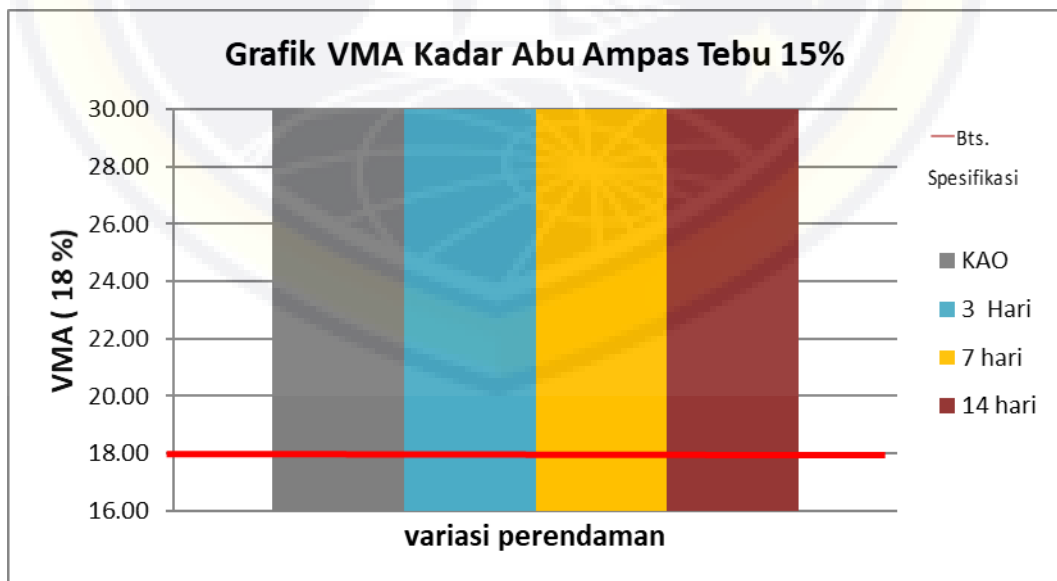
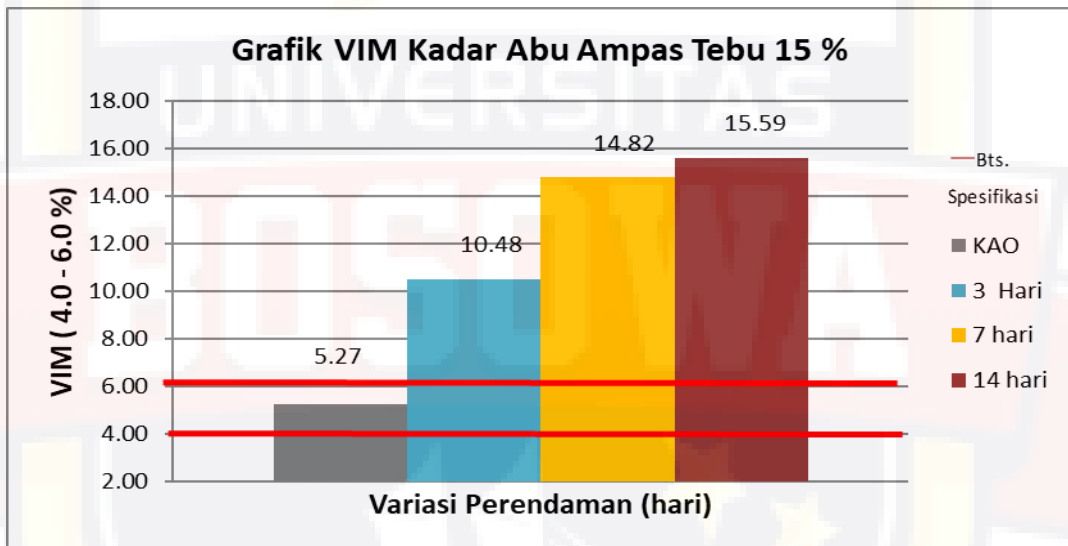
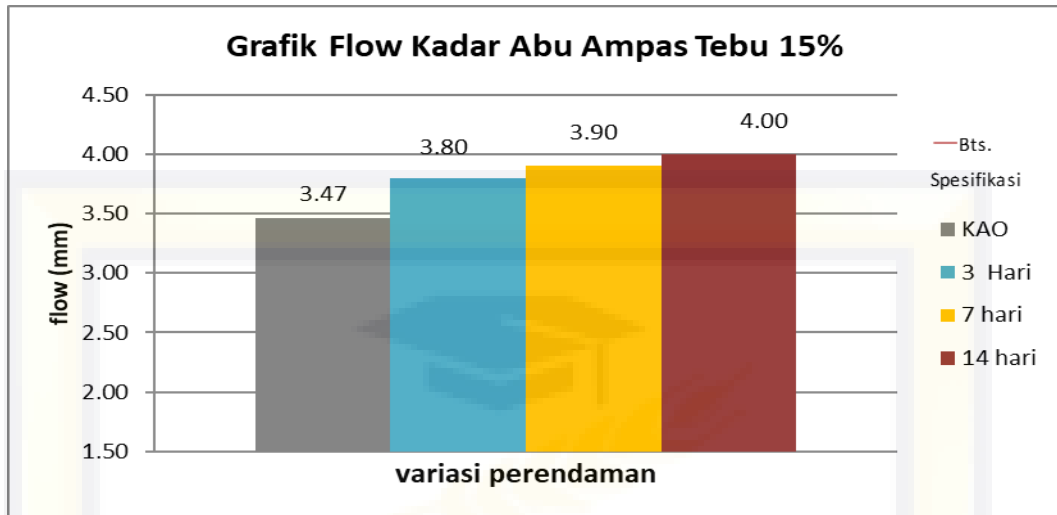


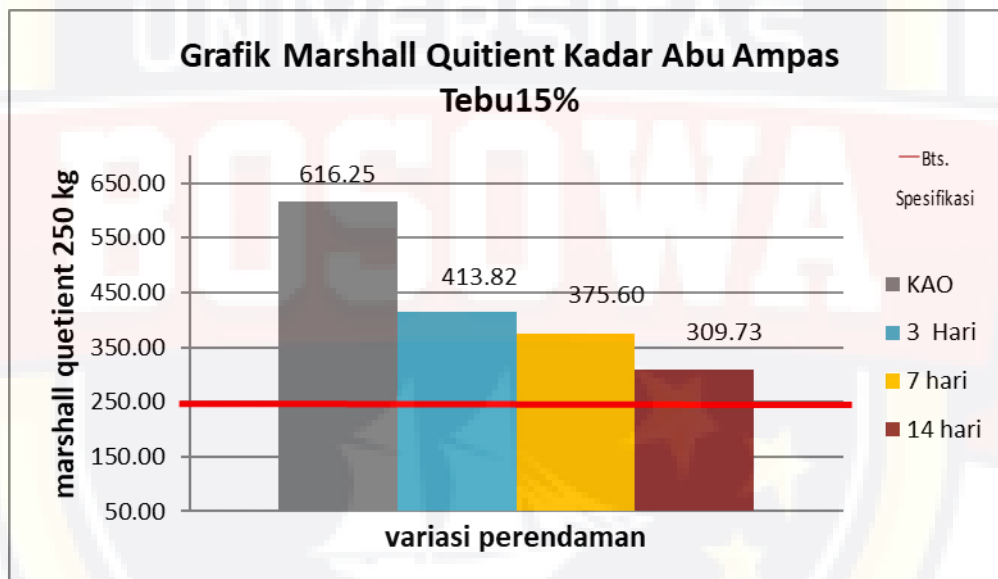
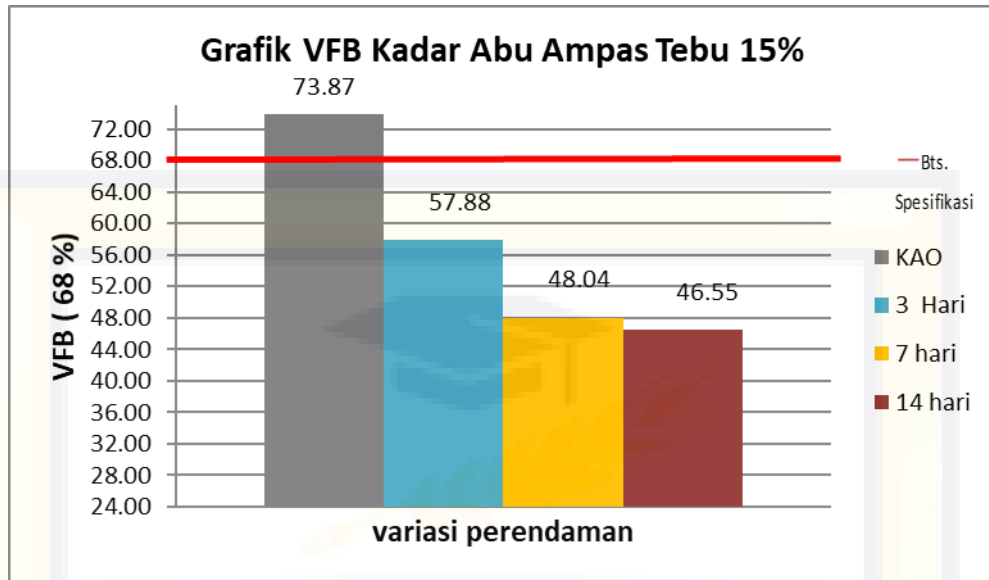


ABU AMPAS TEBU 15%

	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Abu Ampas Tebu 15%				
		KAO 7.5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.36	2.22	2.11	2.09	-
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1572.84	1441.13	1239.68	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.80	3.90	4.00	
4	VIM (%)	5.27	10.48	14.82	15.59	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	24.87	28.51	29.16	Min 68
6	VFB (%)	73.87	57.88	48.04	46.55	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	413.82	375.60	309.73	Min 250

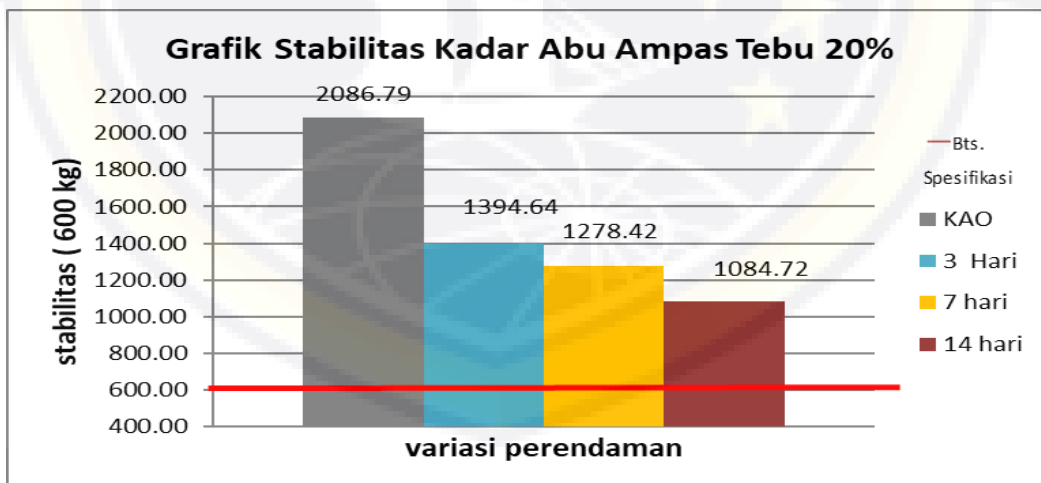
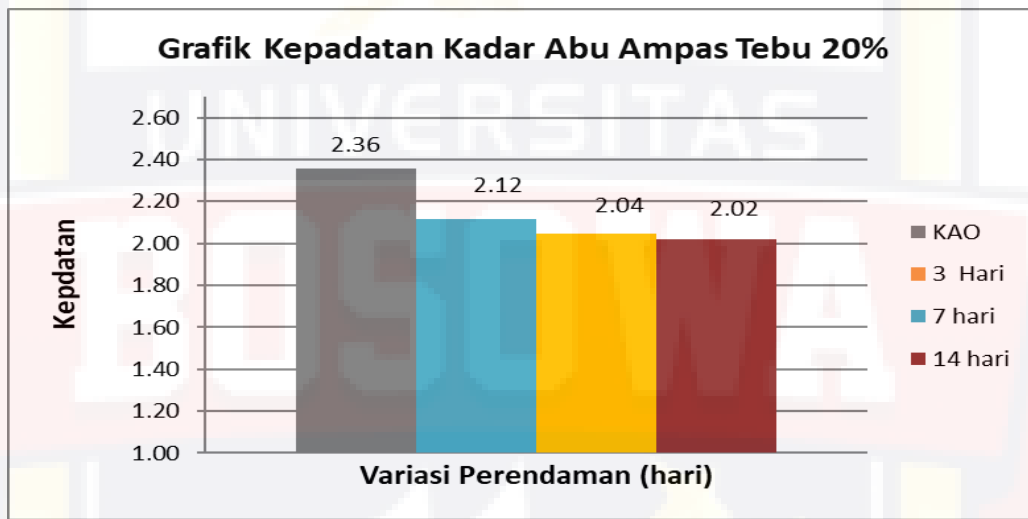


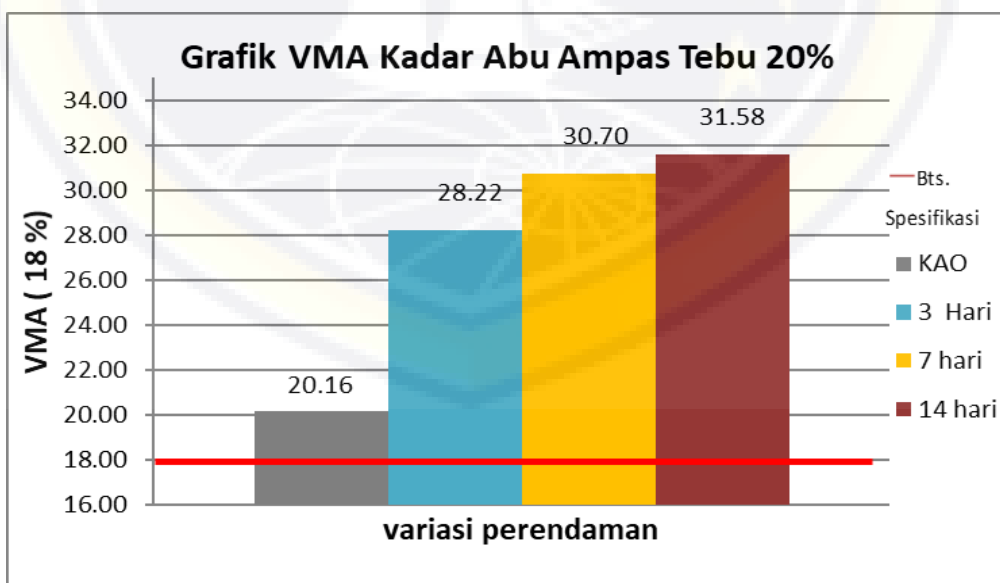
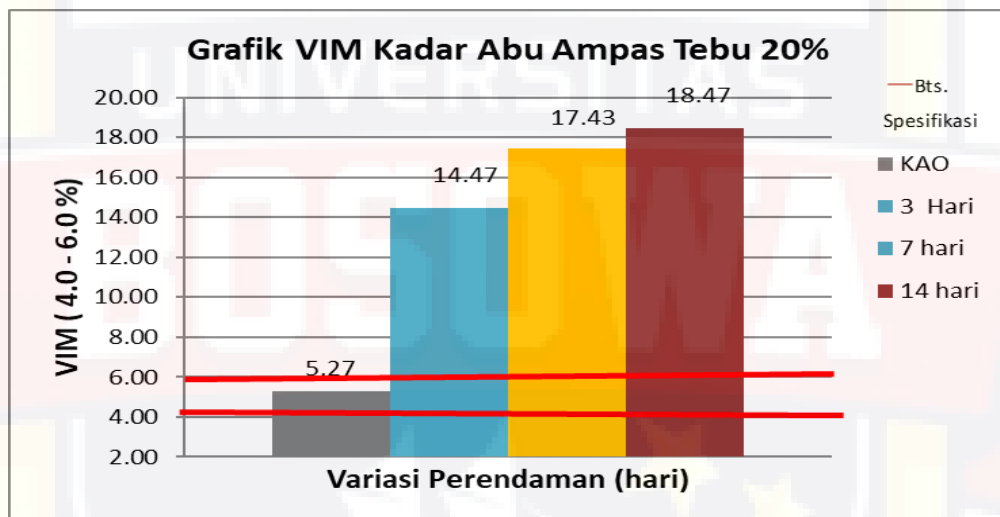
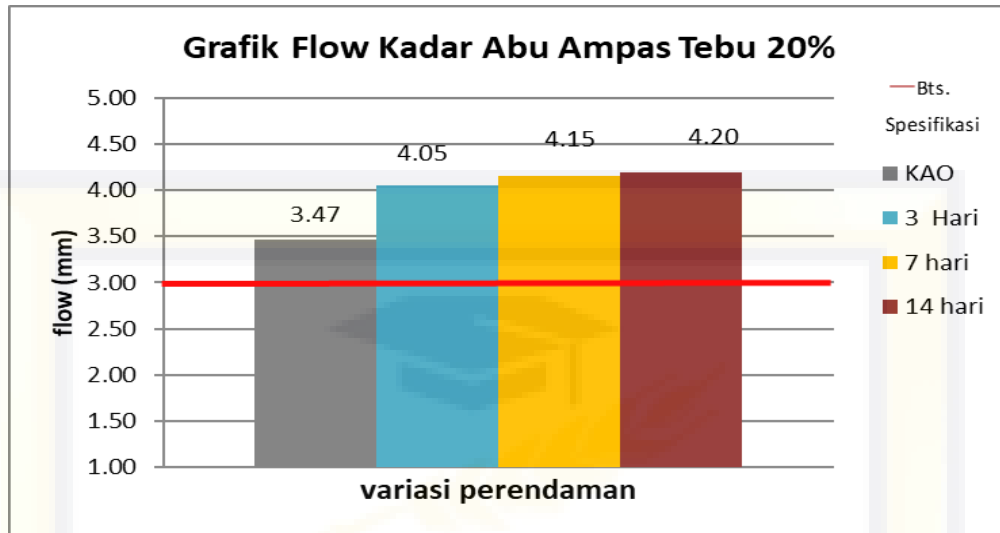


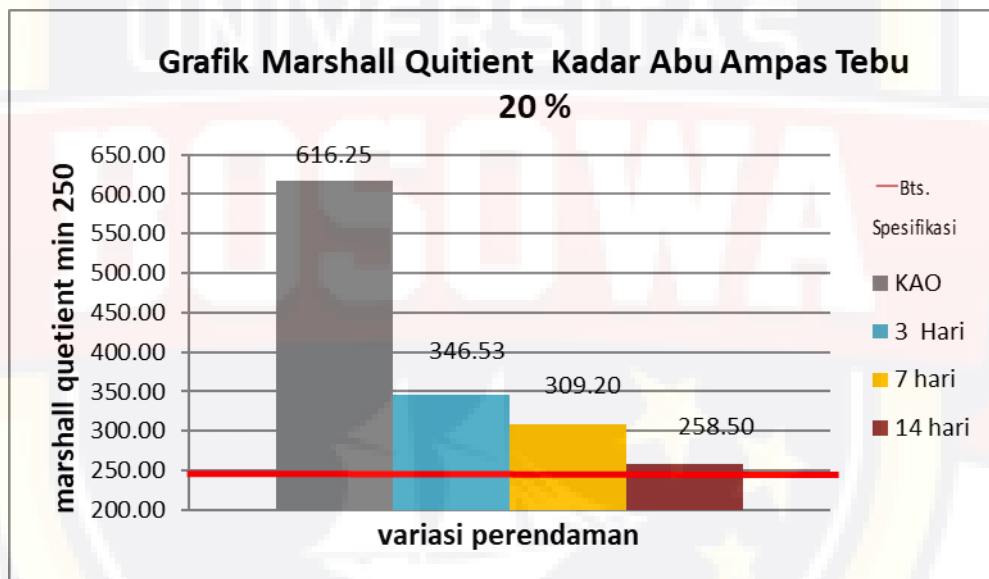
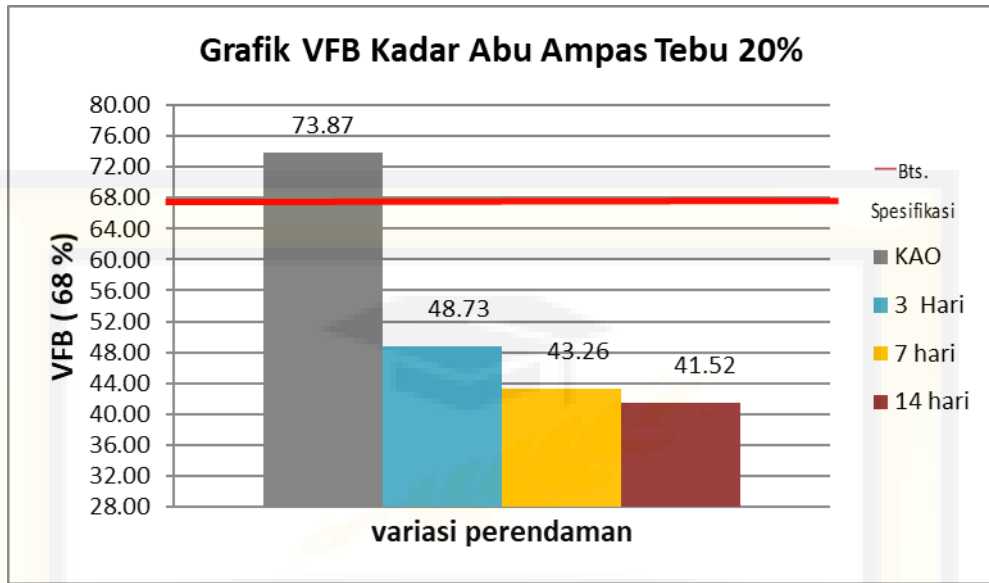


ABU AMPAS TEBU 20 %

	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus				Spesifikasi 2018
		KAO 7.5 %				
		Kadar Abu Ampas Tebu 20%				
		KAO 7.5 %	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.36	2.12	2.04	2.02	-
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1394.64	1278.42	1084.72	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	4.05	4.15	4.20	
4	VIM (%)	5.27	14.47	17.43	18.47	Min 250
5	VMA (%)	20.16	28.22	30.70	31.58	-
6	VFB (%)	73.87	48.73	43.26	41.52	4 - 6
7	MQ (Kg/mm)	616.25	346.53	309.20	258.50	Min 68









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

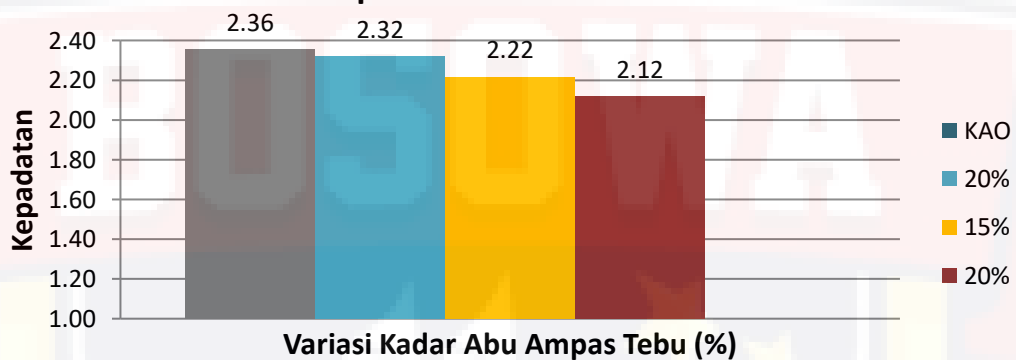
Nama : Anto

Sumber : Lab. Aspal Dan Bahan Jalan Jurusan Sipil fakultas Teknik

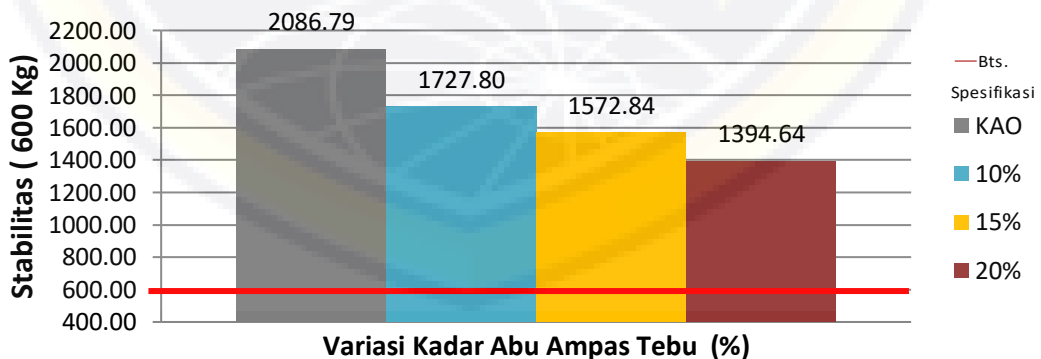
**PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU AMPAS
TEBU PERENDAMAN 3 HARI**

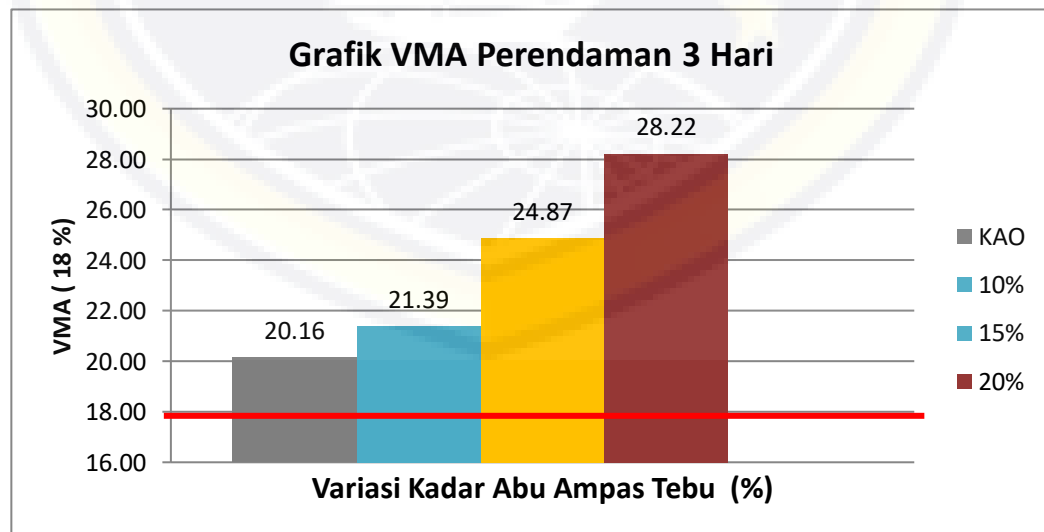
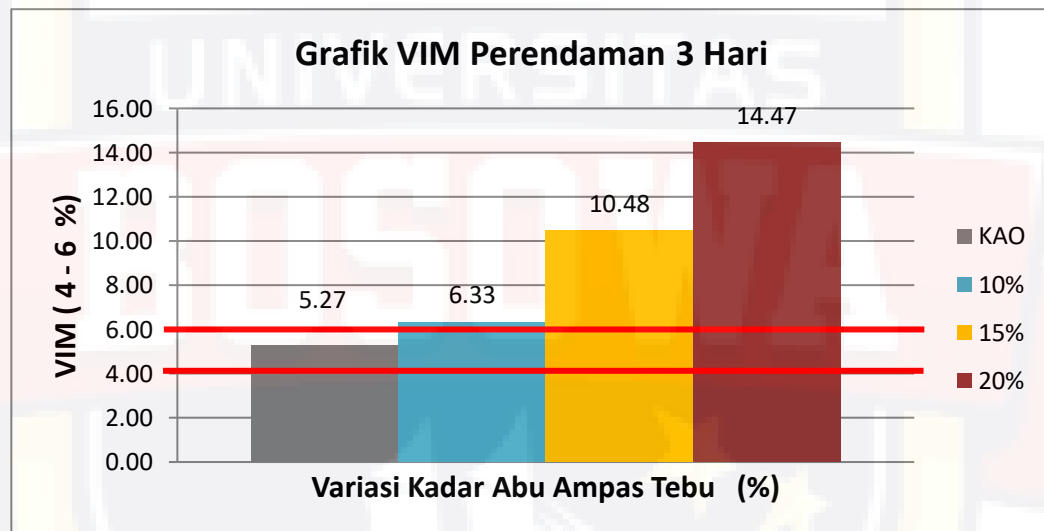
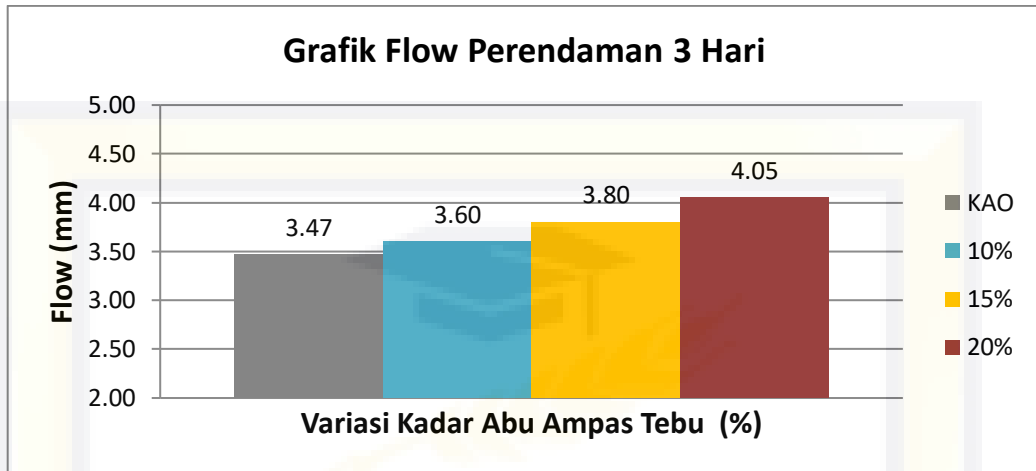
No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 3 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%	
		1	Kepadatan	2.36	2.32	
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1727.80	1572.84	1394.64	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.60	3.80	4.05	-
4	VIM (%)	5.27	6.33	10.48	14.47	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	21.39	24.87	28.22	Min 68
6	VFB (%)	73.87	70.40	57.88	48.73	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	481.07	413.82	346.53	Min 250

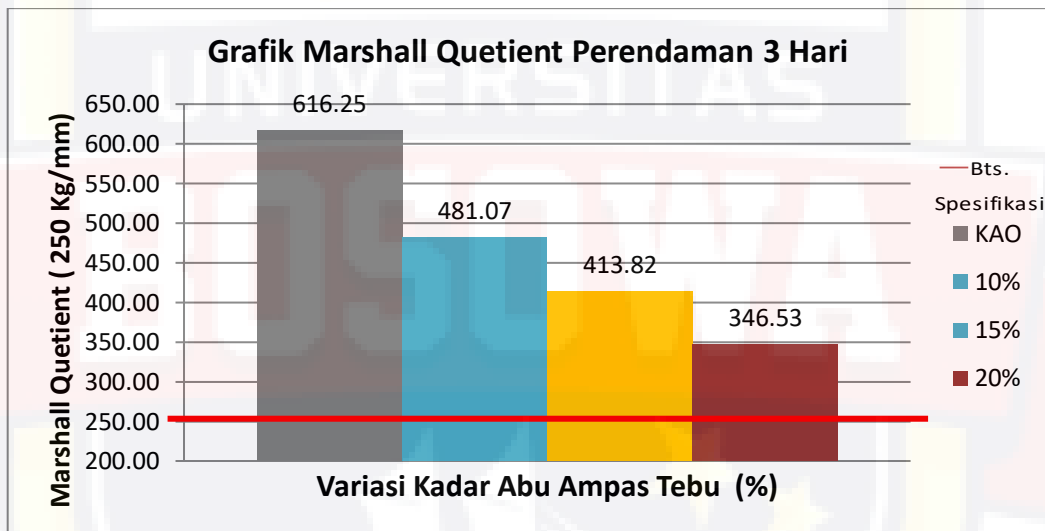
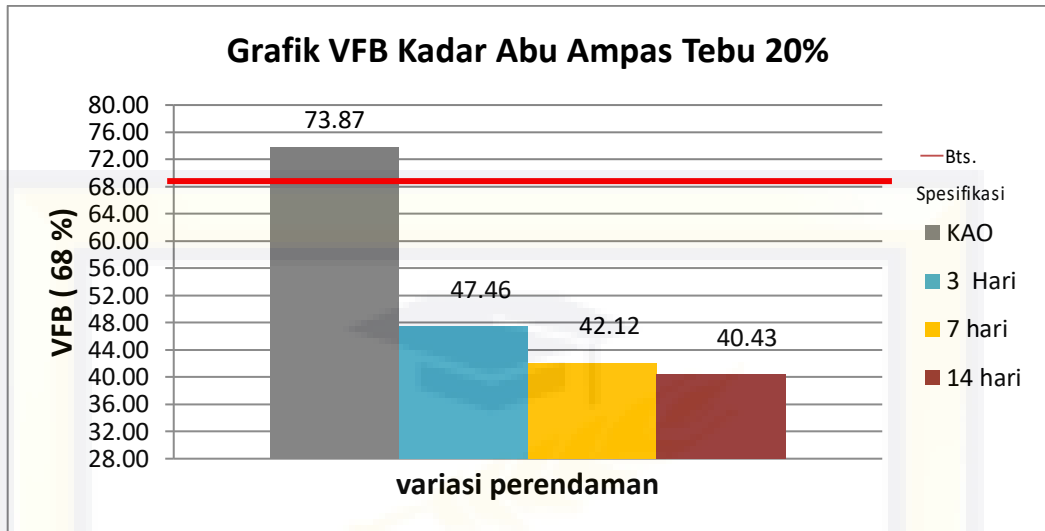
Grafik Kepadatan Perendaman 3 Hari



Grafik Stabilitas Perendaman 3 Hari





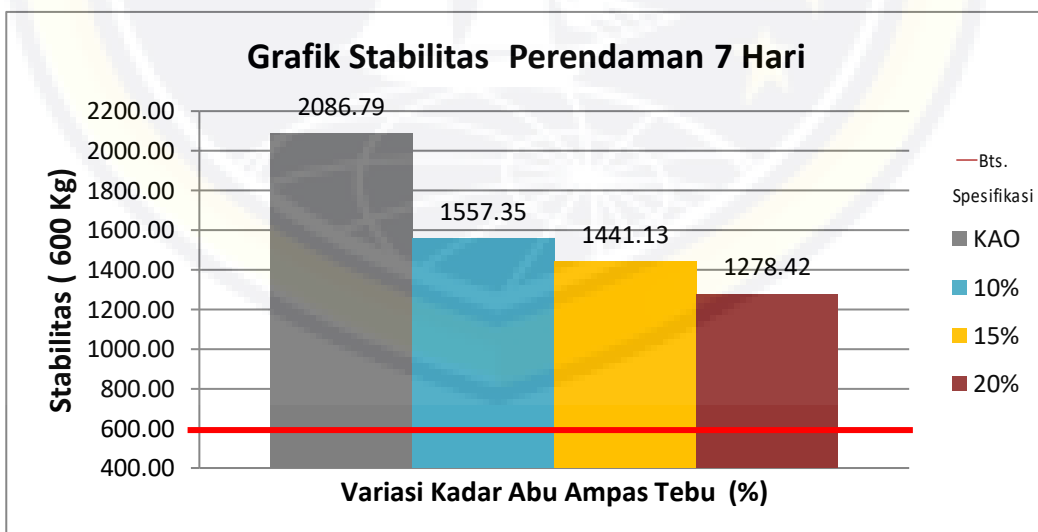
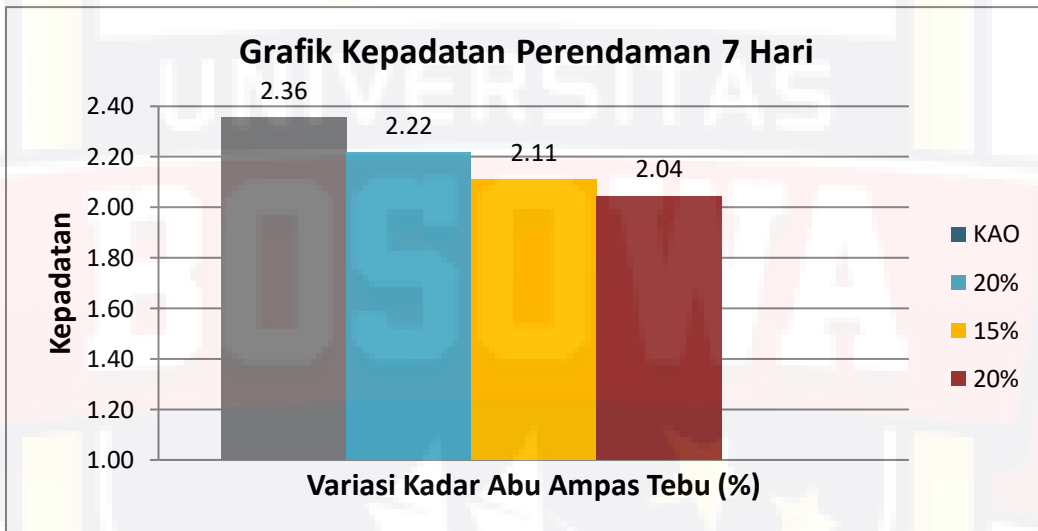


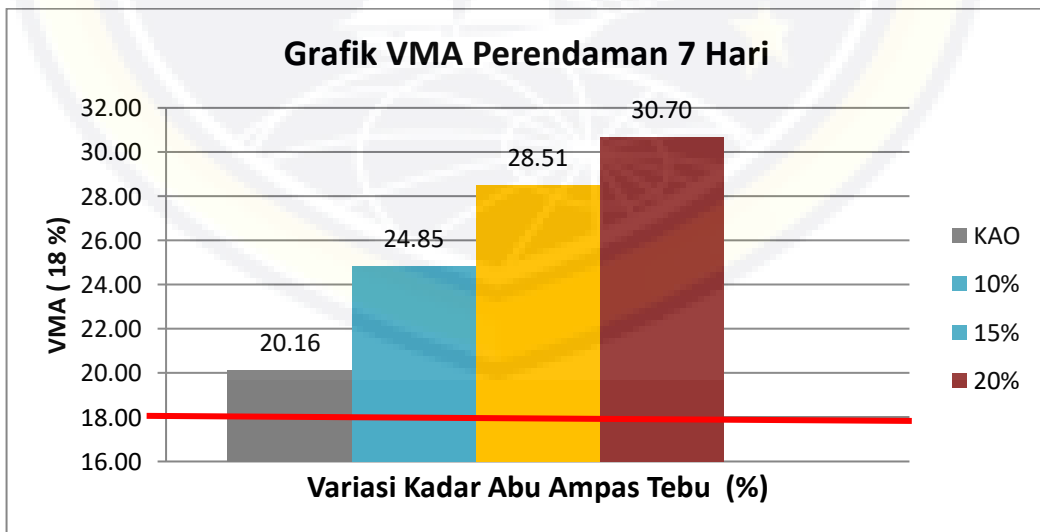
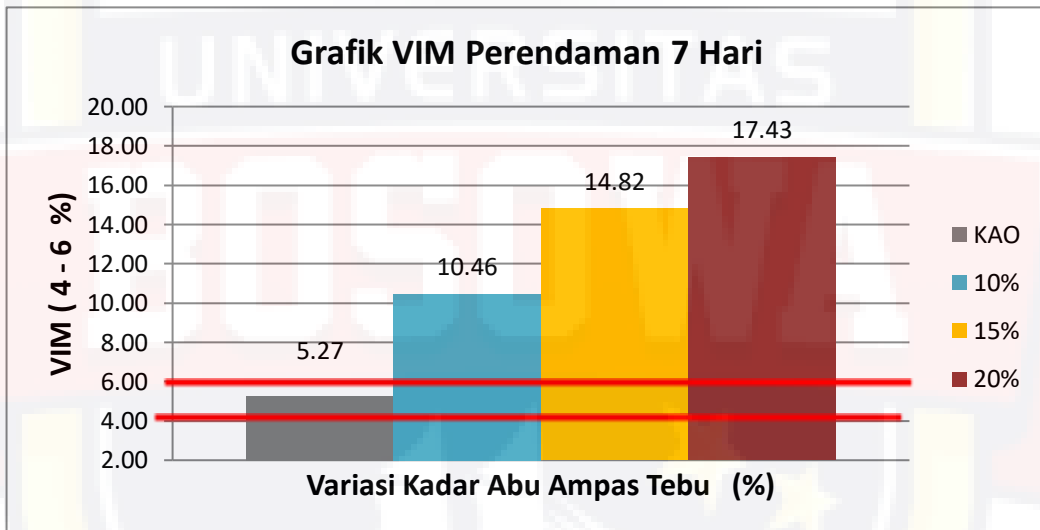
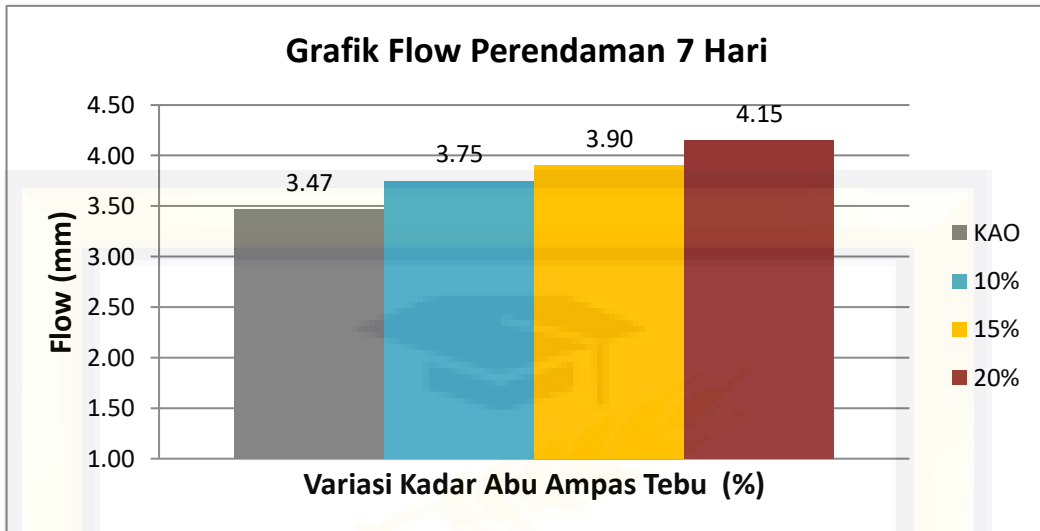


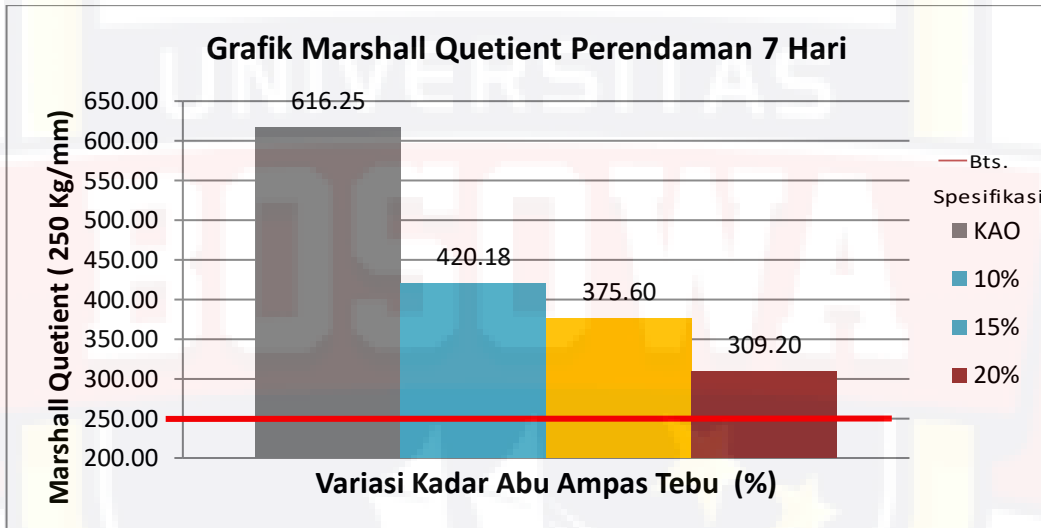
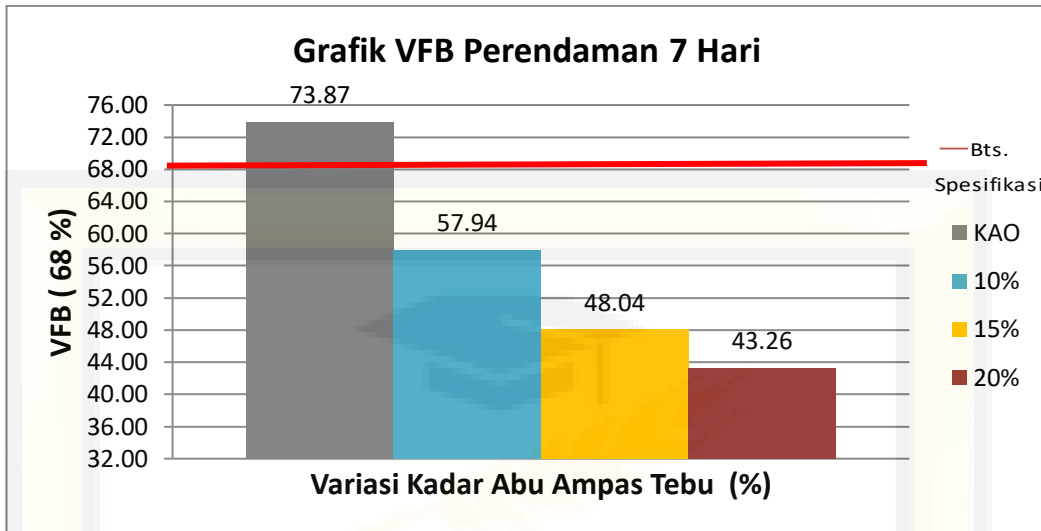
**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA**

**PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU AMPAS
TEBU PERENDAMAN 7 HARI**

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 7 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		7.5 %	10%	15%	20%	
		KAO	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2.36	2.22	2.11	2.04	-
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1557.35	1441.13	1278.42	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.75	3.90	4.15	-
4	VIM (%)	5.27	10.46	14.82	17.43	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	24.85	28.51	30.70	Min 68
6	VFB (%)	73.87	57.94	48.04	43.26	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	420.18	375.60	309.20	Min 250



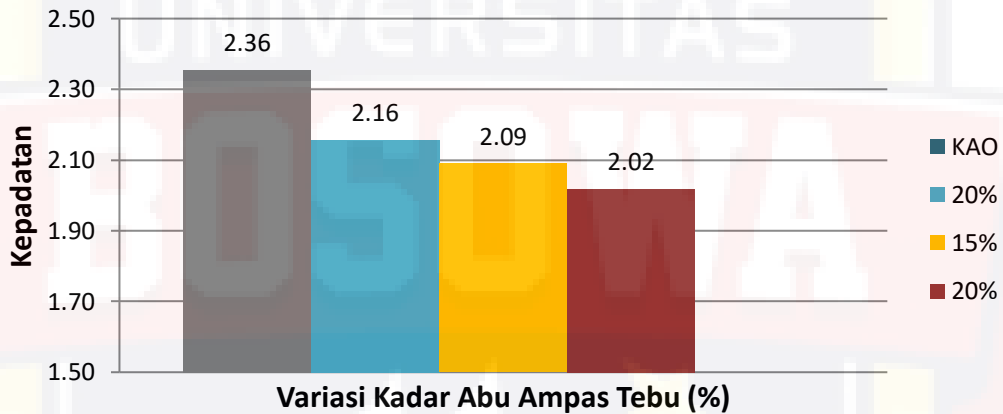




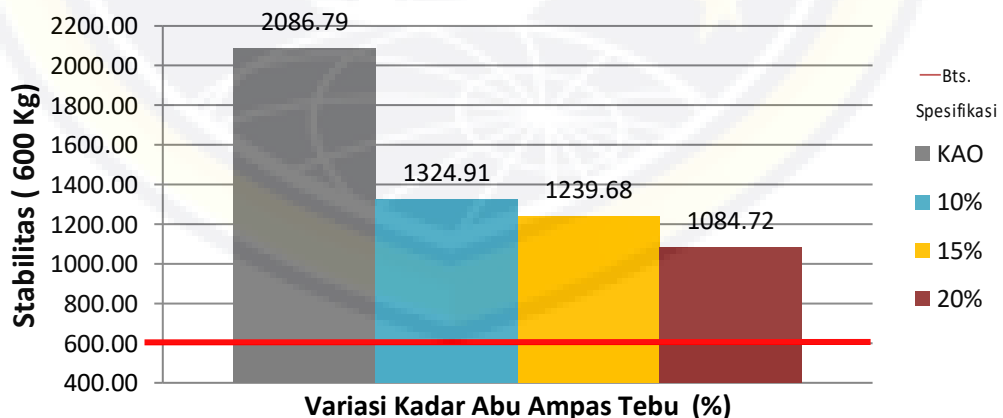
PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU AMPAS
 TEBU PERENDAMAN 14 HARI

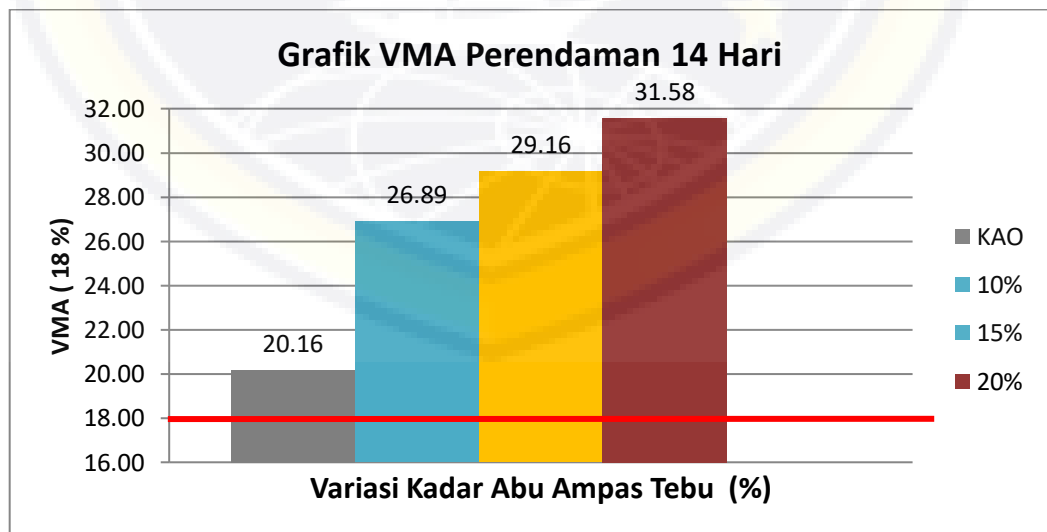
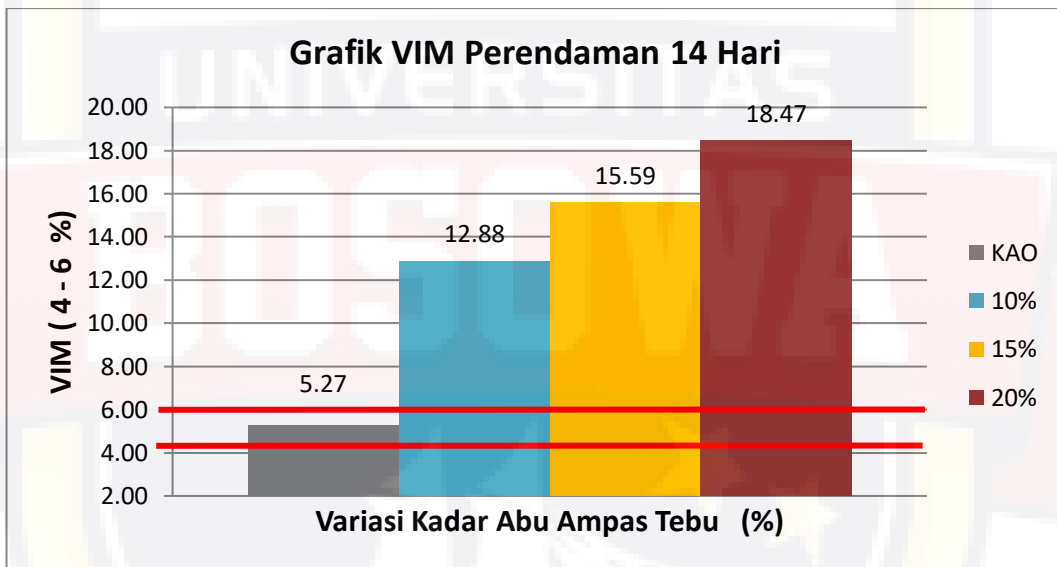
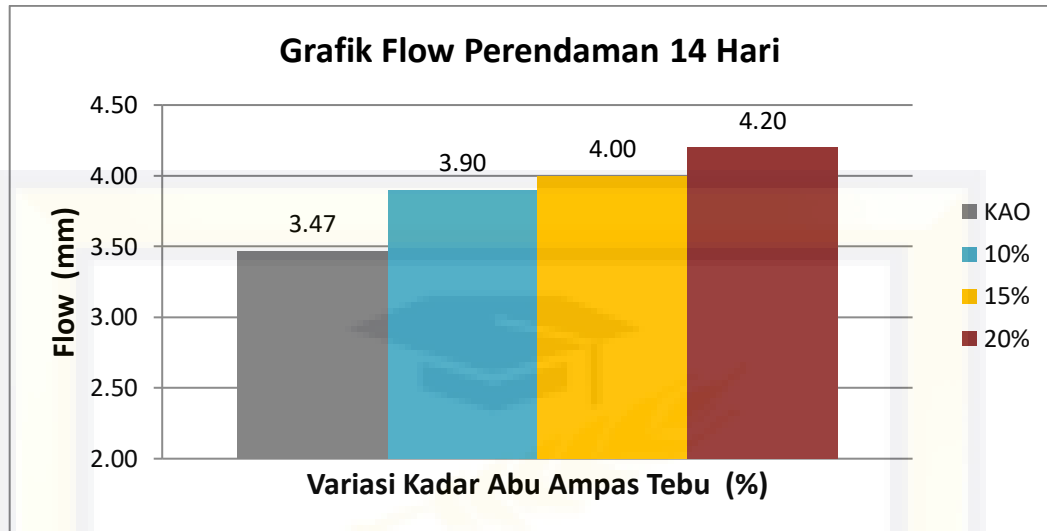
No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus perendaman 14 hari				Spesifikasi 2018
		Kadar Abu Ampas Tebu				
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%	
		1	Kepadatan	2.36	2.16	
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1324.91	1355.90	1084.72	Min 600
3	Flow (mm)	3.47	3.90	4.00	4.20	-
4	VIM (%)	5.27	12.88	15.59	18.47	4 - 6
5	VMA (%)	20.16	26.89	29.16	31.58	Min 68
6	VFB (%)	73.87	52.10	46.55	41.52	Min 18
7	MQ (Kg/mm)	616.25	340.20	339.34	258.50	Min 250

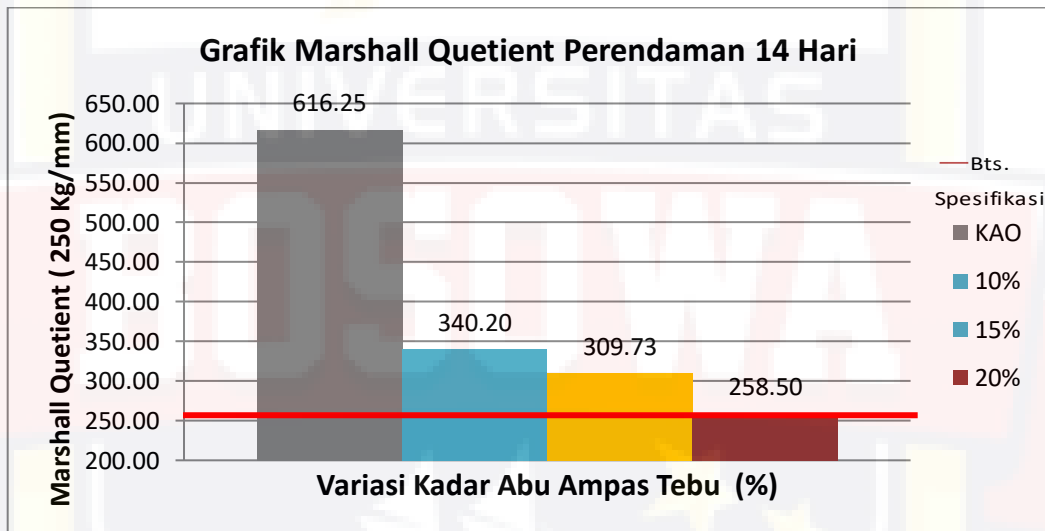
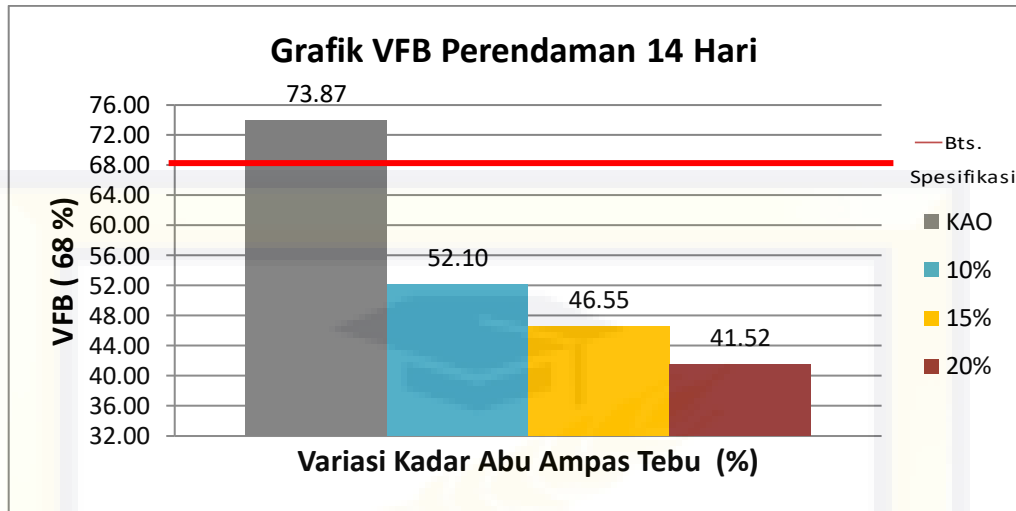
Grafik Kepadatan Perendaman 14 Hari



Grafik Stabilitas Perendaman 14 Hari









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

TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU
AMPAS TEBU PERENDAMAN 3 HARI

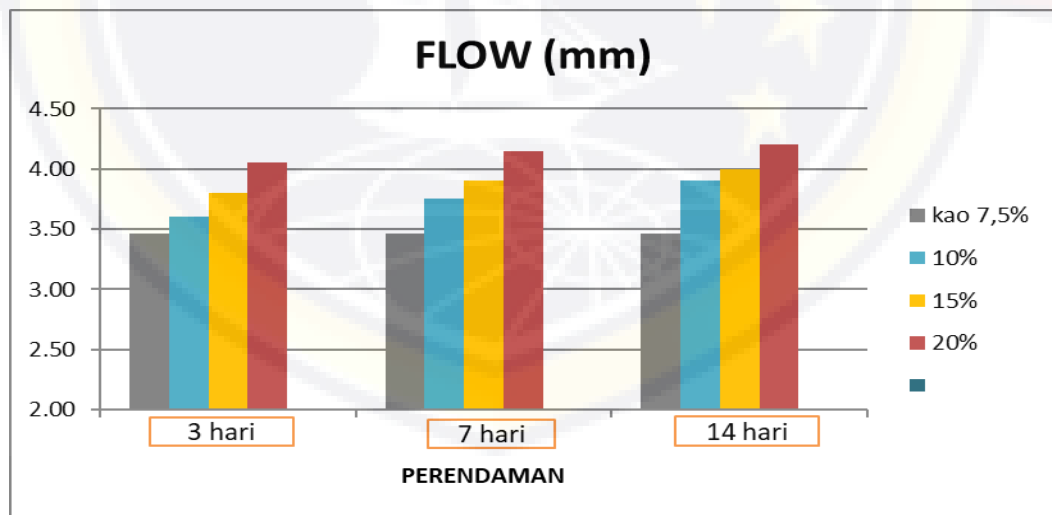
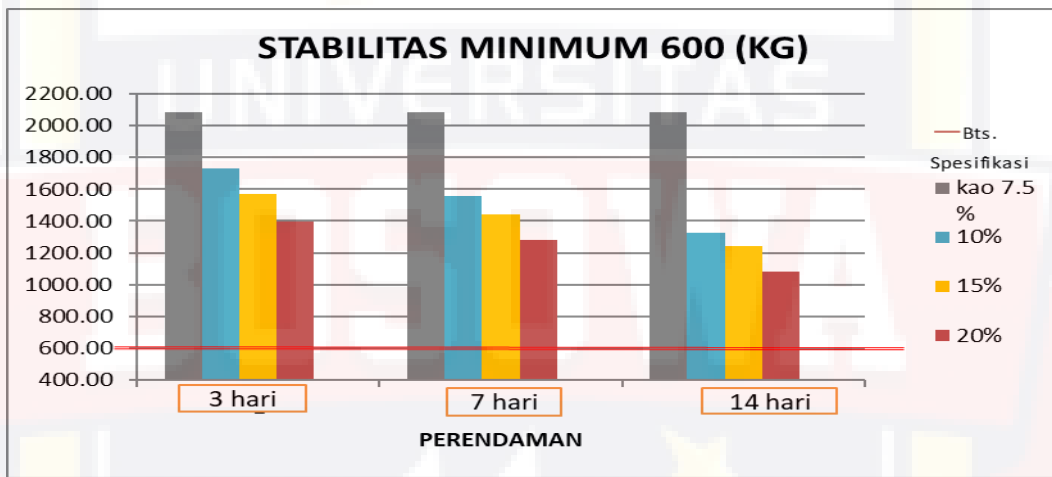
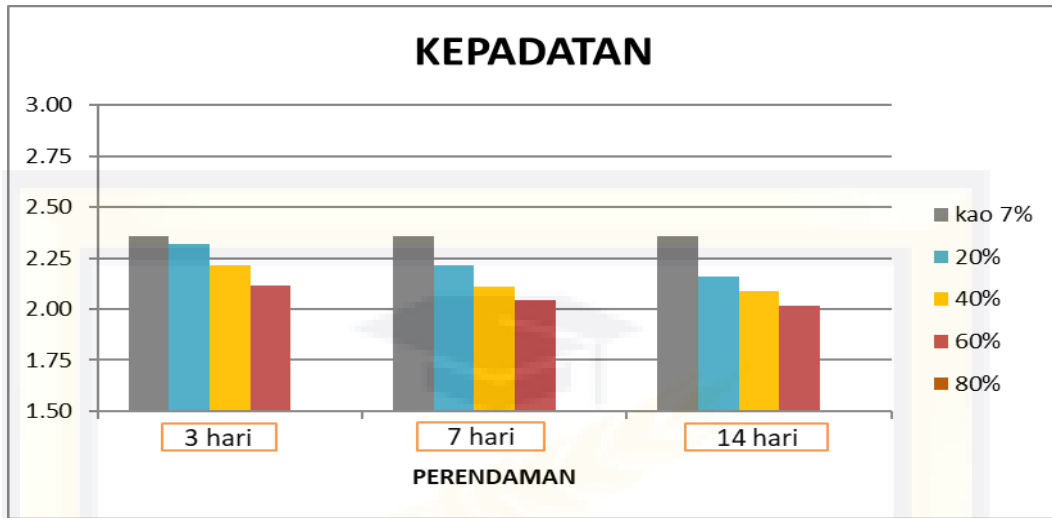
No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus			
		perendaman 3 hari			
		Kadar Abu Ampas Tebu			
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%
1	Kepadatan	2.36	2.32	2.22	2.12
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1727.80	1572.84	1394.64
3	Flow (mm)	3.47	3.60	3.80	4.05
4	VIM (%)	5.27	6.33	10.48	14.47
5	VMA (%)	20.16	21.39	24.87	28.22
6	VFB (%)	73.87	70.40	57.88	48.73
7	MQ (Kg/mm)	616.25	481.07	413.82	346.53

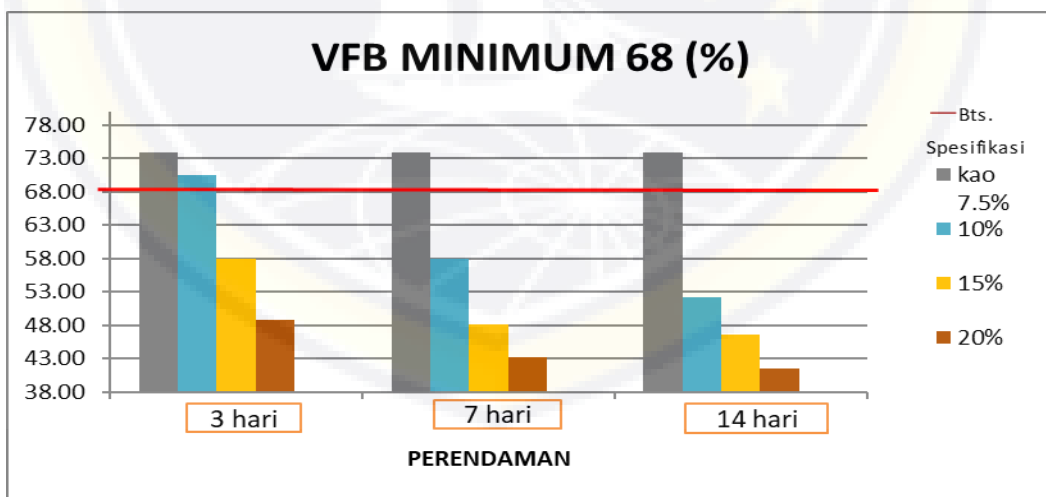
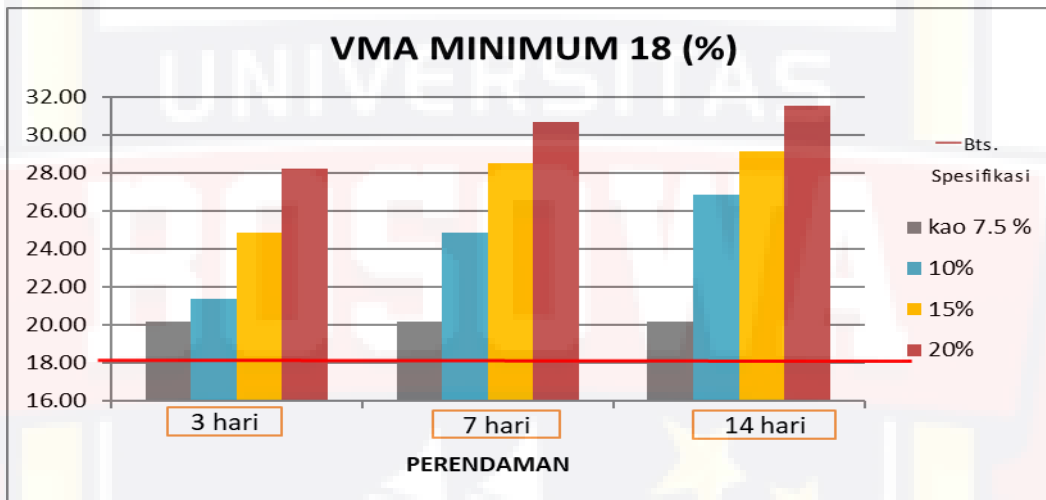
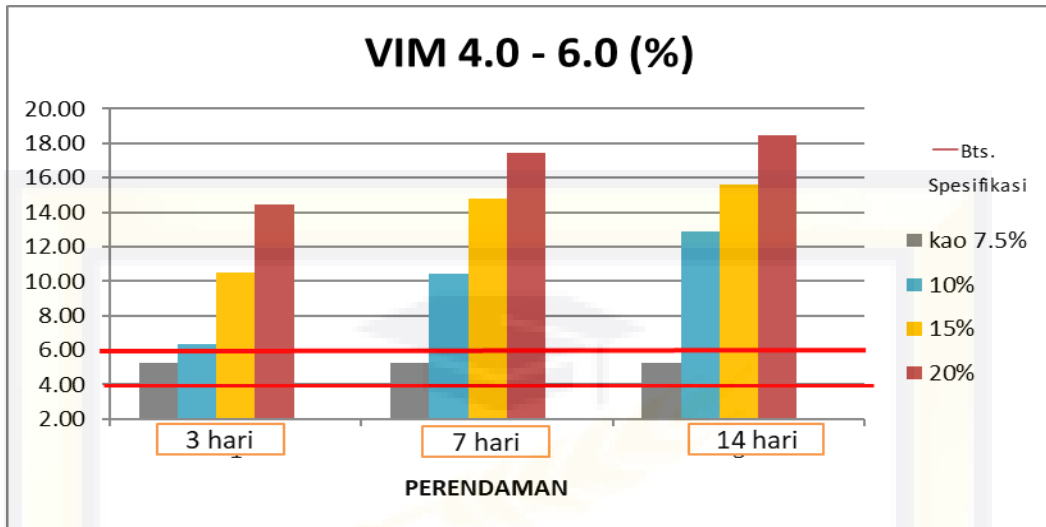
TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU
AMPAS TEBU PERENDAMAN 7 HARI

No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus			
		perendaman 7 hari			
		Kadar Abu Ampas Tebu			
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%
1	Kepadatan	2.36	2.22	2.11	2.04
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1557.35	1441.13	1278.42
3	Flow (mm)	3.47	3.75	3.90	4.15
4	VIM (%)	5.27	10.46	14.82	17.43
5	VMA (%)	20.16	24.85	28.51	30.70
6	VFB (%)	73.87	57.94	48.04	43.26
7	MQ (Kg/mm)	616.25	420.18	375.60	309.20

TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI ABU
AMPAS TEBU PERENDAMAN 14 HARI

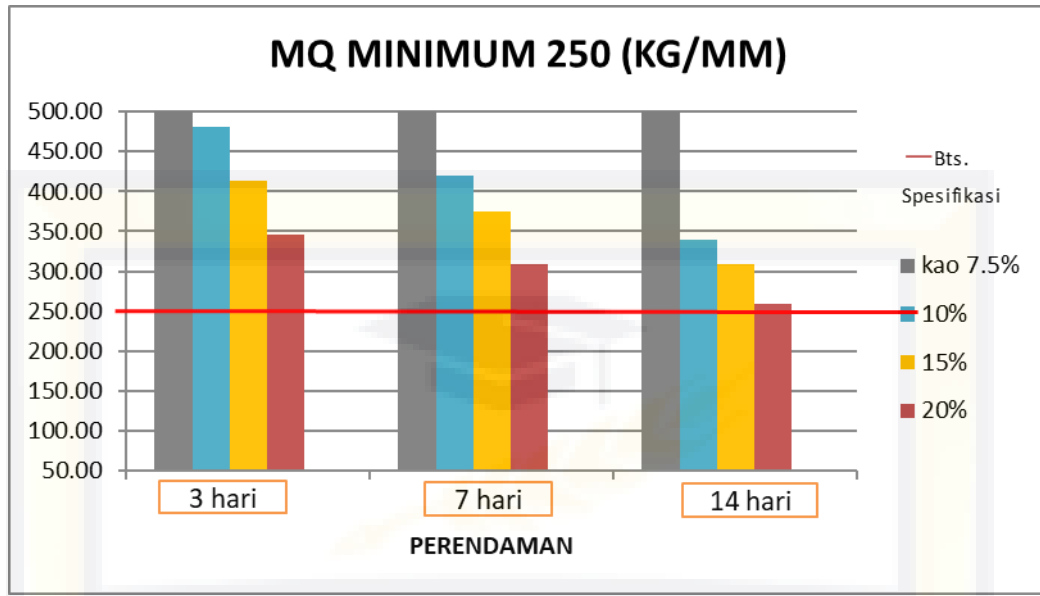
No	Pemeriksaan	Penambahan Abu Ampas Tebu dan pasir laut sebagai pengganti agregat halus			
		perendaman 14 hari			
		Kadar Abu Ampas Tebu			
		KAO 7.5 %	10%	15%	20%
1	Kepadatan	2.36	2.16	2.09	2.02
2	Stabilitas (Kg)	2086.79	1324.91	1239.68	1084.72
3	Flow (mm)	3.47	3.90	4.00	4.20
4	VIM (%)	5.27	12.88	15.59	18.47
5	VMA (%)	20.16	26.89	29.16	31.58
6	VFB (%)	73.87	52.10	46.55	41.52
7	MQ (Kg/mm)	616.25	340.20	309.73	258.50







LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA



DOKUMENTASI PENELITIAN



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Berat Jenis Agregat

DOKUMENTASI PENELITIAN



Pengujian Berat Jenis Aspal



Proses Penimbangan Komposisi Campuran

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pencampuran Agregat



Proses Penuangan Aspal Pada Campuran Agregat

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pencampuran Agregat , *Filler* Dan Aspal (*Hot Mix*)



Proses Pembuatan Briket Dengan Alat Penumbuk

DOKUMENTASI PENELITIAN



Briquet Setelah Proses Penumbukan



Proses Perendaman Briquet

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Penimbangan Briket (Dalam Air)



Lap Kering Permukaan Jenuh Pada Briket

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Perendaman Briket Pada *Waterbath*



Pengujian *Marshall Test*