

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SEBAGIAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DENGAN VARIASI PERENDAMAN



Disusun Oleh:

LEONARDUS ARNOL PALINOAN

45 16 041 074

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



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 1176/FT/Unibos/VIII/2022, Tanggal 31 Agustus 2022, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Rabu, 31 Agustus 2022
Nama : LEONARDUS ARNOL PALINOAN
Nomor Stambuk : 45 16 041 074
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : "Pengaruh Penambahan Sebagian Abu Daun Bambu Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall 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 TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : Ir.H. Abdul Rahim Nurdin, MT (.....)
Sekretaris (Ex. Officio) : Ir.Nurhadijah Yuniarti, ST.MT (.....)
Anggota : Ir.Arman Setiawan, ST.MT (.....)
 : Ir.Eka Yuniarto, ST.MT (.....)


Makassar, 31 Agustus 2022

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar


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

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Univ. Bosowa Makassar


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



UNIVERSITAS
BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK
Jalan Urip Sumihardjo Km. 4 Gd. 2 Lt. 7
Makassar – Sulawesi Selatan 90231
Telp. 0411 452901- 452789 ext. 116
Fax. 0411 424568
<http://www.universitasbosowa.ac.id>

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGAJUAN SEMINAR TUTUP TUGAS AKHIR

Tugas Akhir : " Pengaruh Penambahan Sebagian Abu Daun Bambu Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Variasi Perendaman"

Disusun dan diajukan oleh :

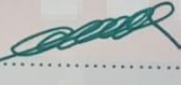
Nama Mahasiswa : LEONARDUS ARNOL PALINOAN

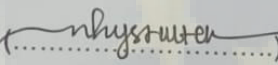
No. Stambuk : 45 16 041 074

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil

/Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

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

Pembimbing II : Ir. Nurhadijah Yunianti, ST.MT (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. H. NASRULLAH, ST.MT
NIDN : 09 080773 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil


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

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Leonardus Arnol Palinaon**
Nomor Stambuk : **45 16 041 074**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **"Pengaruh Penambahan Sebagian Abu Daun Bambu
Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC Terhadap
Karakteristik Marshall Dengan Variasi Perendaman"**.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

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

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

Makassar, September 2022
Yang menyatakan



(Leonardus Arnol Palinaon)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas semua berkat dan kasih setianya yang telah di limpakan kepada kita sehingga kita mampu menjalani kehidupan dengan penuh sukacita. Kami percaya bahwa semua itu semata mata hanya karena penyertaan Tuhan yang Maha Esa

Sebagai salah satu mahasiswa tentunya memiliki cita-cita dan harapan hari ini. Sehingga ada proses yang boleh kita lalui hari ini salah satunya adalah mampu menyelesaikan tugas akhir, juga sebagai salah satu syarat untuk lulus di jurusan sipil. Selain itu tugas akhir ini juga bertujuan untuk mencoba memanfaatkan sampah daun bambu sebagai bahan tambah pada penelitian ini.

Olehnya itu tak lupa kami ucapkan trimakasih kepada semua dosen yang telah membimbing kami baik dosen sipil maupun dosen di berbagai jurusan yang ada di Universitas Bosowa Makasaar serta semua pihak yang telah membantu kami selama menyusun tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan trimaksih yang tak terhingga kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan tugas ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberukan dukungan moral dan materi yang tidak terhingga jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampuang seperti saat ini.

3. Ir.H. Abd Nurdin Rahim, MT. Selaku Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya hingga selesainya tugas akhir ini.
4. Ir. Nurhadijah Yulianti, ST.MT. Selaku dosen pembimbing II saya, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan tugas akhir ini.
5. Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
6. Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
7. Jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Juga kepada organisasi UKM Persekutuan Mahasiswa Kristen Oikumene (PMKO) dan Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) dan semua organisasi yang telah memberikan semangat dan membantu baik dari segi pikiran, materi dan sebagainya, juga telah menjadi keluarga di kampus universitas bosowa.
9. Teman – teman seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2016 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran dan semangat kepada saya selama perkuliahan.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir ini.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa pada penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga masih banyak kekurangan dan kekeliruan di dalamnya.

Oleh karena itu kritikan dan saran yang membangun akan saya nantikan untuk kesempurnaan penyusunan tugas akhir ini.

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

Penyusun

Leonardus arnol palinoan



ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SEBAGIAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DENGAN VARIASI PERENDAMAN

Asphalt concrete wearing course (AC-WC) merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas berfungsi sebagai lapisan aus. Bahan pengisi (*filler*) berfungsi sangat penting untuk memodifikasi gradasi agregat halus dalam campuran beraspal sehingga kepadatan semakin meningkat. Lapis aspal beton (laston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi rapat dengan sifat struktural. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan variasi waktu perendaman terhadap sifat dan karakteristik aspal dengan bahan tambah abu daun bambu sebagai bahan pengisi (*filler*). Pada penelitian ini dengan menggunakan abu daun bambu sebagai sebagian bahan tambah yaitu 10%, 15%, dan 20% dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari dan 14 hari. jumlah sampel benda uji yang dibuat yaitu sebanyak 48 sampel, dengan normal 15 sampel sebagai perbandingan, 27 sampel variasi, 6 sampel KAO sisa. Pembuatan benda uji dicampur secara panas dan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018, pengujian dilakukan dengan alat uji waterback dengan suhu 60°C dan di lanjutkan dengan uji marshall test untuk nilai mendapatkan stabilitas dan flow.

Kata kunci: Laboratorium teknik sipil universitas bosowa

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan masalah	I-3
1.3 Tujuan dan mamfaat penelitian	I-3
1.3.1 Tujuan penelitian	I-4
1.3.2 Mamfaat penelitian	I-4
1.4 Pokok bahasan dan batasan masalah	I-4
1.4.1 Pokok bahasan.....	I-4
1.4.2 Batasan masalah	I-5
1.5 Sistematika penulisan	I-5
1.6 Bab I pendahuluan	I-5
1.7 Bab II tinjauan pustaka	I-6
1.8 Bab III Metodologi Penelitian	I-6
1.9 Bab IV analisa dan pembasan.....	I-6
1.10 Bab V kesimpulan dan saran	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perekerasan jalan raya	II-1
2.2 Struktur jalan.....	II-2
2.2.1 Jalan menurut kelas	II-6
a. Umum	II-6

b. Khusus	II-9
c. Tol	II-9
2.3 Pembebanan pada perkerasan jalan.....	II-9
2.3.1 Pengertian beton aspal.....	II-10
2.3.2 Jenis beton aspal.....	II-11
2.3.3 Karakteristik campuran beton aspal	II-13
2.4 Material beton aspal	II-16
2.4.1 Agregat.....	II-16
a. Sifat agregat	II-17
b. Spesifikasi agregat	II-18
c. Gradasi agregat.....	II-23
2.4.2 Aspal	II-26
2.4.3 Lataston atau Hot Roller Sheet (HRS).....	II-26
2.4.4 Spesifikasi campuran lataston	II-31
2.5 Fungsi aspal sebagai material perkerasan jalan	II-31
2.6 Sifat sifat aspal	II-32
2.6.1 Sifat kimia aspal	II-32
a. Aspalten.....	II-32
b. malten.....	II-33
2.6.2 Sifat fisik aspal.....	II-34
a) Daya tahan (durability)	II-34
b) Adhesi dan kohesi	II-34
c) Kepekaan aspal terhadap suhu	II-35
2.7 Tes standar bahan aspal	II-35
1. Penetrasi	II-35
2. Titik lembek	II-36
3. Titik nyala	II-36
4. Daktalitas.....	II-36
5. Berat jenis aspal	II-37
6. Kehilangan berat.....	II-37
2.7.1 Fungsi aspal	II-39

2.7.2	Jenis jenis aspal	II-41
	a. Aspal buatan.....	II-41
	b. Aspal alam.....	II-41
2.8	Rancangan campuran beton aspal.....	II-42
2.9	Pengujian marshall.....	II-44
2.10	Karakteristik marshall.....	II-45
2.11	Bambu	II-48
	2.11.1 Mamfaat bambu	II-49
	2.11.2 Abu daun bambu	II-49
	2.11.2 Abu daun bambu	II-49
2.12	Peneliti terdahulu	II-51
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Bagan air penelitian.....	III-1
3.2	Tempat penelitian.....	III-3
3.3	Lokasi penelitian	III-3
3.4	Waktu pelaksanaan.....	III-3
3.5	Persiapan penelitian dan pengambilan sampel.....	III-3
	3.5.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	III-3
	3.5.2 Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus.....	III-4
	3.5.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus.....	III-6
	3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-8
	3.5.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	III-9
3.6	Pemeriksaan Aspal	III-10
	3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal.....	III-10
	3.6.2 Pemeriksaan Daktilitas	III-13
	3.6.3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal.....	III-14
	3.6.4 Pemeriksaan Viskositas	III-16
	3.6.5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	III-17

3.6.6	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	III-19
3.7	Pemeriksaan Abu daun bambu	III-19
3.8	Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji	III-20
3.8.1	Penentuan jumlah benda uji	III-20
3.8.2	Perancangan agregat gabungan	III-21
3.8.3	Pembuatan benda uji	III-22
3.8.4	Pengetesan benda uji dengan alat marshall	III-24

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Penyajian data	IV-1
4.1.1	Hasil pemeriksaan karakteristik Agregat	IV-1
a.	Pemeriksaan analisis saringan	IV-1
b.	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1)	IV-1
c.	Pemeriksaan berat jenis abu batu	IV-3
4.1.2	Hasil pemeriksaan karakteristik aspal minyak	IV-4
4.1.3	Analisa rencana campuran	IV-4
4.2	Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan kadar Aspal Optimum	IV-6
4.2.1	Pemeriksaan 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 pada abu daun bambu sebagai filler dengan variasi perendaman	IV-14
4.4.1	Data Hasil Uji Alat Marshall yang Diperoleh dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	IV-16
A.	Volume benda uji	IV-17
B.	Bj bulk pemadatan	IV-18
C.	Rongga dalam campuran vim	IV-19
D.	Stabilitas	IV-21
E.	Marshall Quetien (kg/mm)	IV-22

F. Rongga Dalam Agregat (VMA)	IV-23
G. Rongga Terisi Aspal (VFB)	IV-24
H. Tebal Film	IV-25
4.4.2 Analisis Hasil Pengujian pada filler 10% pada campuran beton aspal panas AC-WC	IV-28
a. Kepadatan	IV-28
b. Stabilitas	IV-29
c. Pelelehan (Flow)	IV-31
d. Marshall quitient	IV-32
e. Rongga dalam campuran (VIM)	IV-33
f. Rongga terisi aspal (VFB)	IV-34
g. Rongga dalam agregat (VMA)	IV-35
4.4.3 Analisis Hasil Pengujian dengan variasi abu daun bambu 15% pada campuran beton aspal panas AC-WC	VI-36
a. Kepkatan	IV-36
b. Stabilitas	IV-37
c. Pelelehan (Flow)	IV-39
d. Marshall quitient	IV-39
e. Rongga dalam campuran (VIM)	IV-40
f. Rongga terisi aspal (VFB)	IV-41
g. Rongga dalam agregat (VMA)	IV-42
4.4.4 Analisis Hasil Pengujian dengan penambahan abu daun bambu 20% pada campuran beton aspal panas AC -WC	IV43
a. Kepkatan	IV-43
b. Stabilitas	IV-44
c. Pelelehan (Flow)	IV-46
d. Marshall quitient	IV-46
e. Rongga dalam campuran (VIM)	IV-47
f. Rongga terisi aspal (VFB)	IV-49

g. Rongga dalam agregat (VMA)	IV-49
4.5 Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS	VI-50

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOMENTASI



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan agregat kasar	II-18
Tabel 2.2 Sepsifikasi gradasi agregat kasar	II-19
Tabel 2.3 Ketentuan agregat halus	II-20
Tabel 2.4 Spesifikasi agregat halus	II-20
Tabel 2.5 Spesifikasi ketentuan sifat sifat campuran AC-WC	II-21
Tabel 2.6 Ukuran gradasi filler	II-23
Tabel 2.7 Ketentuan filler	II-24
Tabel 2.8 Gradasi agregat untuk campuran aspal	II-25
Tabel 2.9 Pengujian aspal keras	II-38
Tabel 2.10 pengujian zat kimia abu daun bambu.....	II-50
Tabel 3.1 perhitungan benda uji	III-20
Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat	IV-1
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar (batu pecah 1-2 dan batu pecah 0,5-1)	IV-2
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis abu batu	IV-3
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan aspal penetrasi 60/70	IV-4
Tabel 4.5 Rancangan campuran aspal panas AC-WC	IV-5
Tabel 4.6 Komposisi campuran AC-WC	IV-7
Tabel 4.7 Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC	
Standar	IV-7
Tabel 4.8 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan campuran ..	IV-8

Tabel 4.9 Hasil Marshall test KAO	IV-9
Tabel 4.10 Komposisi campuran abu daun bambu 10%	IV-15
Tabel 4.11 Komposisi campuran abu daun bambu 15%	IV-15
Tabel 4.12 Komposisi campuran abu daun bambu 20%	IV-16
Tabel 4.13 Hasil uji marshall KAO sisa dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-16
Tabel 4.14 Hasil uji marshall KAO menggunakan abu daun bambu 10% Dengan variasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-26
Tabel 4.15 Hasil uji marshall KAO menggunakan abu daun bambu 15% Dengan variasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-27
Tabel 4.16 Hasil uji marshall KAO menggunakan abu daun bamboo 20% Dengan variasi perendaman kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-27
Tabel 4.17 Hubungan Kao dengan persentase nilai IKS beton aspal AC-WC	IV-51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kontruksi perkerasan kaku	II-2
Gambar 2.2 Kontruksi perkerasan lentur	II-3
Gambar 2.3 Kontruksi perkerasan komposit	II-3
Gambar 2.3 Struktur jalan	II-4
Gambr 2.4 abu daun bambu sebelum di bakar.....	II-53
Gambr 2.5 abu daun bambu setelah di bakar.....	II-53
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	III-1
Gambar 4.1 Grafik penggabungan gradasi agregat AC-WC.....	IV-6
Gambar 4.2 Grafik hasil uji marshall untuk penentuan KAO.....	IV-9
Gambar 4.3 Diagram penentuan kadar aspal optimum	IV-13
Gambar 4.4 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 10% Terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan waktu perendaman 30 menit dengan Suhu 60°C.....	IV-29
Gambar 4.5 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 10% Terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum Dengan waktu perendaman 30 menit dengan Suhu 60°C.....	IV-30
Gambar 4.6 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 10% Terhadap Flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan Waktu Perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.....	IV-31

Gambar 4.7 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 10% Terhadap Marshalt Quetient pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu Perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-32
Gambar 4.8 Diagram hubungan penambahan abu daun bamboo 10% Terhadap <i>Void In Mix</i> (VIM) pada kondisi kadar Aspal optimum dengan Waktu perendaman 30 menit Dengan suhu 60°C.....	IV-33
Gambar 4.9 Diagram hubungan penambahan bau daun bambu 10% Terhadap <i>Viod Filled With Aspalt</i> (VFB) pada kondisi kadar Aspal optimum dengan waktuperendaman 30 menit Dengan suhu 60°C.....	IV-34
Gambar 4.10 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 10% Terhadap <i>Void In Mineral Agregate</i> (VMA) pada kondisi Kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 Menit dengan suhu 60°C.....	IV-36
Gambar 4.11 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15% Terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum Dengan waktu perendaman 30 menit dengan Suhu 60°C.....	IV-37
Gambar 4.12 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15% Terhadap Stabilititas pada kondisi kadar aspal optimum	

Dengan waktu perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-38
Gambar 4.13 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15%	
Terhadap Flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan	
Waktu Perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-39
Gambar 4.14 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15%	
Terhadap Marshalt Quetient pada kondisi kadar aspal	
Optimum dengan waktu Perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-40
Gambar 4.15 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu15%	
Terhadap <i>Void In Mix</i> (VIM pada kondisi kadar	
Aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit	
Dengan suhu 60°C.....	IV-41
Gambar 4.16 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15%	
Terhadap <i>Viod Filled With Asfalt</i> (VFB) pada kondisi kadar	
Aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit	
Dengan suhu 60°C.....	IV-42
Gambar 4.17 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 15%	
Terhadap <i>Void In Mineral Agregate</i> (VMA) pada kondisi	
Kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30	
Menit dengan suhu 60°C.....	IV-43
Gambar 4.18 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	

Terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum	
Dengan waktu perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-44
Gambar 4.19 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	
Terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum	
Dengan waktu perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-45
Gambar 4.20 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	
Terhadap Flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan	
Waktu Perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-46
Gambar 4.21 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	
Terhadap Marshalt Quetient pada kondisi kadar aspal	
Optimu dengan waktu Perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-47
Gambar 4.22 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	
Terhadap <i>Void In Mix</i> (VIM) pada kondisi kadar	
Aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit	
Dengan suhu 60°C.....	IV-48
Gambar 4.23 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%	
Terhadap <i>Viod Filled With Aspalt</i> (VFB) pada kondisi kadar	
Aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan	
Suhu 60°C.....	IV-49

Gambar 4.24 Diagram hubungan penambahan abu daun bambu 20%

Terhadap *Void In Mineral Agregate* (VMA) pada kondisi

Kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit

Dengan suhu 60°C.....

IV-50



DAFTAR NOTASI

a	= Presentase aspal terhadap batuan
ASTM	= America Standart Testing and Material
AASHTO	=America Associaton 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	= Alluminium Oxide (aluminium oksida)
b	= Presentase aspal terhadap campuran
B-0	= blinding concrete/beton lantai kerja
c	= Berat kering /sebelum di rendam (gram)
CA	= Aggregate kasar
cm	= Centimeter
CaO	= Calcium Oxide kalsium oksida/ batu kapur)
d	=Bberat 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 Roller Sheet
I dan j	= Rumus Subtitusi
K ₂ O	= Potassium Oxide (potassium oksida)
LPA	= Lapisan pondasi atas
LPB	= Lapisan pondasi bawah
MQ	= Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium Oxide (magnesium oksida)
MC	= Medium Curing cut back
Na ₂ O	= Sodium Oxide (soda abu)
ODOL	= Over Dimension Over Load
P	= Pembacaan Alorji Stabilitas x Kalibrasi Alat
PB	= Perkiraan Keras Aspla Optimum
q	= Angka Koreksi Benda Uji
RC	= Rapid Curing cat back
S	= Nilai Stabilitas
SS	= Sand Sheet
SNI	= Standar Nasioanal Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
SC	= Slow Curing Cat Back
SiO ₂	= Silica (Silika)

SO₃ = Sulfur Trioxide (belerang trioksida)
SSD = Saturated Surface Dry
TD = Lapisan Tana Dasar
USA = United States Of Amerika
VIM = Void In The Mix
VFA = Void Filled With Asphalt
VMA = Void In Mineral Agregate
C = Derajat Celcius



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aspal merupakan bahan utama dalam perkerasan jalan lentur (*flexible pavement*). Aspal memiliki beberapa jenis, yaitu aspal alam, aspal keras, aspal cair, dan aspal modifikasi. Aspal memiliki sifat viskoelastis yaitu sifat untuk mencair pada suhu tinggi dan memadat pada suhu rendah. Sifat yang dimiliki aspal tersebut merupakan hal utama yang menjadikan aspal sebagai bahan utama dalam perkerasan jalan karena dapat mengikat bahan-bahan pencampur perkerasan jalan. Perkerasan jalan yang baik adalah perkerasan jalan yang mampu menahan beban lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia terdiri dari beberapa jenis. Perkerasan jalan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah lapisan aspal beton atau Laston (*AC/Asphalt Concrete*). Lapisan aspal beton banyak digunakan karena jenis perkerasan ini memiliki nilai stabilitas dan fleksibilitas yang baik. Agregat kasar, agregat halus, agregat sedang, bahan pengisi (*filler*) dan aspal merupakan bahan-bahan pencampur lapisan aspal beton. Bahan-bahan pencampur ini harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan persyaratan yang sudah ada agar perkerasan jalan aspal beton memiliki stabilitas dan fleksibilitas yang baik. Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC),

debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis dan termasuk abu daun bambu. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) abu daun bambu dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal.

Bambu biasanya dimanfaatkan untuk bahan konstruksi rumah seperti dinding, tiang dan atap. Tapi daun belum banyak dimanfaatkan, padahal abu daun bambu memiliki kandungan silika sebesar 75.90 - 82.86%. kandungan silika abu daun bambu ini merupakan yang terbesar kedua setelah abu sekam padi yaitu sebesar 93.2%. sehingga pada masih belum memuaskan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menambahkan mutu perkerasan tersebut. Dengan adanya penambahan abu daun bambu sebagai *filler* dapat mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada jalan.

Penambahan abu daun bambu sebagai *filler* pada campuran aspal berfungsi untuk mengisi rongga dalam campuran sehingga dapat meningkatkan stabilitas aspal. Pada proses ini dengan menggunakan komponen-komponen tersebut diharapkan dapat menghasilkan perencanaan AC-WC untuk perkerasan jalan dengan mutu dan kualitas

baik dan dapat memberikan manfaat dalam jangka waktu yang panjang dalam pembangunan konstruksi lapis perkerasan jalan.

Pada penelitian ini akan di coba campuran aspal dengan abu daun bambu sebagai *filler* yang diharapkan juga mampu memperbaiki karakteristik aspal. Hal ini yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan perencanaan dengan campuran aspal panas tipe AC-WC dengan bahan tambah sebagian (*filler*), abu daun bambu dan aspal minyak dengan penetrasi 60/70. Dari uraian inilah sehingga penulis tertarik mengangkat judul: **“PENGARUH PENAMBAHAN SEBAGIAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DENGAN VARIASI PERENDAMAN”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik campuran aspal panas dengan penambahan abu daun bambu sebagai *filler*.
2. Bagaimana pengaruh penamban abu daun bambu sebagai *filler* terhadap campuran aspal dengan variasi perendaman.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis karakteristik campuran AC-WC terhadap variasi penambahan abu daun bambu sebagai *filler* dalam campuran beton aspal.

1.3.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis karakteristik campuran aspal dengan penambahan abu daun bambu terhadap kadar aspal.
2. Untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik campuran aspal panas dengan menggunakan abu daun bambu pada variasi perendaman.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai karakteristik aspal terhadap penggunaan bahan tambah abu daun bambu pada campuran beton aspal dan hasil dari penelitian di harapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran wawasan bagi perencanaan tentang manfaat abu daun bambu sebagai bahan tambah campuran beton aspal.

1.4 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Pokok bahasan pada penelitian ini adalah:

1. Permasalahan yang diamati adalah karakteristik campuran aspal panas *Concrete-Waering Course (AC-WC)*
2. Pengujian karakteristik campuran beton aspal dengan metode Marshall.

1.4.2 Batasan Masalah

Untuk mengarahkan penulis agar penelitian dan permasalahan yang dikaji lebih mendetail dan sesuai dengan Judul dan tujuan penulisan Tugas Akhir ini, maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas berikut ini:

1. Pengujian dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa Makassar.
2. Material agregat kasar dan halus di ambil dari Bili-Bili di Pakatto, Kab Gowa Sulawesi Selatan.
3. Jenis Aspal/Bitumen yang digunakan adalah Aspal Minyak Penetrasi 60/70.
4. Campuran yang digunakan adalah Campuran Aspal AC - WC.
5. Variasi Abu daun bambu yaitu 10%, 15%, 20% pada campuran beton aspal.
6. Variasi perendaman yang di gunakan adalah 3, 7 dan 14 hari.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1.5.1 Bab I Pendahuluan

Pada bab I yang berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pokok pembahasan dan batasan masalah, serta sistematika penulisan.

1.5.1. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab II yang berisi tentang gambaran umum mengenai penelitian yang akan dilakukan, material penyusun aspal beton, dan karakteristik campuran aspal beton menggunakan abu daun bambu sebagai bahan tambah.

1.5.2. Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan tentang bahan-bahan penelitian, peralatan penelitian dan proses penelitian yang dilakukan hingga mendapatkan hasil dari penelitian.

1.5.3. Bab IV Analisi dan pembahasan

Pada bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data yang diperoleh dari teori yang ada.

1.5.4. Bab V kesimpulan dan saran

Pada bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran dari tugas akhir ini dan pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengelolaan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan Raya

Perkerasan jalan merupakan 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).

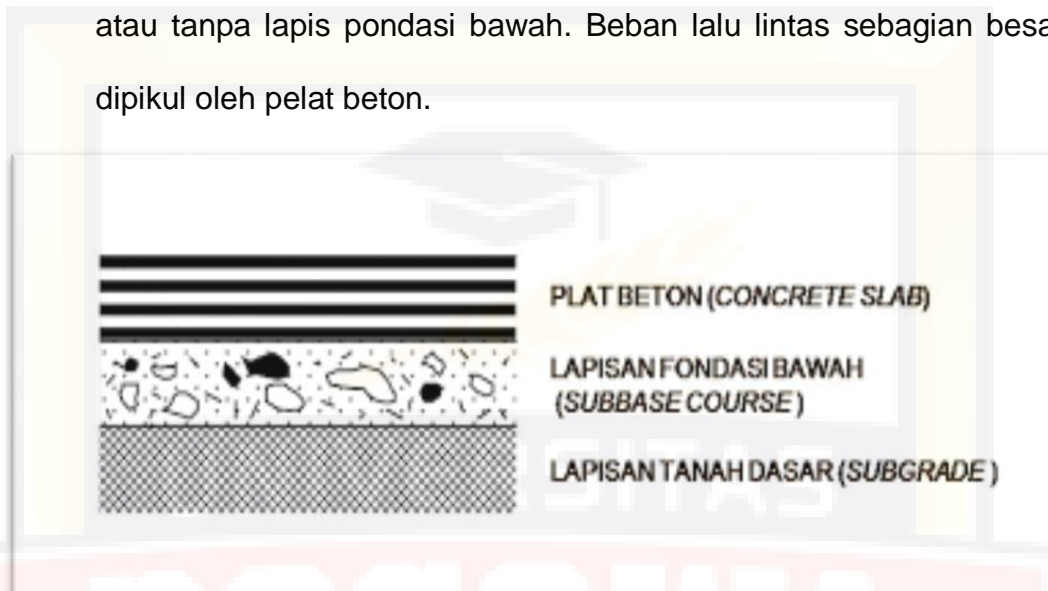
Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

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.

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan raya dibedakan atas 3 (tiga) jenis yaitu :

- a. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang

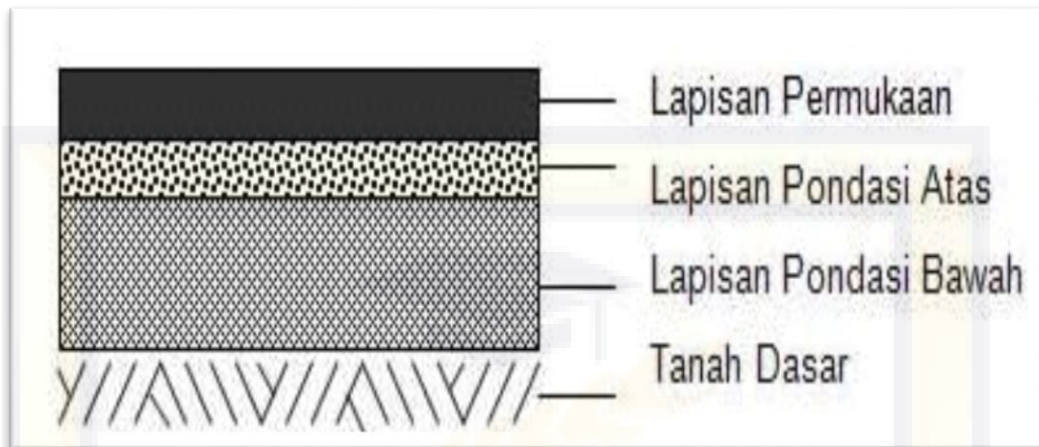
- b. menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Gambar 2.1. Perkerasan Lentur

(sumber : [perkerasan lentur - Bing images](#))

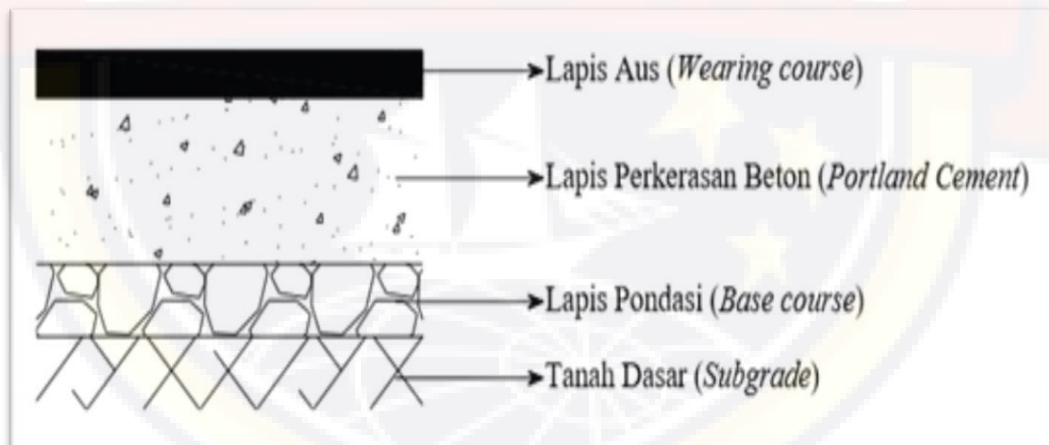
- c. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).



Gambar 2.2. Perkerasan Kaku

(sumber:ppt-perkerasan-jalan- raya-2015-39-638.jpg(638x479)
(slidesharecdn.com)

- d. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan yang dikombinasikan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Dapat berupa perkerasan lentur diatas



perkerasan kaku ataupun sebaliknya.

Gambar 2.3. Perkerasan Komposit

(sumber:perkerasan komposit - Bing images)

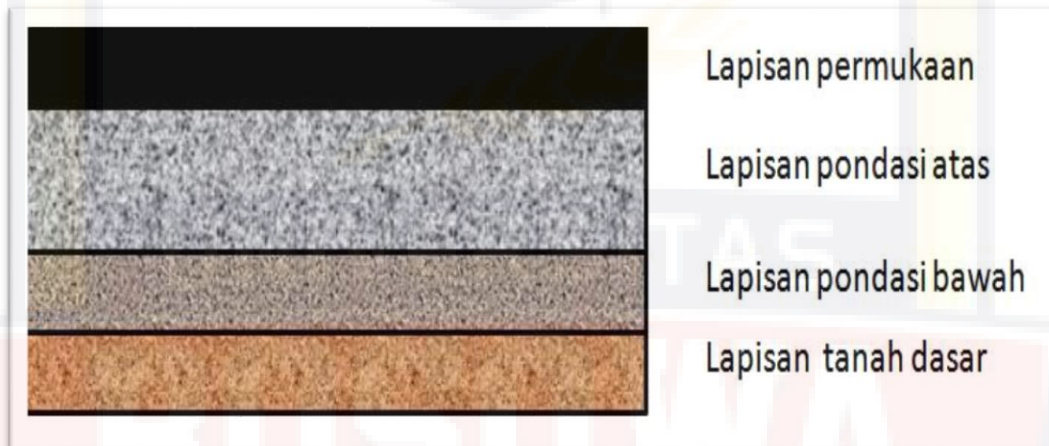
2.2 Struktur Jalan

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*)

Gambar 2.4 Struktur Jalan



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

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

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

- ✓ Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:
 - ❖ Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
 - ❖ Lapisan kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.

- ❖ Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- ❖ Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- ✓ 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.
- ✓ 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.
- ✓ 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.

2.2.1 Jalan Menurut Kelas

Jalan menurut kelas 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 tebal perkerasan jalan yang ditentukan sesuai dengan kelas jalan. Makin berat kendaraan-kendaraan yang melalui suatu jalan, makin berat pula syarat-syarat yang ditentukan untuk pembuatan jalan itu, Jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas berdasarkan Fungsi dan intensitas Lalu Lintas guna kepentingan pengaturan penggunaan jalan dan Kelancaran Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

a. Umum

1. Sistem Jaringan Jalan

- a) Sistem jaringan jalan primer Sistem jaringan jalan primer disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang dan struktur pengembembangan wilayah di tingkat nasional, yang menghubungkan simpul – simpul jasa distribusi. Jaringan jalan primer menghubungkan secara menerus kota jenjang ke satu, kota jenjang ke dua, kota jenjang ke tiga, dan kota- kota di bawahnya sampai persiil dalam satu satuan wilayah pengembangan. Jaringan jalan primer menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjnag ke satu antar satuan wilayah pengembangan.
- b) Sistem Jaringan Jalan Sekunder Sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan – kawasan yang memliki fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai perumahan.

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,
- 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.

3. Wewenang

a) Jalan Nasional

Kewenangan pengelolaan jalan nasional berada pada Pemerintah Pusat yang dilaksanakan oleh Menteri (dalam hal ini Menteri Pekerjaan Umum). Sebagian wewenang Pemerintah dalam pembangunan jalan nasional yang meliputi perencanaan

teknis, pelaksanaan konstruksi, serta pengoperasian dan pemeliharaan dapat dilaksanakan oleh pemerintah provinsi.

b) Jalan Provinsi

Kewenangan pengelolaan jalan provinsi berada pada Pemerintah Daerah Provinsi (Pemprov) yang dilaksanakan oleh Gubernur atau pejabat yang ditunjuk.

c) Jalan Kabupaten

Kewenangan pengelolaan jalan kabupaten berada pada Pemerintah Daerah Kabupaten (Pemkab) yang dilaksanakan oleh Bupati atau pejabat yang ditunjuk.

d) Jalan Kota

Kewenangan pengelolaan jalan kota berada pada Pemerintah Kota (Pemkot) yang dilaksanakan oleh Wali Kota atau pejabat yang ditunjuk.

e) Jalan Desa

Kewenangan pengelolaan jalan desa berada pada Pemerintah Desa (Pemdes) yang dilaksanakan oleh Kepala Desa atau pejabat yang ditunjuk.

b. Khusus

Jalan khusus merupakan jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perorangan, atau kelompok masyarakat, untuk kepentingan sendiri.

c. Tol

Jalanan tol pada dasarnya merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan termasuk kedalam jalan nasional dimana penggunaannya diwajibkan membayar tol. Jalan tol dibangun untuk memperlancar lalu lintas di daerah berkembang demi meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang dan jasa, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Jalan tol juga dapat meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan. Uang yang dibayar oleh pengguna akan digunakan untuk pengembalian investasi, pemeliharaan jalan, dan pengembangan jalan tol.

2.3 Pembebanan Pada Perkerasan Jalan

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

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

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

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

2.3.1 Pengertian Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihampar, dan dipadatkan.

Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara $145^{\circ} - 155^{\circ}\text{C}$, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix*.

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

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Menurut Sukirman (1999:10), Laston dikenal dengan nama *Asphal Concrete (AC)*, merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara beberapa agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

2.3.2 Jenis Beton Aspal

Jenis beton aspal campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah:

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan –jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama *AC (Asphalt Concrete)* karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama *AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *AC – WC* adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis perata, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*. Tebal nominal minimum *AC-WC* adalah 4 cm.
 - c. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama *AC-base (Asphalt Concrete – Base)*. Tebal minimum *AC-Base* adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:
- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse)*. Tebal nominal minimum *HRS-WC* adalah 2.5-3 cm.
 - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Tebal nominal minimum *HRS-Base* adalah 2.5-3 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan – jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (rutting) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk

daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Lintasir biasa juga disebut SS (Sand Sheet) atau *HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)*. Sesuai

gradasi agregatnya, campuran lintasir dapat dibedakan atas:

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

2.3.3 Karakteristik Campuran Beton Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (*AC*) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur

dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani.

2) Keawetan (*Durabilitas*) adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis perkerasan adalah sebagai berikut :

a. Selimut Aspal (*Film Asphalt*)

Selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal yang mempunyai durabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi lebih tinggi pula.

b. Rongga Potensial

Rongga potensial yang kecil akan lebih kedap air dan udara yang masuk kedalam campuran relative sedikit.

c. Rongga - rongga antar butiran agregat (*Voids In Mineral Agregat, VMA*) *VMA* adalah rongga-rongga antar butiran agregat, jika *VMA* besar maka selimut aspal dapat di buat lebih tebal, jika *VMA* dan rongga potensial kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan akan terjadi *bleeding*. Untuk mencapai *VMA* yang besar dapat digunakan agregat bergradasi terbuka.

3) Kelenturan (*Fleksibilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/sentlement*) dan

pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang di buat di atas tanah asli. *Fleksibilitas* dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi. Perubahan volume nilai *fleksibilitas* ditunjukkan oleh *Marshall Quotient (MQ)*.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

5) Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.

Faktor–faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu :

a. Kekasaran permukaan dari butir – butir.

Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan.

b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir

c. Gradasi agregat

d. Kepadatan campuran

e. Tebal film aspal

f. Ukuran maksimum butir agregat

6) Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.

Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film / selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat *impermeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7) Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a. Viscositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c. Gradasi dan kondisi agregat

2.4 Material Beton Aspal

2.4.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan suatu komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

Agregat untuk campuran AC-WC harus memiliki sifat-sifat yang memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perlu diadakan pemeriksaan terhadap sifat-sifat dari agregat yang akan digunakan.

Pemeriksaan terhadap sifat-sifat agregat tersebut merupakan dasar dalam merencanakan komposisi campuran serta sangat menentukan kualitas dari campuran tersebut.

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

a. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas, sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :
 - a) Gradasi
 - b) Ukuran maksimum
 - c) Kadar lempung
 - d) Kekerasan dan ketahanan

- e) Bentuk butir
 - f) Tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :
- b) Porositas
 - c) Kemungkinan basah
 - d) Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :
- a) Tahan geser (*skid resistant*)
 - b) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

b. Spesifikasi Agregat

1. Agregat Kasar (Chipping)

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8. Dimana agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, bersih dari lempung, kotoran-kotoran, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki, dan mendekati gradasi seperti tabel dibawah.

Tabel 2.1 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	Campuran AC bergasadi	SNI 2417:2008	Maks. 30%

Pengujian		Standar	Nilai
Angeles	Semua jenis campuran bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791	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 2.2 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
$\frac{3}{4}$	19	100
$\frac{1}{2}$	12,5	30 – 100
8-Mar	8,5	0 – 55
No. 4	4,7	0 – 100
No.8	2,36	0 – 1

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

Pada campuran AC-WC kedudukan agregat kasar hanya mengambang (*Floating*) dan ini dimaksudkan agar agregat kasar sebagai bahan tambahan akan memberikan pengaruh pada campuran yaitu menurunkan penggunaan kadar aspal, mengurangi ruang kosong (*void*) dalam campuran.

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lewat saringan 2.36 mm dan tertahan pada saringan 75 μm atau saringan no. 200. Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya.

Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel.

Sifat-sifat khusus yang diperlukan dari agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik.

Agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat halus

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

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

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

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

3. Kadar Aspal AC-WC

Kadar Aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi sifat campuran yang diinginkan dengan rentang kadar aspal optimum lebih besar 0,5% dengan persyaratan karakteristik campuran AC-WC yang diuji Marshall harus memenuhi persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga edisi 2018.

Tabel 2.5 Spesifikasi Ketentuan sifat-sifat campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 (3)
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 (3)
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min.	2		

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 1 Perkerasan Aspal Ac-Wc

4. Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah material yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, Portland semen, abu batu dan abu daun bambu. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlalu tinggi kadar *filler* maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Pada sisi lain kadar *filler* yang terlalu rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

Jumlah *filler* ideal antara 0.6 sampai 1.2, yaitu perbandingan presentase *filler* dengan prosentase kadar aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

Filler berperan dalam campuran aspal dengan dua macam cara yaitu pertama *filler* sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Sedangkan peran kedua adalah suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal didalam mortar, selanjutnya sifat-sifat mortar ini tergantung pada sifat asli dari pasir, jumlah takaran dalam

campuran aspal serta *viskositas* pasta atau bahan pengikat yang digunakan.

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

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

Tabel 2.6 Ukuran Gradasi Filler

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

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

Tabel 2.7 Ketentuan Filler

NO.	KARAKTERISTIK	METODE PENGUJIAN	PERSYARATAN
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81	-
2.	Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	MIN 70 %

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

c. Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan.

Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½inci, 3inci, 2½inci, 2inci, 1½inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi.

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

- 1) Gradasi seragam (*Uniform Graded*) / gradasi terbuka (*Open Graded*) adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka karena mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga / ruang kosong antar agregat.
- 2) Gradasi rapat (*Dense Graded*) adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*).

3) Gradasi senjang (*Gap Garded*) adalah gradasi dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan di atas.

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 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.8. di bawah ini

Tabel 2.8 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat				
		Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	-	100	90-100
3/4"	19	100	100	100	90-100	76 - 90
1/2"	12,5	90-100	90-100	90-100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	-	-	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	-	-	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	-	-	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150	-	-	6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Yang umum di gunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling besar diletakkan paling diatas dan yang paling halus di letakkan di bawah

2.4.2 Aspal

Aspal menurut *American Society For Testing and Materials (ASTM)* sebagai material berwarna hitam, padat atau semi padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Aspal bersifat termoplastis, yaitu mencair jika dipanaskan sampai pada suhu tertentu dan akan kembali membeku jika temperatur mulai turun. Bahan dasar dari aspal adalah *Hydrocarbon* yang umumnya disebut bitumen sehingga aspal sering juga disebut bitumen.

Pada konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan persentase berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

Berdasarkan cara mendapatkannya aspal dibedakan atas tiga bagian yaitu aspal alam, aspal buatan dan aspal modifikasi.

2.4.3 Lataston atau *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (Bina Marga revisi 2010), lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu; yang dicampur dan dipadatkan secara panas (dalam suhu tertentu, minimum 124°C), dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm. Gradasi senjang inilah yang memberikan *Hot Rolled Sheet (HRS)* sifat ketahanan terhadap cuaca dan memiliki permukaan yang awet, yang dapat mengakomodasi lalu lintas berat tanpa terjadi retak. HRS/Lataston terdiri dari dua macam campuran yaitu Lataston lapis pondasi (*HRS-Base*) dan Lataston Lapis permukaan (*HRS-Wearing course*). Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada lataston lapis permukaan (*HRS-Wearing course*). Campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana kurang dari 1.000.000. ESA. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi.

Konstruksi perkerasan HRS dalam penggunaannya dibagi menjadi dua kelas yaitu kelas A dan kelas B. Perbedaan kedua konstruksi perkerasan tersebut terdapat pada gradasi agregat yang digunakan, beban lalu lintas dan segi pemakaian. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*),

sedangkan aspal yang digunakan biasanya jenis aspal keras AC 60-70 dan AC 80100.

Pembuatan lapis tipis aspal beton (lataston) bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antar pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi bawahnya. *Hot Rolled Sheet* bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran *HRS* dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi *bleeding*. Selain itu, *HRS* mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi. Kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan adalah pada proses penghamparan dan pemadatan karena *HRS* tidak sepenuhnya murni *gapgraded* (Bina Marga, 2018).

Fungsi dari *Hot Rolled Sheet (HRS)* adalah sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi perkerasan, sehingga dapat mempertahankan kekuatan konstruksi sampai tingkat tertentu. Keistimewaan *Hot Rolled Sheet (HRS)* yaitu mempunyai keawetan tinggi tetapi stabilitasnya rendah.

Salah satu hal yang cukup berpengaruh terhadap karakteristik *HRS* adalah rancangan campuran, baik itu pada saat pencampuran, penghamparan, pemadatan, atau pada saat pemanfaatannya. Suatu

rancangan campuran dengan proporsi tertentu akan menghasilkan karakteristik campuran tertentu pula. Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran *HRS-Base* adalah :

a) *Stabilitas*

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur maupun *bleeding* (pengumpulan aspal di permukaan perkerasan).

b) *Durabilitas* (keawetan/daya tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu maupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan *HRS - Base* adalah:

- 1) Film atau selimut aspal. Film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapisan yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* yang tinggi.
- 2) VIM kecil sehingga hasil kepadatan air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- 3) VMA besar sehingga, film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya *bleeding*

(pengumpulan aspal di permukaan perkerasan) besar. Yang dimaksud dengan *VIM* (*Void In Mix*) adalah pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang ada dalam campuran aspal. Sedangkan *VMA* (*Void in Mix Agregate*) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang cukup diserap agregat).

c) *Fleksibilitas* (kelenturan)

Fleksibilitas adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

d) Tahan Geser/kekerasan (*Skid Resistance*)

Tahan geser adalah kekerasan yang diberikan oleh perkerasan sehingga tidak mengalami slip, baik diwaktu hujan atau basah maupun diwaktu kering, kekerasan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dengan ban kendaraan.

e) Ketahanan terhadap kelelahan

Ketahanan terhadap kelelahan adalah ketahanan dari lapisan atas aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*Rutting*) dan retak.

f) Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)

Yang dimaksud dengan kemudahan pekerjaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Dalam pengujian karakteristik *Hot Rolled Sheet – Base* (HRS Base) dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari campuran tersebut. Pengujian itu antara lain dilakukan dengan: (1) uji stabilitas dengan alat uji Marshall; (2) uji perendaman Marshall untuk indeks perendaman. Agar diperoleh karakteristik campuran yang maksimal, maka harus dilakukan pengujian pada kondisi dimana persentase aspal dari campuran adalah optimum. (Sukirman, 1999).

2.4.4 Spesifikasi Campuran Lataston

Campuran pada penelitian ini adalah *Hot Rolled Sheet (HRS)* yang memiliki gradasi senjang. Ketentuan sifat-sifat campuran Lataston mengacu pada Bina Marga (2010) yang terlihat pada tabel berikut :

2.5 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- Bahan pengikat, yaitu
 1. memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat antara sesama aspal.
 2. Agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terabrasi akibat lalu lintas.

3. Sebagai lapisan kedap yang melindungi agregat dan material lain dibawahnya dari pengaruh air.

- Bahan pengisi, yaitu mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

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

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

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori-pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing-masing butir.

Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu diatasnya ditaburi butiran agregat halus. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai kebagian bawah. Dengan adanya aspal dalam campuran yang diharapkan maka diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu

lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu, aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik.

2.6 Sifat-Sifat Aspal

2.6.1 Sifat Kimia Aspal

a. 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.

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

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

- c) Saturated 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.

2.6.2 Sifat Fisik Aspal

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

a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan.

Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi daktilitas rendah atau dengan kata lain aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula.

b) Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat adhesi dan kohesi sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran.

c) Kepekaan Aspal Terhadap Suhu

Aspal adalah material yang bersifat termoplastik, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika suhu rendah dan akan lunak atau lebih cair jika suhu tinggi. Hal ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan suhu.

Kepekaan terhadap suhu dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut memiliki jenis yang sama.

2.7 Tes Standar Bahan Aspal

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (*grade*) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang

paling sesuai dalam rangka mengurangi resiko kegagalan. 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 bahan pengikat perkerasan lentur.

1. Penetrasi

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

2. Titik Lembek

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

3. Titik Nyala

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

4. Daktilitas

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

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

5. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C.

Pengujian ini ditujukan untuk memperoleh nilai berat jenis aspal keras dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi ini mensyaratkan berat jenis diatas 1,0 gram/cc, kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan asphaltene dan terlalu banyak minyak ringan yang mudah menguap dan kehilangan daya lengketnya.

6. Kehilangan Berat

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

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (*consistency*), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut.

Tabel 2.9 Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi	SNI 06-6442-2000	-

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

Sumber : Spesifikasi umum 2018

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2018

Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus

yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal.

2.7.1 Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

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

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

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

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

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas

selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca.

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

2.7.2 Jenis – jenis Aspal

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

a. Aspal buatan

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

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

b. Aspal Alam

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

1. Aspal Danau (Lake Asphalt)

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

2. Aspal Batu (Rock Asphalt)

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

campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastik.

Akibatnya tingkat keamanan dan kenyamanan berkendara berkurang karena kondisi bentuk dan hasil pemeliharaan rutin maupun peningkatan jalan tidak memenuhi spesifikasi yang isyaratkan.

2.8 Rancangan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal adalah campuran antara agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Agregat terutama diperoleh dari tempat terdekat dari lokasi yang akan menggunakannya.

Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan mempergunakan alat marshall. Metode rancangan berdasarkan pengujian empiris terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Menguji sifat agregat dan aspal yang akan dipergunakan sebagai bahan dasar campuran.
2. Rancangan campuran di laboratorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan. Rumus campuran rancangan ini dikenal dengan nama DMF (*Design Mix Formula*). DMF ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.
3. Kalibrasi hasil rancangan campuran ke instalasi pencampuran yang akan digunakan.

Berdasarkan hasil kedua tahap di atas, dilakukan percobaan produksi di instalasi pencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan pemadatan dari hasil campuran percobaan. Percobaan produksi paling sedikit dilakukan sebanyak 50 ton campuran. Seluruh pekerjaan menggunakan seluruh peralatan yang akan digunakan dalam prosedur pemadatan yang direncanakan. Kendali mutu dengan melakukan kontrol kualitas untuk setiap tahap produksi. *DMF* dapat disetujui menjadi rumus perbandingan campuran (*JMF = Job Mix Formula*) jika percobaan pencampuran di instalasi pencampuran dan penghamparan memenuhi semua persyaratan.

2.9 Pengujian Marshall

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan.

Marshall Test, adalah tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan.

Dari tes Marshall akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang akan menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas *Marshall*, atau disebut juga sebagai *Static Stability test*, dinyatakan dalam Kg) dari

selinder beton aspal (benda uji), yang telah direndam satu jam pada suhu 60°C.

Agregat yang digunakan untuk membuat benda uji Marshall tidak boleh melebihi 25 mm (= 1 inci), jika digunakan agregat lebih besar dari 25 mm sampai dengan 38 mm (= 1,5 inci), maka haruslah dilakukan modifikasi.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi *proving ring* (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Benda uji Marshall berbentuk selinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (= 6,35 cm). Disamping itu terdapat arloji kelelahan (*flowmeter*) untuk mengukur kelelahan plastis.

2.10 Karakteristik Marshall

- a. Stabilitas (Stability) merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan

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

Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami alur, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

- b. Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya 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 diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*.

Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya penguncian antar agregat campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi.

Nilai *VFA* yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat

jumlah dan temperatur pemadatan. 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, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

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 dan alur.

- c. Rongga Udara dalam Campuran / *Void In Mix (VIM)* atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan *bleeding*) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi / penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra *violet*).
- d. Rongga Terisi Aspal *Void Filled Bitumen (VFB)* diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan (*durability*) dan tahan air (*impermeability*) yang cukup memadai.
- e. Rongga pada Campuran Agregat/*Void Mineral Aggregate (VMA)* adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam prosentase volume total

campuran. Bila rongga udara serta kadar aspal telah diketahui, maka hanya tingkat absorpsi agregat yang belum terungkap. Dengan pertimbangan bahwa penilaian agregat sudah dilakukan pada tahap perencanaan, maka parameter *VMA* dapat dianggap tidak diperlukan lagi.

- f. Hasil Bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)* Parameter Marshall Quotient diperlukan untuk dapat mengetahui tingkat kekakuan (*stiffness*) campuran. Pada lapisan overlay tebal > 5 cm, maka kekakuan yang tinggi dapat menahan deformasi dan mendistribusikan beban lalu lintas ke daerah yang lebih luas pada tanah dasar, sedangkan pada pelapisan yang tipis (< 5 cm), maka nilai kekakuan perlu dibatasi agar lapisan tambahan tersebut tidak mudah retak. Batasan kekakuan lapisan tipis lebih diperketat bila lendutan yang ada (kondisi jalan lama) cukup besar (> 2 mm).

2.11 Bambu

Bambu merupakan material biomassa yang banyak diteliti, diproduksi sebagai karbon aktif dan diaplikasikan di berbagai bidang kehidupan. Namun sangat sedikit bahkan hampir tidak ditemukan referensi yang membahas kegunaan karbon aktif dari bambu sebagai *adsorbent* untuk *Adsorbed Natural Gas (ANG)*. Penelitian ini difokuskan untuk mengkarakterisasi dan mengevaluasi potensi bambu swat (*Gigantochloa verticillata*) sebagai material dasar karbon aktif untuk aplikasi ANG. Pengujian yang dilakukan meliputi uji proximate, uji ultimate,

uji komposisi kimia dan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bambuswat memiliki kandungan lignin 22,9920%, selulosa 44,2247%, volatile 88'32%, carbon 43,42%,ash 1,83%, silica (1,8664%) dan nitrogen 1,7065%. Bambu swat memiliki ikatan pembuluh yang terdiri atas satu ikatan pembuluh (*xilem dan floem*) dan dua ikatan serat yang terletak di sebelah dalam dan luar dari ikatan pembuluh. Secara umum dapat dikatakan bahwa bambu jenis ini memiliki kandungan *sellulosa, volatile* dan karbon yang cukup tinggi serta *ash, silica, hydrogen* dan nitrogen yang rendah sehingga bambu swat sangat berpotensi digunakan sebagai material sumber karbon aktif.

2.11.1 Manfaat Bambu

Bambu, merupakan salah satu jenis rumput – rumputan yang termasuk ke dalam *family Graminae* dan masih banyak terdapat disekitar kita terutama daerah pedesaan. Bambu biasanya dimanfaatkan untuk bahan konstruksi rumah seperti dinding, tiang dan atap. Tapi daun belum banyak dimanfaatkan, padahal kandungan abu daun bambu dari daun bambu sebesar 20% dengan kandungan silika sebesar 75.90 - 82.86%. Sedangkan kandungan silika abu daun bambu ini merupakan yang terbesar kedua setelah abu sekam padi yaitu sebesar 93.2%.

2.11.2 Abu Daun Bambu

Pada konstruksi perkerasan, bahan aspal digunakan sebagai bahan pengikat antara batuan atau agregat, sehingga membentuk suatu konstruksi yang kuat apabila dilintasi kendaraan. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh yang akhirnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi atau dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan (Sukirman, 1999). Menurut Dransfield dan Wijaya (1995), Bambu merupakan komoditas local yang dikenal oleh masyarakat sejak dulu. Bambu merupakan tanaman yang mudah ditemui di Indonesia terutama di Jawa, Bali, Sulawesi Selatan dan Sumatera. Bambu merupakan tanaman *Ordo Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan bambu dapat dipanen pada umur 3 tahun (Suhardiman, 2011) dan memiliki jumlah produksi tinggi yaitu sekitar 33,4-109,2 ton/ha/tahun (Dransfield and Wijaya, 1995). Bambu mengandung silika yang cukup tinggi (Suhardiman, 2011; Amu and Adetuberu, 2010). Berdasarkan hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan bambu mengandung zat kimia dapat di lihat pada Tabel 2.10 Zat Kimia Yang Dikandung Oleh Bambu.

Tabel 2.10 Pengujian Zat Kimia

No.	Zat Kimia	Kandungan Zat Kimia
1	Selulosa	42,4% - 53,6%
2	Lignin	19,8% - 26,6%
3	Pentosan	1,24% - 3,77%
4	Kadar Abu	1,24% - 3,77%
5	Silika	0,10% 1,28%

6	Ekstraktif	0,9% - 6,9%
7	Holoseulosa	73,23% - 83,80%

Sumber : Kristianto dkk (2000)

Dari kandungan silika yang dimiliki oleh bambu, memungkinkan untuk memanfaatkan bambu menjadi lebih optimal dengan mengekstrak kandungan silika dari bambu tersebut. Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatannya dan aplikasinya cukup luas berbagai bidang.

Adanya kandungan silika dalam daun bambu memiliki potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan material berbahan dasar silika. Silika dari daun bambu ini dapat diperoleh dari metode pengabuan (Amu and Adetuberu, 2010; Cocina dkk., 2008; Singh dkk., 2007). Kandungan silika yang terdapat dalam daun bambu berkisar antara 75.90% - 82.86% . Kandungan silika abu daun bambu ini merupakan yang terbesar kedua setelah abu sekam padi.

2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian Ratna Dewi dkk (2014) berjudul “Pengaruh penambahan serbuk bambu terhadap karakteristik campuran Aspal Binder Course (AC-BC) pada penelitian ini menggunakan metode *Marshall Test*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik campuran aspal AC-BC normal dan aspal AC-BC dengan penambahan bambu.

Berdasarkan penelitan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memperoleh hasil dengan gradasi baik dengan kadar aspal yang digunakan yaitu 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%. Dan mendapatkan KAO normal sebesar 5,85%, pada penelitian ini menggunakan 2 variasi

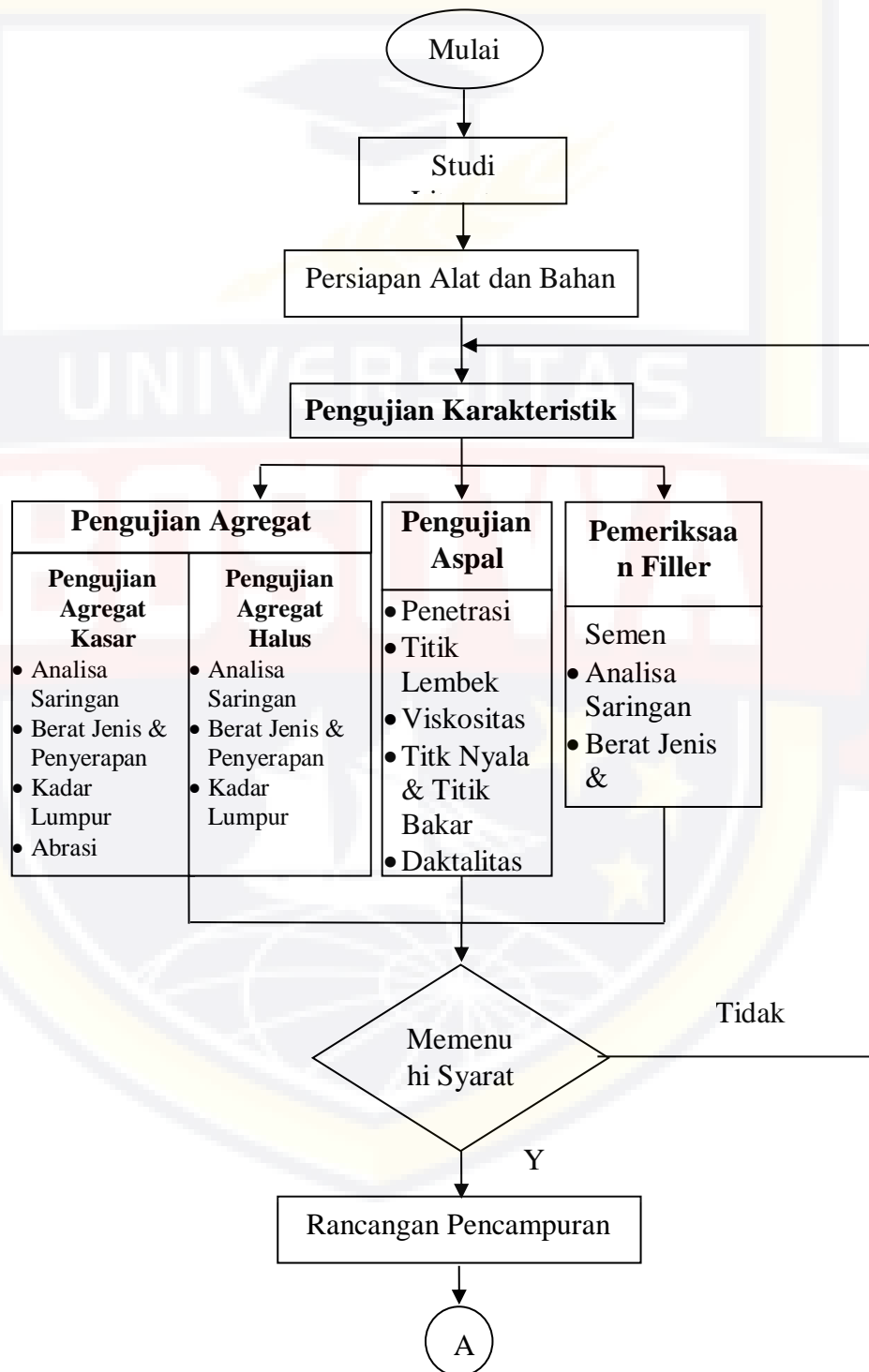
campuran yaitu 1% serbuk bambu dan 2% serbuk bambu. Adapun hasil penelitian ini memperoleh nilai terbaik pada campuran 1% serbuk bambu.

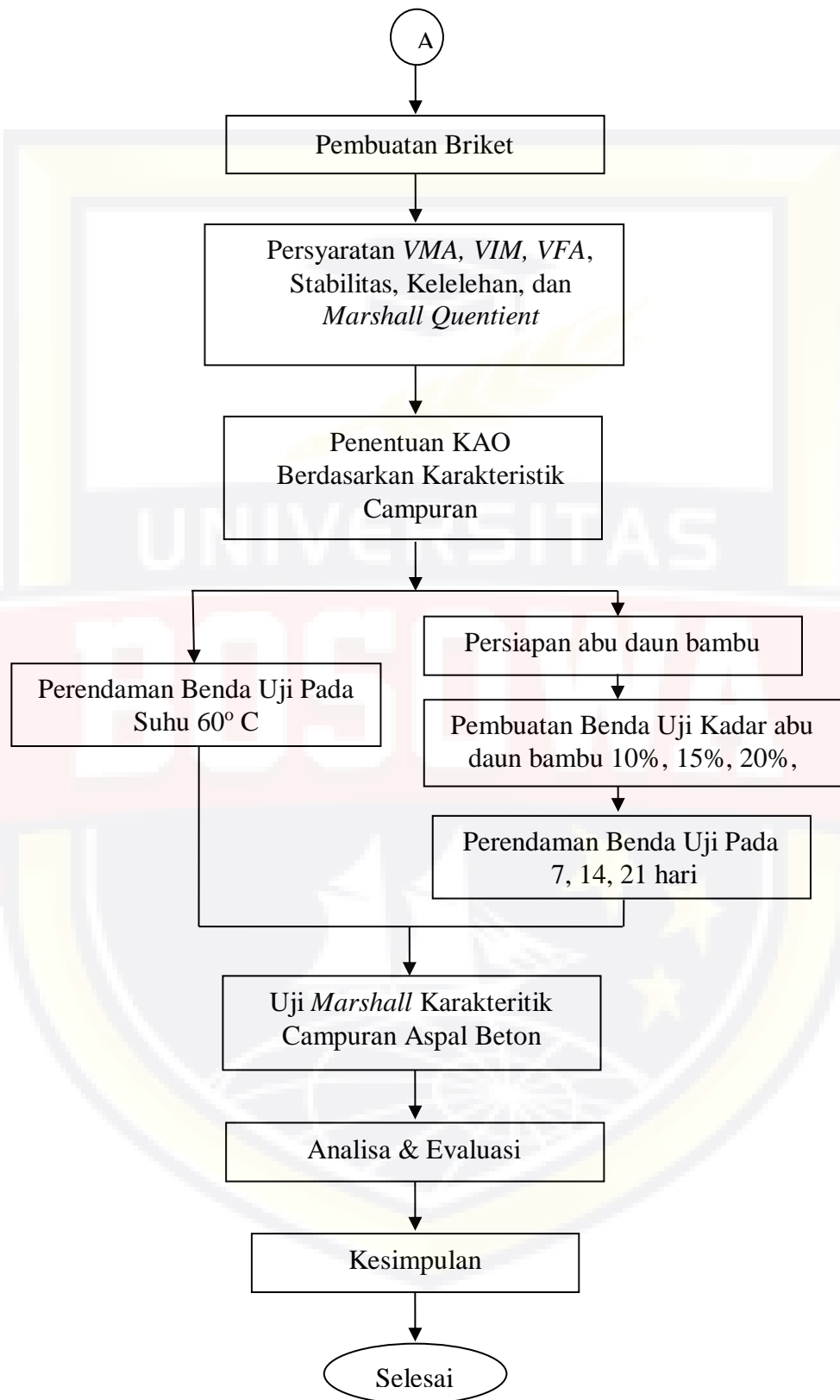


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Tempat Penelitian

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

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi Material Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari Bili-Bili, di Pakatto Kab. Gowa-Sulawesi Selatan dan abu daun bambu di Tanah Toraja.

3.4 Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan pada bulan Januari 2021

3.5 Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

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

3.5.1 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

d. Prosedur kerja:

1. Masing-masing benda uji dibagi dengan menggunakan alat Splitter sampai mendapat pembagian sesuai kebutuhan.
2. Kemudian saringan disusun sesuai spesifikasi.
3. Lalu masing-masing benda uji tersebut baik Batu Pecah 1-2, Batu Pecah 0,5-1, Abu Batu maupun semen dimasukkan kedalam saringan, lalu dilakukan penyaringan sampai tidak ada lagi yang lolos pada tiap-tiap saringan.
4. Setelah itu saringan diangkat dan dibuka lalu ditimbang berat masing-masing agregat yang tertahan pada saringan tersebut.

e. Rumus:

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

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

3.5.2 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

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 2 - 3
2. Batu Pecah 1 – 2
3. Batu Pecah 0,5 - 1

d. Prosedur Kerja:

1. Rendam benda uji selama ± 24 jam.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan keringkan dengan dilap agar air pada permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab (Kondisi SSD).
3. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan kering permukaan jenuh (Bj).
4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (Ba).

5. Keluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian keringkan dalam oven selama ± 24 jam.

6. Keluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan dalam suhu ruangan hingga dingin kemudian timbang, sehingga didapat berat benda uji kering (B_k).

e. Rumus:

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

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} =$$

$$\frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.4)$$

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

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

3.5.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan:

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

b. Peralatan:

1. Talam
2. Kerucut terpancung (*Cone*)
3. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata
4. Saringan No.4
5. Saringan No.200

6. Piknometer
7. Pompa hampa udara (*Vaccum Pump*)

8. Air Suling
9. Timbangan
10. Oven

c. Benda Uji:

Agregat yang lolos saringan No.8

d. Prosedur Kerja:

1. Rendam benda uji selama 24 jam.
2. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talang, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpacung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpacung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling kedalam piknometer kira-kira $\frac{3}{4}$ bagian, putar sambil guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dipergunakan pompa hampa udara.

5. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
6. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt)
7. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu 110°C, kemudian dinginkan benda uji lalu timbang (BK).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukuran suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

e. Rumus:

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

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

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

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

keterangan:

BK = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

BT = Berat picnometer + air + benda uji

3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

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

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

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.5.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

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

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

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

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)

3.6 Pemeriksaan Aspal

3.6.1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

- a. Tujuan :

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

b. Peralatan:

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

c. Benda uji:

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja:

1. Timbang piknometer kosong dalam keadaan bersih dan kering.
2. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm, kemudian mengatur suhu bak perendaman pada suhu 25°C.
3. Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg, (A).
4. Angkat bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
5. Letakkan piknometer kedalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan kedalam bejana berisi piknometer kedalam bak perendam, diamkan bejana tersebut kedalam bak perendam selama 30 menit (B).

6. Panaskan contoh bitumen/aspal sejumlah ± 100 gram, sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit atau pada suhu 111°C diatas titik lembek aspal.
7. Tuang benda uji tersebut kedalam piknometer hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian kemudian biarkan piknometer hingga dingin tidak kurang dari 40 menit, lalu menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1mg (C).
8. Isi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar kemudian tekan penutupnya hingga rapat.
9. Masukkan bejana kedalam bak perendam dan diamkan selama 30 menit.
10. Angkat dan keringkan lalu timbang piknometer (D)

e. 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).

3.6.2 Pemeriksaan Daktilitas

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal minyak sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

b. Peralatan:

1. Termometer
2. Cetakan daktilitas kuningan
3. Pelat alat cetakan
4. Bak perendam
5. Mesin uji daktilitas
6. Alat pemanas, untuk mencairkan aspal keras
7. Spatula

c. Benda Uji:

Aspal Minyak, Glyserin

d. Prosedur Kerja:

1. Lapisi cetakan dengan campuran *Glyserin* kemudian memasang cetakan daktilitas diatas pelat dasar.
2. Tuang bahan uji kedalam cetakan dari ujung ke ujung hingga penuh berlebih.
3. Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30-40 menit lalu ratakan dengan spatula.

4. Rendam di dalam bak perendam yang bersuhu 25°C selama 30 menit.
5. Lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan.
6. Pasang benda uji pada mesin uji dan tarik dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus.
7. Baca jarak antara pemegang benda uji pada saat benda uji putus (cm).

3.6.3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (*Solid Atau Semi Solid*) dengan memasukkan ukuran 100 gram, beban dan waktu tertentu dalam aspal pada suhu 25°C.

b. Peralatan:

1. Alat penetrasi
2. Pemegang jarum
3. Jarum penetrasi
4. Pemberat
5. Cawan
6. Bak perendam (*water Bath*)
7. Bak / Tempat air
8. Pengatur waktu (*stopwatch*)
9. Termometer Logam

c. Benda Uji:

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja:

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

3.6.4 Pemeriksaan Viskositas

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan.

b. Peralatan:

1. Satu set alat viskositas
2. Termometer
3. Labu viskositas

c. Benda Uji:

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja:

1. Panaskan benda uji pada suhu 120°C
2. Tuangkan benda uji kedalam tabung viskositas (suhu pemanasan aspal harus sama dengan suhu aspal didalam tabung viskositas)
3. Buka karet penyumbat dari tabung viskositas dan mulai menyalakan stopwatch saat benda uji menyentuh dasar labu viskositas.
4. Matikan stopwatch apabila benda uji tepat pada garis batas labu viskositas.
5. Catat waktu air (t) dalam detik.
6. Tutup kembali lubang viskositas dengan karet penyumbat.
7. Ulangi percobaan dari poin 1- 6 untuk suhu 140°, 160°C dan 180°C.

3.6.5 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil aspal minyak bumi.

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan aspal.

Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik permukaan aspal.

b. Peralatan:

1. Termometer
2. Cawan Cleveland Open Cup
3. Plat pemanas
4. Batang nyala Bunsen yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3.2-4.8 mm dengan panjang tabung 7.5 cm.

c. Benda Uji:

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja:

1. Letakkan cawan diatas plat pemanas dan atur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
2. Letakkan pembakar dititik tengah cawan
3. Letakkan thermometer tegak lurus diatas benda uji dengan jarak 6.4 mm diatas cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala burner.

Kemudian aturlah sehingga poros thermometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.

4. Nyalakan Bunsen dan atur pemanas sehingga kenaikan suhu temperatur 15°C permenit sampai suhu 56°C dibawah titik nyala perkiraan.
5. Aturlah kecepatan pemanasan $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$.
6. Putar bagian nyala Bunsen melalui permukaan cawan (dari ketepi cawan) dalam waktu 1 detik. Ulangi pekerjaan diatas tiap kenaikan temperatur 2°C .
7. Ulangi prosedur 5-6 sampai terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik nyala yang terjadi.
8. Lanjutkan prosedur 7 sampai terlihat nyala agak lama kurang lebih 3 detik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik bakar.

3.6.6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

a. Tujuan:

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

b. Peralatan:

1. Termometer
2. Cincin Kuningan
3. Bola Baja

4. Bejana gelas tahan panas dengan ketinggian 12 cm

5. Kaca

6. Dudukan benda uji

7. Detergen/Sabun

c. Benda Uji:

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja:

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

3.7 Pemeriksaan Abu Daun Bambu

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan abu daun bambu murni.

b. Peralatan:

1. Set Saringan
2. Wadah

c. Benda Uji:

Abu daun bambu

d. Prosedur Kerja:

1. Kumpulkan abu daun bambu
2. Saring menggunakan set saringan

3.8 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.

3.8.1 Penentuan Jumlah Benda Uji

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
		AC-WC	
5	3	3	3
5.5	3	3	3
6	3	3	3
6.5	3	3	3
7	3	3	3
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)			
Kadar Aspal (%)	Waktu (Menit/jam)	AC-WC	Jumlah
Optimum	30 Menit	3	3

Uraian kegiatan pengujian					Jumlah	
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum						
Variasi Kadar Aspal (%)				Jumlah Benda Uji		
AC-WC				AC-WC		
Optimum		24 Jam		3	3	
3. Variasi Penambahan abu daun bambu						
Kadar Aspal (%)	Kadar abu daun bambu (%)	Siklus (hari)			AC-WC abu daun bambu	Jumlah
Optimum	10%	7	14	21	3	9
Optimum	15%	7	14	21	3	9
Optimum	20%	7	14	21	3	9
						48

3.8.2 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 abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana presentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan presentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

3.8.3 Pembuatan 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 terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
5. Spatula
6. Termometer

b. Prosedur kerja:

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)

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

$$Pb = 0,035 (\%Agregat\ Kasar) + 0,045 (\%Agregat\ Halus) + 0,18 (\%mineral\ aspal) + Konstanta.$$

Dimana:

Pb = Kadar aspal perkiraan

K = Nilai konstanta 0,5-1,0

3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panci sampai suhu 165°C

5. Tuangkan limbah karbit dan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata.
6. Kemudian tuangkan campuran tersebut kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.8.4 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 AC-WC.

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

UNIVERSITAS
BOSOWA

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT.Semen Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina penetrasi 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, 4.2, 4.3. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

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

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	70.20	100.00	100.00	100
3/8"	9,5	28.55	93.99	100.00	100
No.4	4,75	23.22	54.69	98.78	100
No. 8	2,36	8.05	32.44	82.23	100
No. 16	1,18	3.95	19.00	61.91	100
No. 30	0,6	3.36	14.46	43.21	100
N0. 50	0,3	0.59	13.98	21.19	100
No.100	0,14	0.49	10.17	12.37	100
No.200	0,075	0.31	5.56	9.82	93.42

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar (batu pecah 1-2 dan batu pecah 05-1):

Rumus :

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

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

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

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

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

Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82			%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.58	-	Gram
2. SSD		2.65	-	Gram
3. Semu		2.77	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.71	Max 3	Gram
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)				
1. Bulk	SNI 1969:2016	2.54	-	Gram
2. SSD		2.61	-	Gram
3. Semu		2.74	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.87	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 03-6819-2002	2.48	-	Gram
2. SSD		2.54	-	Gram
3. Semu		3.65	Min 2,5	Gram
4. Penyerapan		2.53	Max 3	Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Rumus :

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

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

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

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

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

Bk = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

Bt = Berat piknometer + air + benda uji

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

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

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

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

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Analisa Rencana Campuran

- Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

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

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC–WC Standar) berdasarkan perhitungan hasil proporsi campuran pada lampiran adalah:

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

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

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

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

$$= 100\%$$

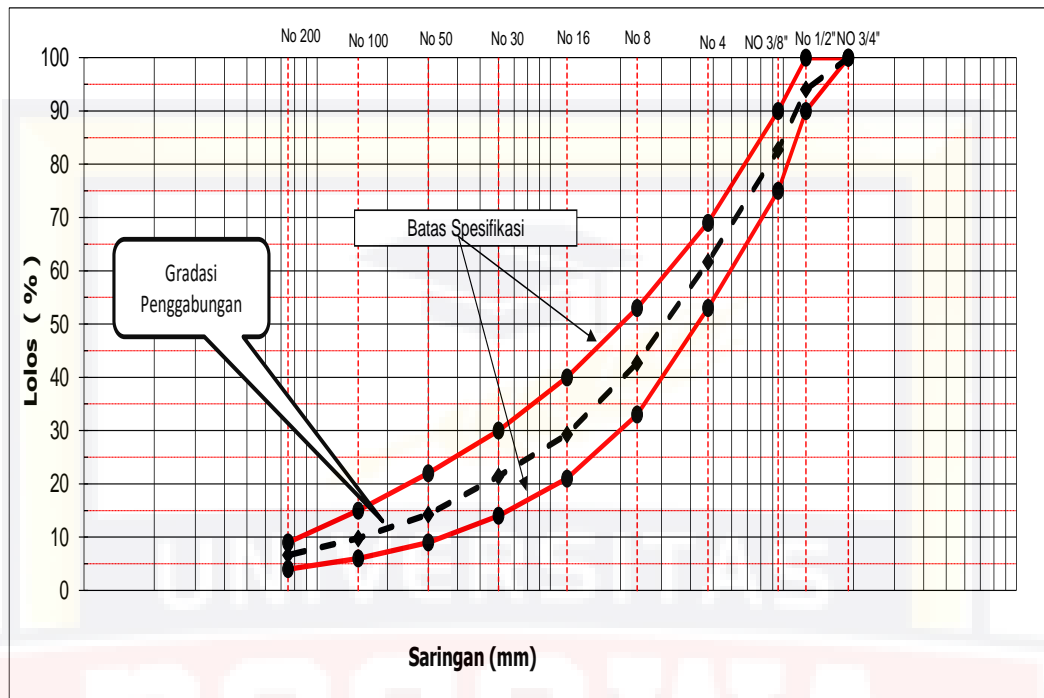
Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Saringan	Gradasi Penggabungan Agregat (Combined)											Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat					
	2-Jan	c	d	e	I	II	III	IV	V	VI	VII			VIII	IX	X	XI	
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100												100	0.41
1/2"	70.20	100.00	100.00	100.00	94.04												90 - 100	0.41
3/8"	28.55	93.99	100.00	100.00	82.71												75 - 90	0.41
# 4	23.22	54.69	98.79	100.00	61.64												53 - 69	0.41
# 8	8.05	32.44	82.23	100.00	42.68												33 - 53	0.82
# 16	3.95	19.00	61.91	100.00	29.25												21 - 40	1.64
# 30	3.36	14.46	43.21	100.00	21.43												14 - 30	2.87
# 50	0.59	13.98	21.19	100.00	14.25												9 - 22	6.14
# 100	0.49	10.17	12.37	100.00	9.77												6 - 15	12.29
# 200	0.31	5.56	9.82	93.42	6.624												4 - 9	32.77
Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	b. Batu Pecah 1 - 2			20														
	c. Batu Pecah 0,5 - 1			50														
	d. Abu Batu			29														
	e. Filler			1														
				100														
	Total Luas Permukaan Agregat (M ² / KG)				5.94													

Sumber: Hasil Analisis Data

Gambar 4.1. penggabungan gradasi KAO



4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Asphalt Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Asphalt Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar asphalt untuk campuran asphalt panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (57,32) + 0.045 (36.05) + 0.18 (6.62) + 0,75 \\
 &= 5,57 \% \text{ . } 6.0\%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Kasar} &= \#3/4" - \#8 \\
 &= 100 - 42.68 \\
 &= 57.32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Halus} &= \#8 - \#200 \\
 &= 42.68 - 6.62 \\
 &= 36.06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Filler} &= \#200 \\
 &= 6.62
 \end{aligned}$$

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

4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

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

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

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

Tabel 4.6. Komposisi campuran AC-WC

Kadar Aspal = 6 %		100 % - 6 %		= 94	
Hasil Combine					
BP 1-2	20 %	x	94 %	=	0.19 x 1200 = 225.60
BP 0,5 - 1	50 %	x	94 %	=	0.47 x 1200 = 564.00
Abu Batu	29 %	x	94 %	=	0.27 x 1200 = 37.12
Filler	1 %	x	94 %	=	0.01 x 1200 = 11.28
Aspal	6 %	X			1200 = 72
					1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4.7. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC Standar

Kadar aspal	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Batu Pecah 1 – 2	228.00	226.80	225.60	224.40	223.20
Batu Pecah 0,5 – 1	570.00	567.00	564.00	561.00	558.00
Abu Batu	33.60	328.86	327.12	325.38	323.64
Semen	11,40	11,34	11,28	11,22	11,16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60	66	72	78	84
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4.7 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	2,58	2,77	2,65
Batu Pecah 0,5 – 1	2,54	2,74	2,61
Abu batu	2,48	2.60	2,54
Filler		3,17	
Aspal		1.020	

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

- a. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,58}\right) + \left(\frac{50\%}{2,54}\right) + \left(\frac{29\%}{2,48}\right)} \\ &= 2,56 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,77}\right) + \left(\frac{50\%}{2,74}\right) + \left(\frac{29\%}{2,60}\right)} \\ &= 2,73 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,56 + 2,73}{2} = 2,64 \text{ gram}$$

4.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

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

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

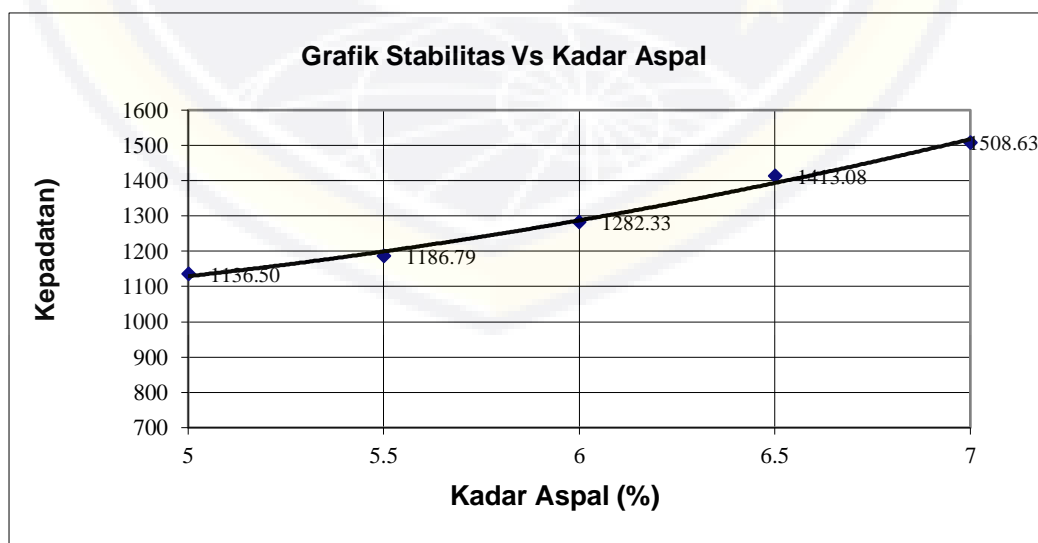
Tabel 4.9 Hasil *Marshall* tes KAO

Kadar aspal %	Hasil pengujian						
	Kepadatan	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Vim (%)	Vma (%)	Mq (kg/m ³)	Vfb (%)
5	2.26	1136.5	3.7	7.21	15.87	307.02	54.73
5.5	2.26	1186.79	3.72	6.61	16.39	319.69	59.93
6	2.25	1282.33	3.84	6.49	17.35	333.8	63.43
6.5	2.32	1413.08	3.88	7.07	15.21	364.12	54.87
6	2.3	1508.63	3.91	3.05	16.45	386.24	81.83
Spesifikasi	-	Min 800	3-5	2-4	Min 15	Min 250	Min 65

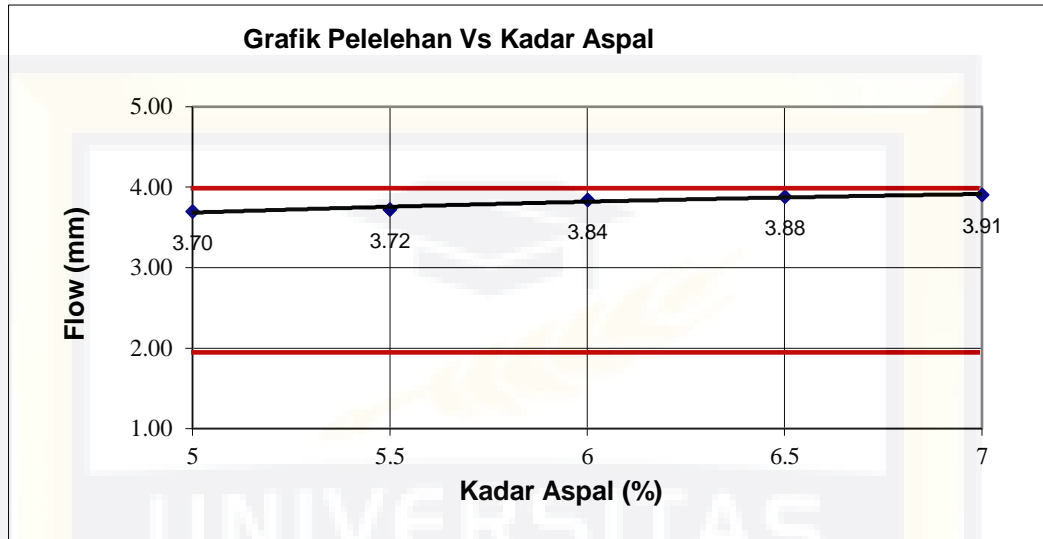
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO

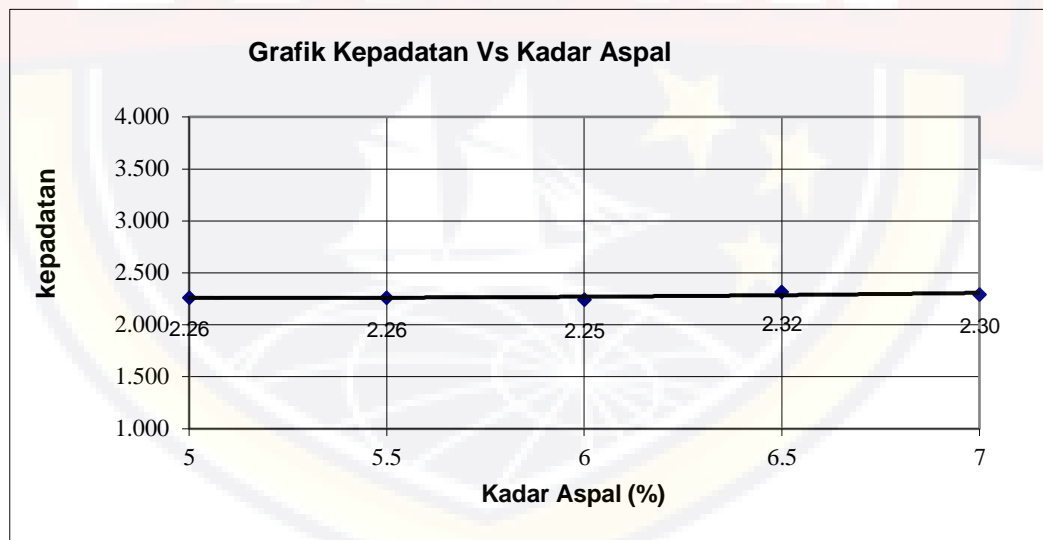
Kepadatan



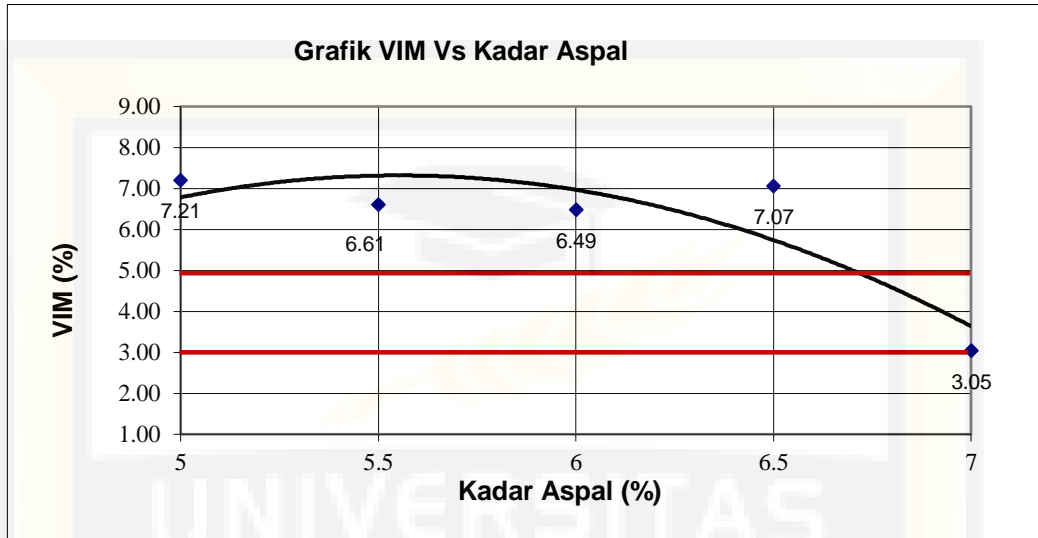
Stabilitas Minimum (800 KG)



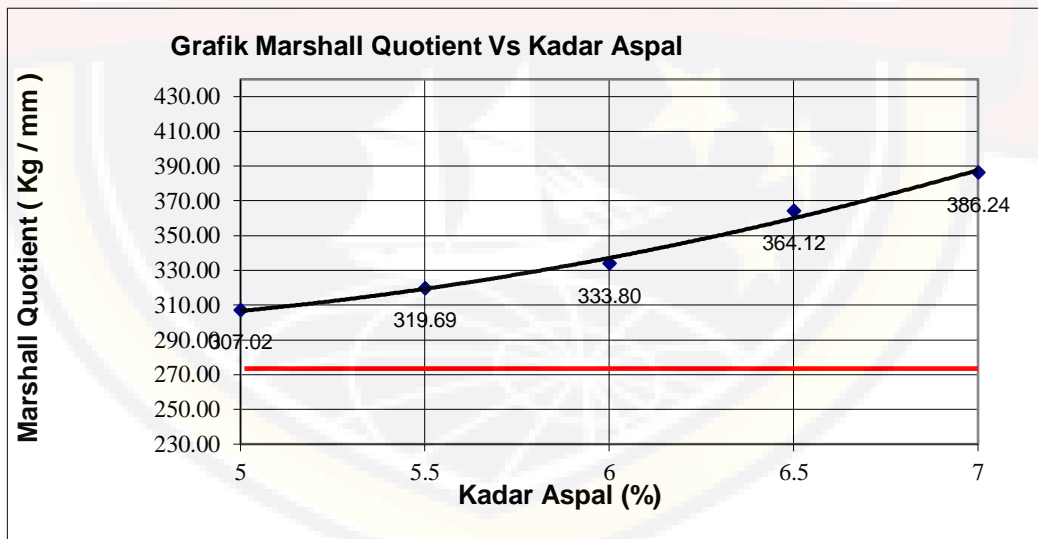
Pelelehan (2-4mm)



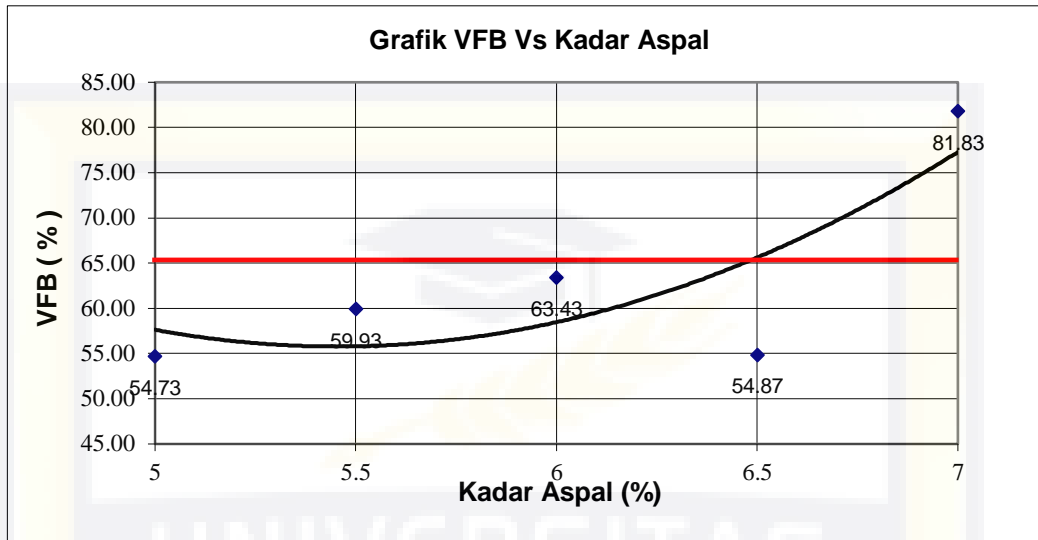
Rongga Dalam Campuran (3,0 – 5,0 %)



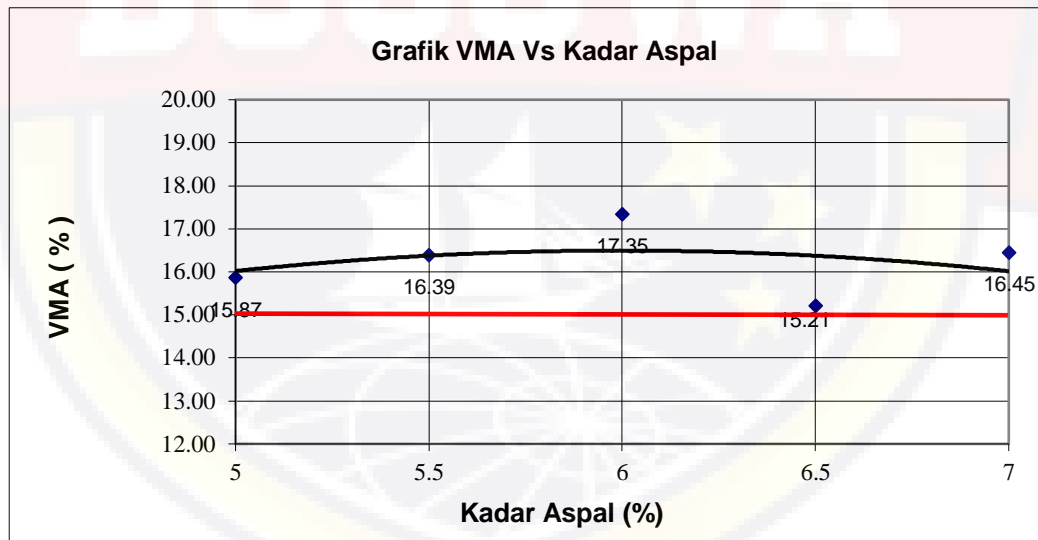
Marshall Quotient (250 Kg/mm)

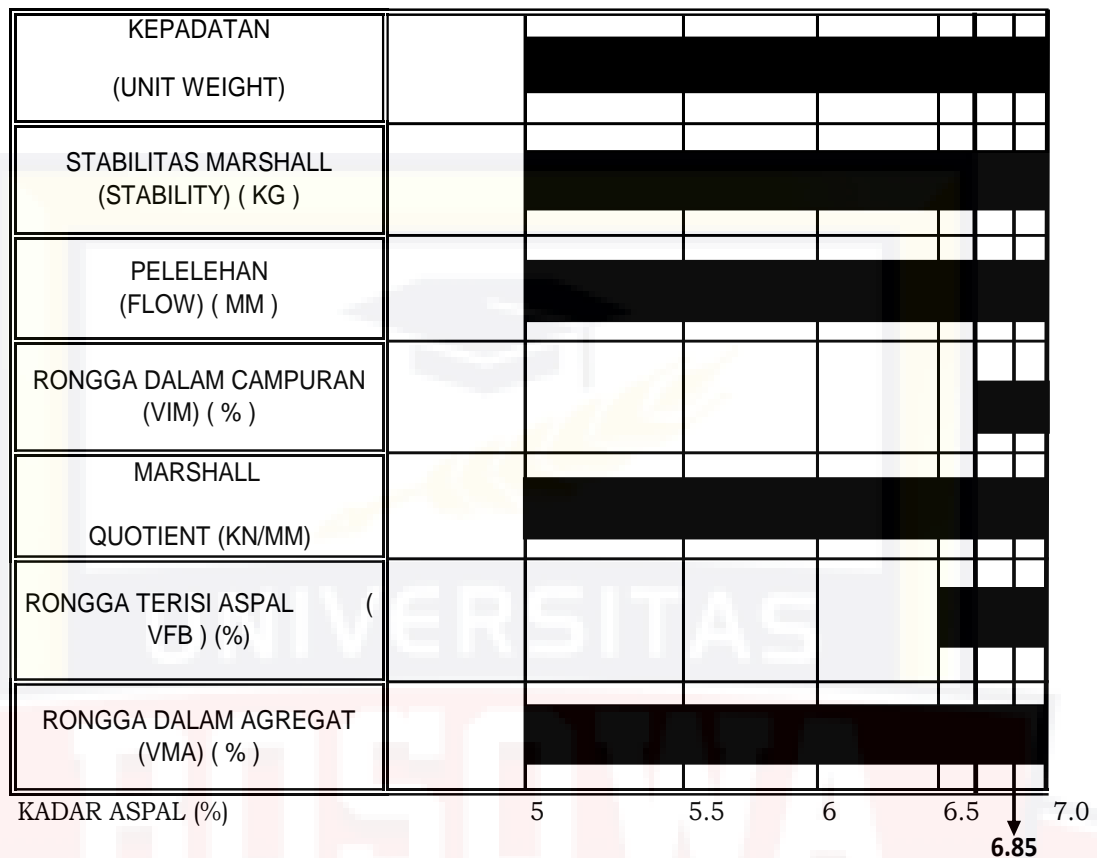


Rongga Terisi Aspal (Min 65 %)



Rongga Dalam Agregat (minimum 15 %)





Gambar 4.1 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

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

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

- Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin rendah dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal.
- Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ akan semakin bertambah

sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

- 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 *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan *VMA* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *VMA* akan berkurang.
- f) Grafik hubungan antara *VFB* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Vfb* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.

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

4.4. Pembuatan Benda Uji pada abu daun bambu sebagai filler dengan variasi perendaman

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

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

Untuk campuran *AC - WC* dengan menggunakan abu daun bambu 10%, 15%, 20%, dengan variasi perendaman, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Di dapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.10. Komposisi campuran abu daun bambu 10%

Kadar Aspal	=	6.85	%		100	%	-	6.85	%	=	93.15
Hasil Combine											
BP 1-2	20	%	x	93.15	%	=	0.1863	x	1200	=	223.56
BP 0,5 - 1	50	%	x	93.15	%	=	0.46575	x	1200	=	558.9
Abu Batu	29	%	x	93.15	%	=	0.27014	x	1200	=	324.16
Filler	1	%	x	93.15	%	=	0.00932	x	1200	=	11.178
Aspal	6.85	%			X				1200	=	82.2
										=	1200
Variasi Filler											
Abu daun bambu				10	%	=	11.178	x	10%	=	1.1178
Semen						=	11.178	-	1.1178	=	10.06

Ket: satuan gram

Tabel 4.11 komposisi campuran abu daun bambu 15%

Kadar Aspal	=	6.85	%		100	%	-	6.85	%	=	93.15
Hasil Combine											
BP 1-2	20	%	x	93.15	%	=	0.1863	x	1200	=	223.56
BP 0,5 - 1	50	%	x	93.15	%	=	0.46575	x	1200	=	558.9
Abu Batu	29	%	x	93.15	%	=	0.27014	x	1200	=	324.16
Filler	1	%	x	93.15	%	=	0.00932	x	1200	=	11.178
Aspal	6.85	%			X				1200	=	82.2
										=	1200
Variasi Filler											
Abu daun bambu				15	%	=	11.178	x	15%	=	1.6767
Semen						=	11.178	-	1.6767	=	9.5013

Ket : satuan gram

Tabel 4.12 komposisi campuran abu daun bambu 20%

Kadar Aspal	=	6.85	%		100	%	-	6.85	%	=	93.15
Hasil Combine											
BP 1-2	20	%	x	93.15	%	=	0.1863	x	1200	=	223.56
BP 0,5 - 1	50	%	x	93.15	%	=	0.46575	x	1200	=	558.9
Abu Batu	29	%	x	93.15	%	=	0.27014	x	1200	=	324.16
Filler	1	%	x	93.15	%	=	0.00932	x	1200	=	11.178
Aspal	6.85	%			X				1200	=	82.2
											1200
Variasi Filler											
Abu daun bambu				20	%	=	11.178	x	20%	=	2.2356
Semen						=	11.178	-	2.2356	=	8.9424

Ket : satuan gram

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

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui analisis karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

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

No	Pemeriksaan	KAO 6.85%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		24 menit	30 jam	
1	Kepadatan	2.279	2.279	-
2	Stabilitas (Kg)	1513.4	1415.3	Min 800
3	VMA (%)	18.92	16.93	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	406.0	360.1	Min 250
5	Flow (mm)	3.75	3.93	2-4
6	VIM (%)	4.19	4.20	3-5

No	Pemeriksaan	KAO 6.85%		Spesifikasi 2018
		Perendaman		
		24 menit	30 jam	
7	VFB (%)	75.25	75.20	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat di ketehui campuran aspal pana AC-WC dengan variasi menggunakan abu daun bambu 10%, 15% dan 20% ke dalam campuran aspal panas AC-WC dengan variasi perendaman yaitu 3 hari, 7 hari, dan 14 hari dan di rendam selam 30 menit pada suhu 60°C dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas, Flow, Vim, Marshall, Quitient, Vma, Vfb*. Dapat di lihat pada perhitungan di bawah:

A. Volume Benda Uji

Rumus :

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

Dimana : **G** : SSD

F : Berat Dalam Air

Kadar Aspal 6.85 %

10 % Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1185.6 - 666 = 519.6$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1189.1 - 671 = 518.1$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1194.3 - 682 = 512.3$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1188.5 - 671 = 517.5$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1182.1 - 666 = 516.1$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1196.0 - 678 = 518$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1187.9 - 674 = 513.9$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1185.8 - 672 = 513.8$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda Uji} : 1190.2 - 675 = 515.2$$

B. BJ Bulk Campuran Pematatan

Rumus :

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

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

H : Volume Benda Uji

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1167.1}{519.60} = 2.25$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1178.3}{518.10} = 2.27$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pematatan} : \frac{1183.1}{512.30} = 2.31$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1173.4}{517.50} = 2.27$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1172.3}{516.10} = 2,27$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1185.5}{518.00} = 2.29$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1169.3}{513.90} = 2,28$$

Sampel II (Dua)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1167.2}{513.80} = 2.27$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{BJ Bulk Campuran Pemadatan} : \frac{1173.1}{515.20} = 2.28$$

C. Rongga dalam Campuran (VIM)

Rumus :

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

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

I : **BJ Bulk Campuran Pemadatan**

Kadar Aspal 6.85%

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.25)}{2.379} = 5.6$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.27)}{2.379} = 4.4$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.31)}{2.379} = 2.9$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.27)}{2.379} = 4.7$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.27)}{2.379} = 4.5$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.29)}{2.379} = 3.8$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.28)}{2.379} = 4.4$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.27)}{2.379} = 4.5$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} : \frac{100 (2.379 - 2.28)}{2.379} = 4.3$$

D. Stabilitas

Rumus :

Stabilitas K x Angka Koreksi x Angka kalibrasi

Dimana :

K : Pembacaan Stabilitas

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$96 \times 14.9 \times 1.0125 = 1448.28 \text{ Kg}$$

Sampel II (Dua)

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

Sampel III (Tiga)

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

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

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

Sampel II (Dua)

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

Sampel III (Tiga)

$$90 \times 14.9 \times 1.0125 = 1357.76 \text{ Kg}$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

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

Sampel II (Dua)

$$84 \times 14.9 \times 1.0125 = 1267.25 \text{ Kg}$$

Sampel III (Tiga)

$$94 \times 14.9 \times 1.0125 = 1418.11 \text{ Kg}$$

E. Marshall Quotient (Kg/mm)

Rumus :

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} = \frac{L}{M}$$

Dimana : L : Stability (Kg) Adjust

M : Flow (mm)

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1428.28}{3.68} = 393.55$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1433.19}{3.77} = 380.16$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1403.02}{3.95} = 361.01$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1433.19}{3.97} = 361.01$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1403.02}{3.86} = 363.48$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1357.76}{3.37} = 350.84$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1342.68}{4.10} = 327.48$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1267.65}{4.02} = 315.24$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm)} : \frac{1418.11}{3.78} = 375.16$$

F. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rumus :

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

Dimana : I : BJ Bulk Campuran Pemadatan

B : BJ Bulk Gabungan

A : Kadar Aspal

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.25}{2.56} \times 100 - 6.85 = 18.13 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.27}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.10 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.31}{2.56} \times 100 - 6.85 = 15.82 \%$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.27}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.35 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.27}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.21 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.29}{2.56} \times 100 - 6.85 = 16.58 \%$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.28}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.06 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.27}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.20 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2.28}{2.56} \times 100 - 6.85 = 17.00 \%$$

G. Rongga Terisi Aspal (VFB)

Rumus :

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

Dimana : **R** : Rongga dalam agregat

J : Rongga dalam campuran

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 3 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{18.13 - 5.6}{18.13} \times 100 = 69.23 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{17.10 - 4.4}{17.10} \times 100 = 74.29 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{15.82 - 2.9}{15.82} \times 100 = 81.54 \%$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 7 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{17.35 - 4.7}{17.35} \times 100 = 73.01 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{17.21 - 4.5}{17.21} \times 100 = 73.76 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{16.58 - 3.8}{16.58} \times 100 = 77.12 \%$$

Kadar Aspal 6.85 %

10% Perendaman 14 Hari

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{17.06 - 4.4}{17.06} \times 100 = 74.50 \%$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{17.20 - 4.5}{17.20} \times 100 = 73.80 \%$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{17.00 - 4.3}{17.00} \times 100 = 74.81 \%$$

H. Tebal film

$$\text{Rumus} = \frac{100 (A - P)}{T.O (100 - A)}$$

Dimana : **A : Kadar Aspal**

P : Absorsi Aspal

T : Specific Gravty Of Bitument

O : Luas Permukaan Agregat

Kadar Aspal 6.85 %

$$\frac{1000 (6.85 - 1.15)}{1.020.5.94 (100 - 6.85)} = 10.10$$

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

No	Pemeriksaan	Abu Daun Bambu				Spesifikasi
		KAO 6.85 %				
		KAO	Kadar Filler 10%			2018
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.28	2.77	2.27	2.27	-
2	Vim (%)	4.19	4.30	4.33	4.38	3-5
3	Stabilitas (kg)	1513.44	1428.17	1397.99	1342.68	Min 800
4	Fow (mm)	3.75	3.80	3.90	3.97	2-4
5	MQ (Kg/mm)	405.96	376.30	358.44	339.29	Min 250
6	Vma (%)	16.92	17.02	17.05	17.09	Min 15
7	Vfb (%)	72.25	75.02	74.63	74.37	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PU

Tabel 4.15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan variasi suhu pemadatan dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	Abu Daun Bambu				Spesifikasi 2018
		KAO 6.85%				
		KAO	Kadar Filler 15%			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.28	2.27	2.27	2.27	-
2	Vim (%)	4.19	4.38	4.42	4.46	3-5
3	Stabilitas (kg)	1513.44	1468.40	1453.31	1433.19	Min 2-4
4	Fow (mm)	3.75	3.77	3.80	3.86	2-4
5	MQ (Kg/mm)	405.96	389.80	383.13	371.89	Min 15
6	Vma (%)	16.92	17.09	17.12	17.15	Min 250
7	VFB (%)	75.25	74.44	74.25	74.17	Min 65

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

No	Pemeriksaan	Abu Daun Bambu				Spesifikasi 2018
		KAO 6.85 %				
		KAO	Kadar Filler 20%			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.28	2.28	2.28	2.28	-
2	Vim (%)	4.19	4.08	4.03	3.97	3-5
3	Stabilitas (kg)	1513.44	1493.54	1483.48	1480.69	Min 2-4
4	Fow (mm)	3.75	3.94	3.96	3.99	2-4
5	MQ (Kg/mm)	405.96	378.77	375.33	371.34	Min 15
6	Vma (%)	16.92	16.83	16.78	16.73	Min 250

No	Pemeriksaan	Abu Daun Bambu				Spesifikasi 2018
		KAO 6.85 %				
		KAO	Kadar Filler 20%			
			3 Hari	7 Hari	14 Hari	
7	VFB (%)	75.25	75.82	76.22	76.30	Min 65

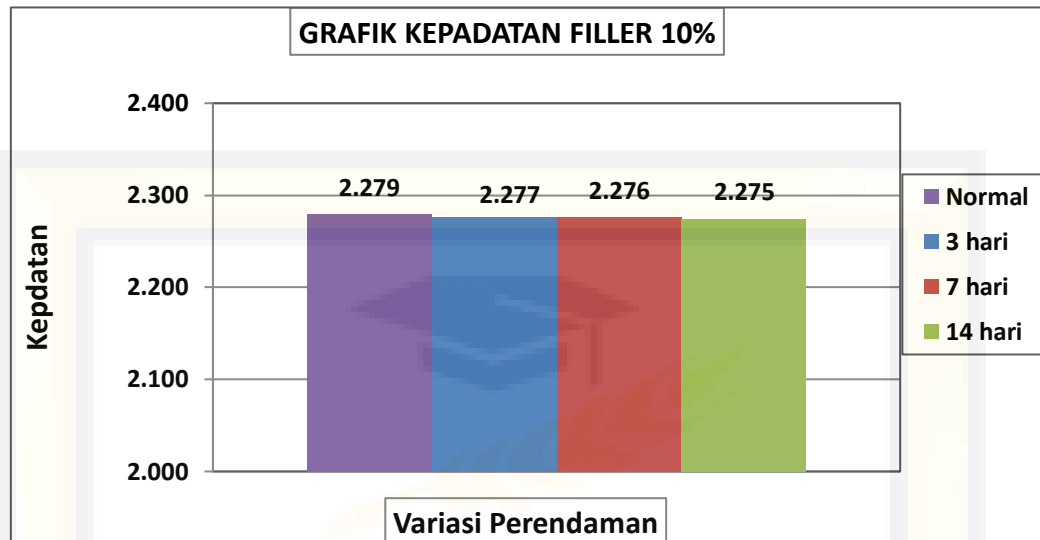
Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.4.2. Analisis Hasil Pengujian Pada Filler 10% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC Dengan variasi abu daun bambu dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



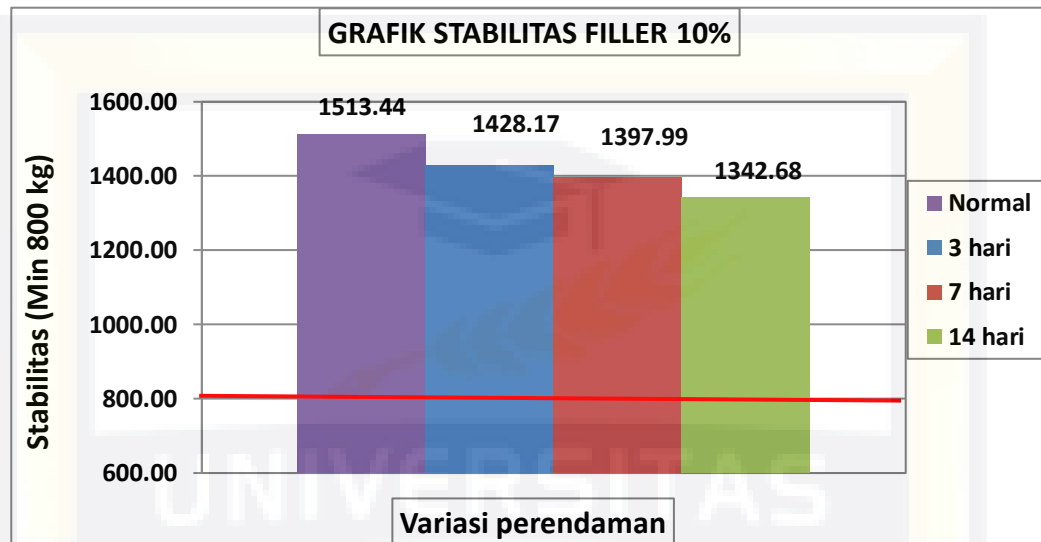
Gambar 4.2 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penambahan abu daun bambu 10% dengan perendaman secara berulang mempengaruhi nilai Kapadatan (*density*) menurun yaitu pada KAO normal adalah 2.279, pada KAO perendaman 3 hari adalah 2.277, KAO perendaman 7 hari adalah 2.276 dan pada KAO perendaman 14 adalah 2,275. Hal ini di sebabkan karena semakin lama perendaman yang dilakukan maka air akan memaksa masuk atau menekan (*water pressur*) dan berusaha membuat perubahan susunan agregat, tetapi dapat kita lihat bahwa penambahan abu daun bambu pada campuran aspal masih mampu mengatasi masuknya air yang membuat perubahan susunan agregat rusak sehingga nilai kepadatan tidak terlalu menurun.

b. Stabilitas (Minimum 800 Kg)

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

beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi abu daun bambu pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



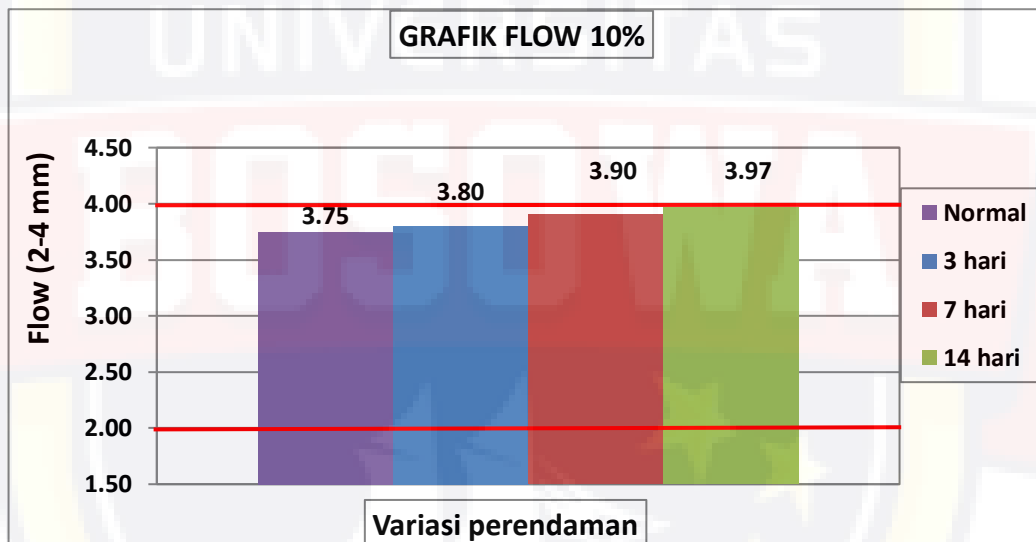
Gambar 4.3 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap stabilitas pada kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5. dari gambar diatas pada penambahan abu daun bambu 10% menunjukkan bahwa *Stabiliti* campuran yang dilakukan pada perendaman berulang mengalami penurunan pada nilai KAO normal adalah 1513.44 Kg, KAO perendaman 3 hari adalah 1428.17 Kg, KAO perendaman 7 hari adalah 1397.99 Kg KAO perendaman 14 hari adalah 1342.68 Kg. Dari sini dapat di lihat bahwa nilai *stabilitas* mengalami penurunan, hal ini di sebabkan karena Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk masuk mengisi rongga pada campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dapat mengakibatkan air masuk dan meresap dan tertinggal dalam campuran aspal sehingga membuat daya lekat aspal

terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan *durability* atau keawetan pada campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (2 - 4 mm).

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan sifatnya getas jika menerima beban. Nilai *Flow* dapat di lihat pada gambar 4.6 sebagai berikut:



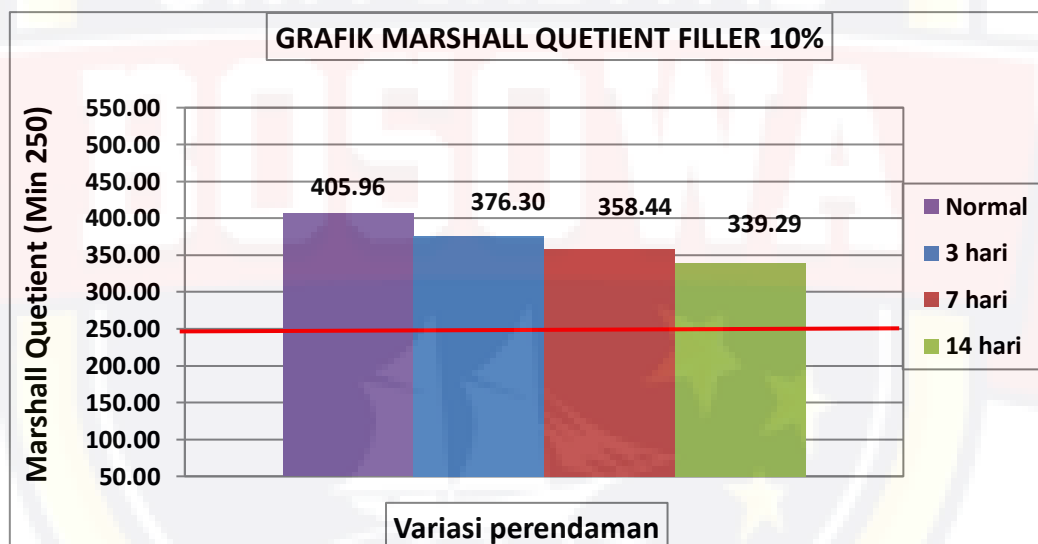
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *flow* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 10% yang direndam secara berulang dengan nilai *Flow* pada KAO normal adalah 3.75 mm, KAO perendaman 3 hari adalah 3.80 mm, KAO perendaman 7 hari adalah 3,90 mm KAO perendaman 14 hari adalah 3.97 mm. Dapat kita bahwa pada variasi abu daun bambu dengan variasi perendaman menunjukkan nilai *flow* semakin tinggi, hal ini terjadi karena

abu daun bambu mampu mengisi rongga-rongga yang kosong pada campuran aspal sehingga air tidak terserap ke dalam campuran yang membuat daya lekat aspal terhadap agregat berkurang. Sehingga nilai flow dengan variasi perendaman tetap meningkat.

d. Marshall Quetient

Hasil bagi Marshall atau *Marshall Quetient* adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7.



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

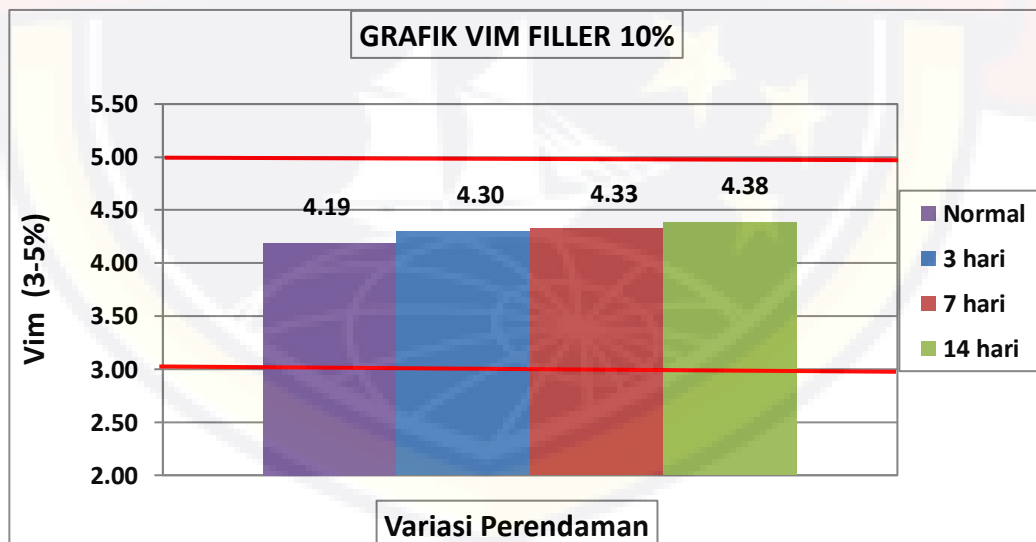
Gambar diatas menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 10% pada KAO normal adalah 405.96 Kg/mm, KAO perendaman 3 hari adalah 376.30 Kg/mm, KAO peredaman 7 hari adalah 358.44 kg/mm, KAO perendaman 14 hari adalah 339.29 Kg/mm. Dapat dilihat dari diatas bahwa dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami

penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi MQ. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air sehingga muda terjadinya kehilangan durabilitas pada campuran semakin besar. Lamanya perendaman mempengaruhi nilai MQ akan menurun namun tidak terlalu drastis kerana mamfaat abu daun bambu mampu mambantu mempertahankan rongnga pada campuran aspal sehingga air tidak terlalu masuk ke dalam campuran untuk merusak egregat.

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

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

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 10% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.

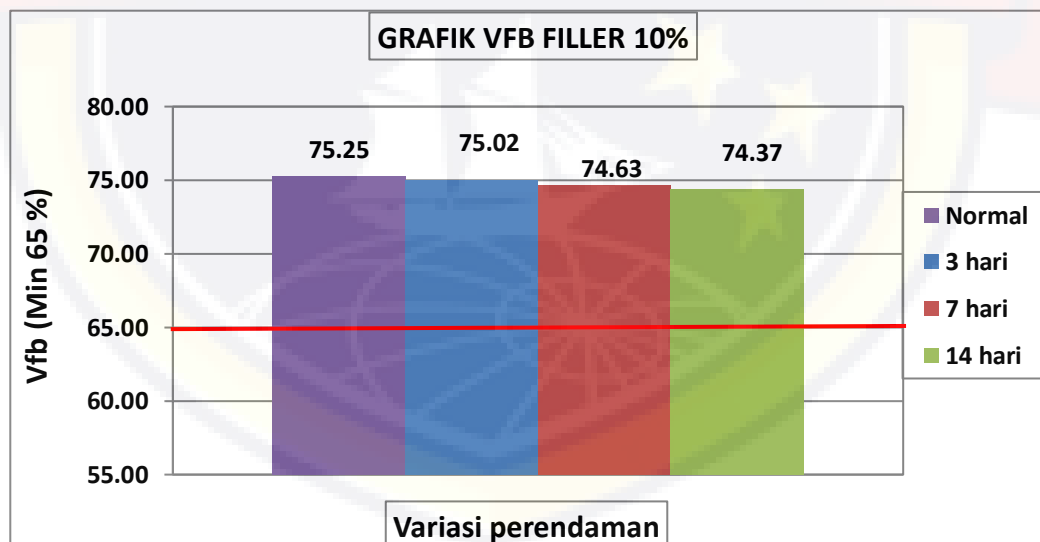


Gambar 4.6. Diagram hubungan variasi perendaman terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada penambahan abu daun bambu 10% dalam campuran yang direndam secara berulang dapat menghasilkan nilai *VIM* meningkat. pada nilai KAO normal adalah 4.19%, KAO perendaman 3 hari adalah 4.30%, KAO peredaman 7 hari adalah 4.33% dan KAO perendaman 14 hari adalah 4.38%. Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal karena *filler* bahan tambah mampu mengisi rongga-rongga pada agregat yang dapat membantu mempertahankan campuran aspal dan daya lekat aspal sehingga nilai *VIM* meningkat.

f. Rongga Terisi Aspal (Minimum 65 %)

Nilai *VFB* memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*. Dapat di lihat pada gambar *VFB* 4.9.



Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

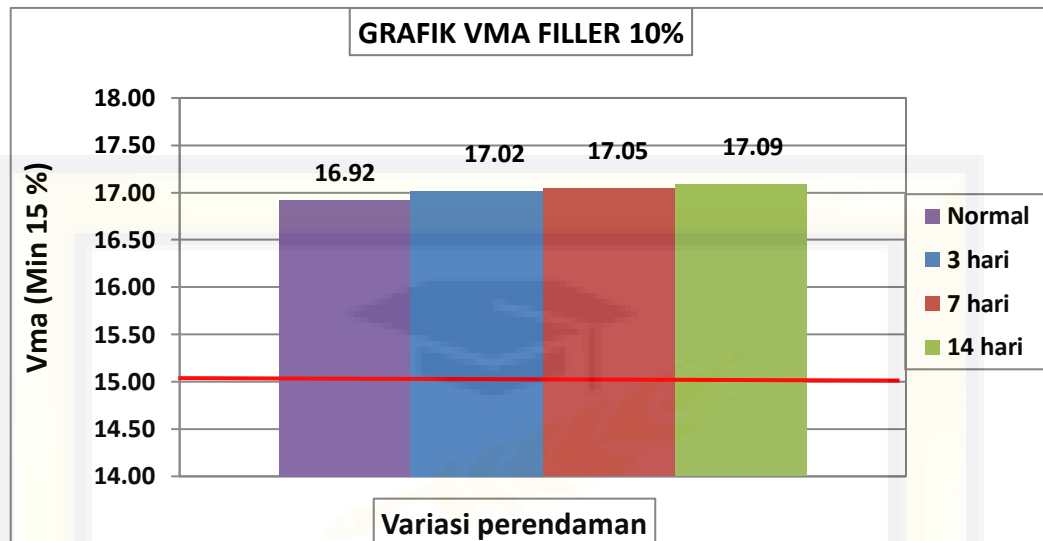
Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 10% ke dalam campuran yang direndam secara berulang mengalami penurunan nilai *VFB* pada nilai *KAO* normal adalah 7.25%, *KAO* perendaman 3 hari adalah 75.02%, *KAO* peredaman 7 hari adalah 74.63% dan *KAO* perendaman 14 hari adalah 74.37% Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman sehingga air berusaha masuk ke pori-pori dan membuat aspal mengalami perubahan susunan agregat.

g. Rongga Dalam Agregat (Minimum 15%)

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

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

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 10% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi abu daun bambu terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 dapat di lihat bahwa penambahan abu daun bambu sebesar 10% pada campuran aspal panas yang di rendam secara berulang mengalami peningkatan pada nilai VMA, hal ini terjadi karena pori-pori terisi dengan filler atau abu daun bambu yang mengatasi terjadi adanya oksidasi pada campuran aspal sehingga terjadi peningkatan pada nilai VMA yaitu KAO normal 16.92 KAO 3 hari 17.02, KAO 7 hari 17.05 dan KAO 14 hari 17.09.

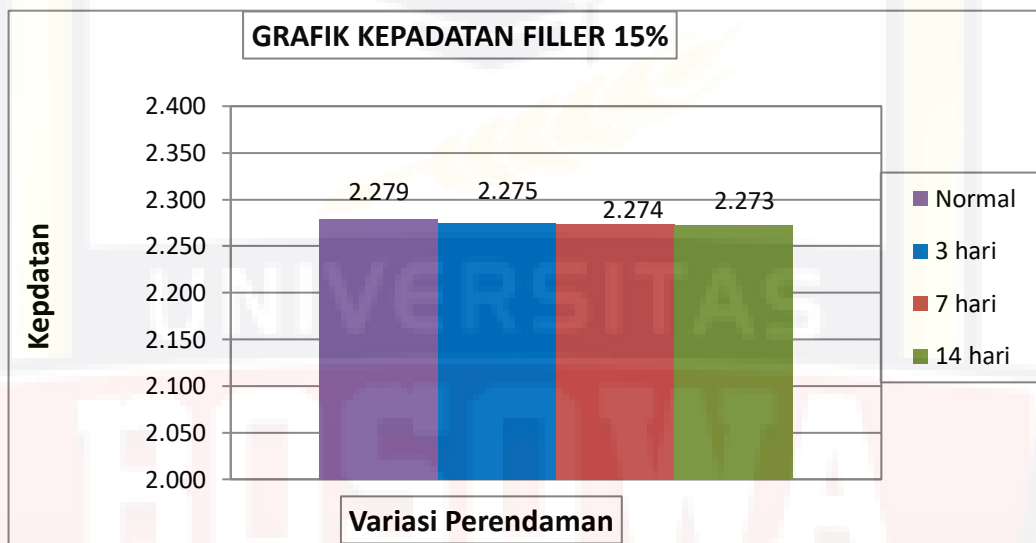
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Variasi Abu Daun Bambu 15% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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

a. Kepadatan

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

bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan variasi penambahan abu daun bambu 15% dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



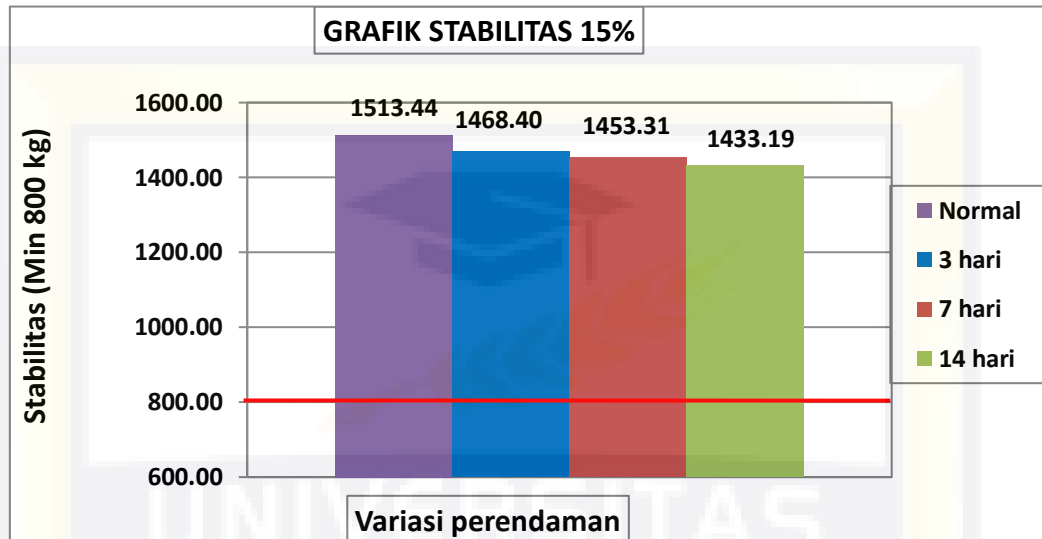
Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C. °.

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa penambahan abu daun bambu 15% yang di rendam secara berulang dapat mengalami penurunan namun tidak terlalu besar KAO normal 2.279, KAO perendaman 3 hari 2.275, KAO perendama 7 hari 2.274, dan KAO perendaman 14 hari 2.273.

b. Stabilitas (Minimum 800 Kg)

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

stabilitas dengan variasi penambahan abu daun bambu 15% pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12

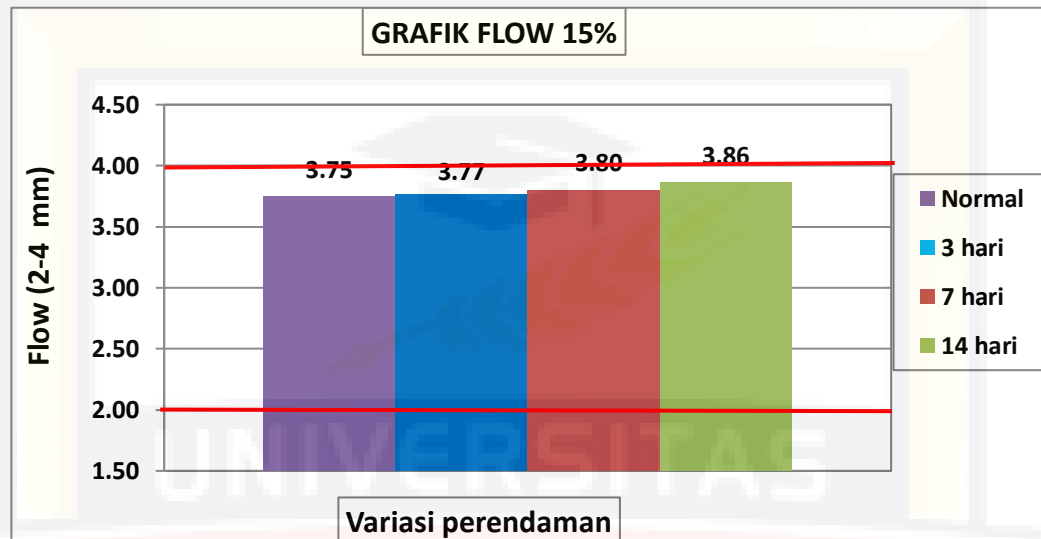


Gambar 4.10 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi abu daun bambu 15% dengan perendaman berulang berulang cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas mengalami Penurunan pada KAO normal adalah 1513.44 Kg KAO perendaman 3 hari adalah 1468.40 Kg, KAO perendama 7 hari adalah 1453.31 Kg dan KAO perendaman 14 hari adalah 1433.19 Kg Ketika campuran aspal direndam dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan *durabiliti* atau keawetan campuran juga semakin besarsehingga menyebabkan nilai stabilitas menurun.

c. Pelelehan (2 - 4 mm).

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 15% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13.

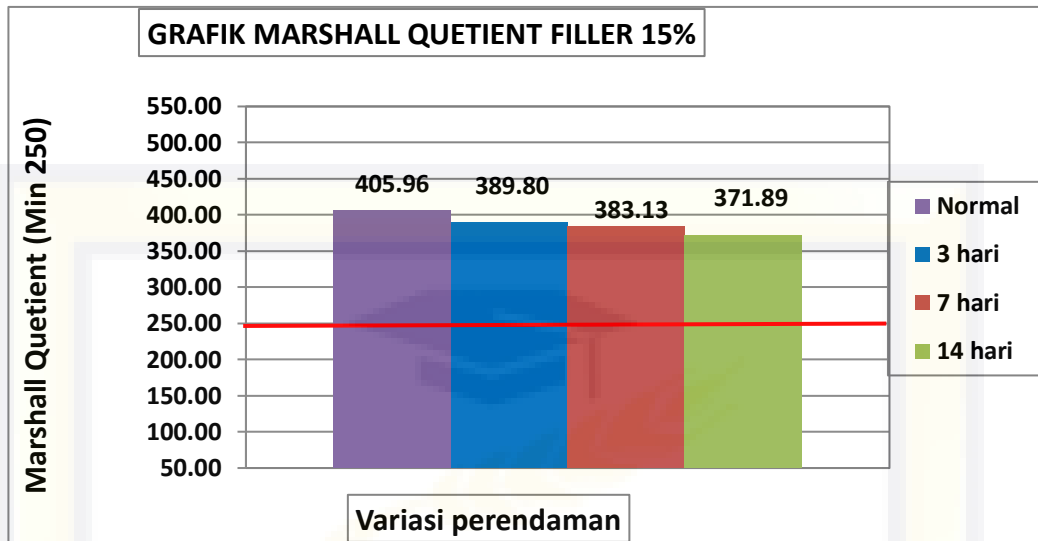


Gambar 4.11 Diagram hubungan Variasi pemadatan terhadap *flow* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 15% kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* semakin meningkat, yaitu KAO normal 3.75 mm, KAO perendaman 3 hari 3.77mm, KAO perendaman 7 hari 3.80mm dan KAO perendaman 14 hari 3.86.

d. Marshall Quetient

Marshall Quetient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelehan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14

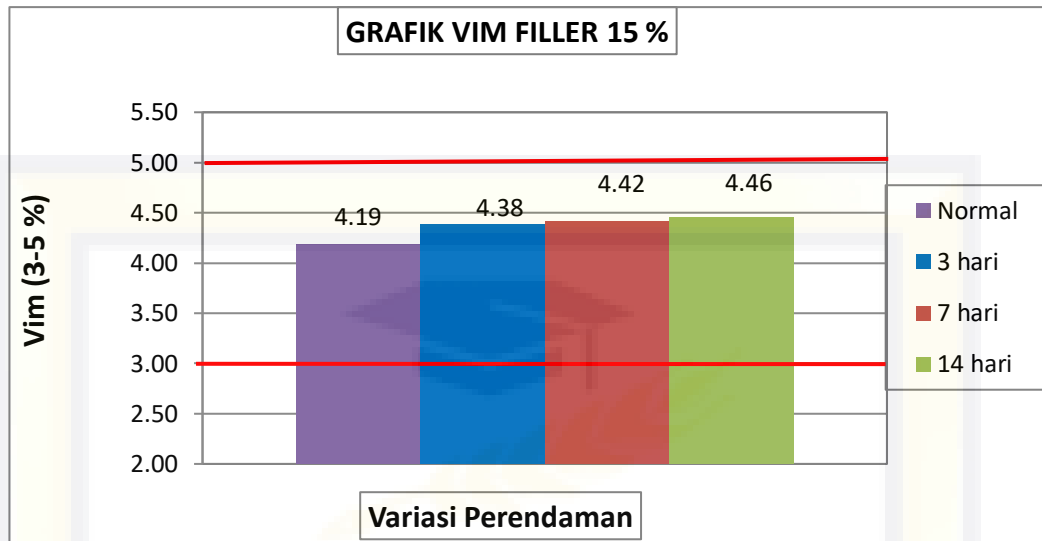


Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dilihat dari tabel diatas bahwa penambahan abu daun bambu 15% dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air sehingga nilai KAO normal yaitu 405.96, KAO perendaman 3 hari ke 389.80 KAO perendaman 7 hari 383.13 dan KAO hari 14 yaitu 371.89.

e. Rongga Dalam Campuran (3,0%– 5,0%)

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 15% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15.



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

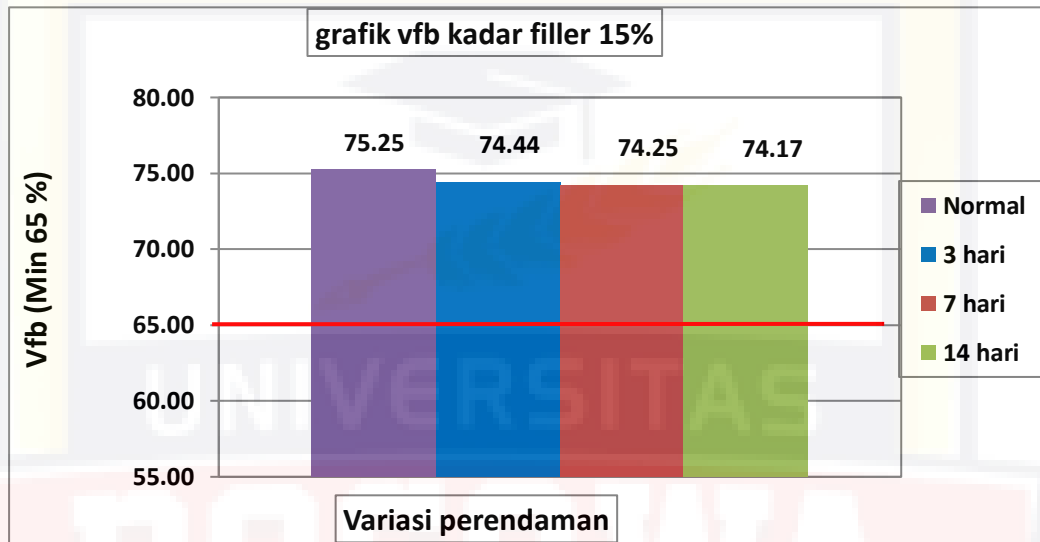
Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa pada penambahan abu daun bambu 15% campuran yang direndam menghasilkan nilai yang semakin meningkat dengan nilai KAO normal adalah 4.19%, KAO perendaman 3 hari adalah 4.38%, KAO hari ke 7 adalah 4.42% dan KAO perendaman 14 hari adalah 4.46%. Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini terjadi karena pada campuran aspal direndam dalam air dengan cara berulang sehingga air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (Minimum 65 %)

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

semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 15% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.16.

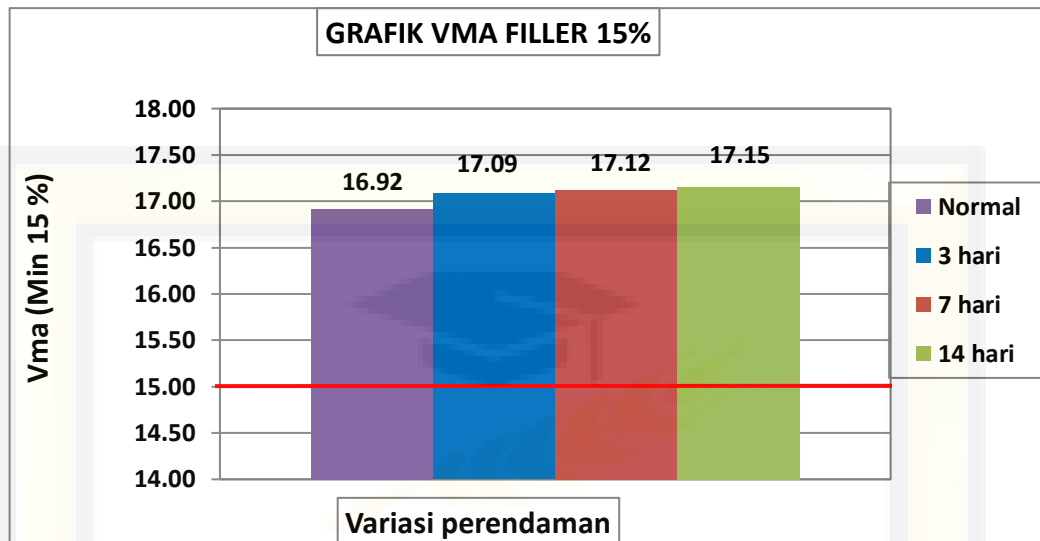


Gambar 4.14 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.16 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 15% ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* berubah yaitu terjadi penurunan namun tidak secara drastis karena masih memenuhi spesifikasi.

g. Rongga Dalam Agregat (Minimum 15 %)

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 15% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.15 Diagram hubungan variasi suhu pematatan terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 15% ke dalam campuran yang direndam secara berulang mempengaruhi nilai VMA meningkat KAO normal adalah 16.92%, KAO perendaman 3 hari adalah 17.09%, KAO perendaman ke 7 hari adalah 17.12% dan KAO perendaman ke 14 hari adalah 17.15%. Hal ini di terjadi karena proses perendaman yang di lakukan adalah perendaman berulang sehingga air yang mengelilingi permukaan belum sempat masuk dalam pori-pori agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

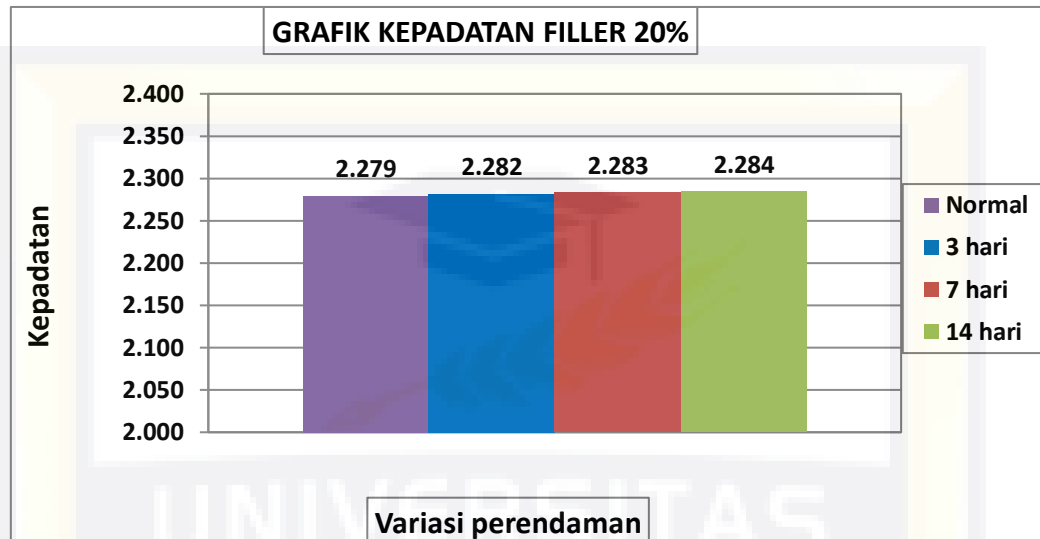
4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Abu Daun Bambu 20% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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

a. Kepadatan

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

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.18.



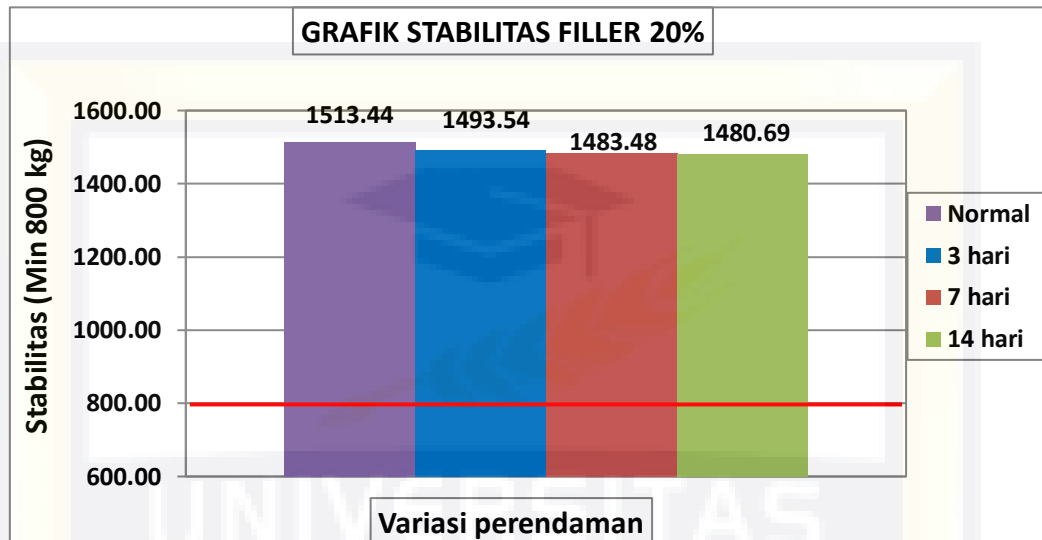
Gambar 4.16 Diagram hubungan variasi perendaman pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa dengan penambahan abu daun bambu 20% dengan perendaman berulang dengan nilai meningkat yakni nilai KAO normal adalah 2.279%, KAO perendaman 3 hari adalah 2.282%, KAO perendaman 7 hari adalah 2.283% dan KAO perendaman 14 hari adalah 2.284%. Hal ini terjadi karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum (800 Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menerima beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap dan dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan yang mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian dengan berbagai variasi abu daun bambu pada kadar aspal optimum di perlihatkan pada gambar 4.19

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.19.

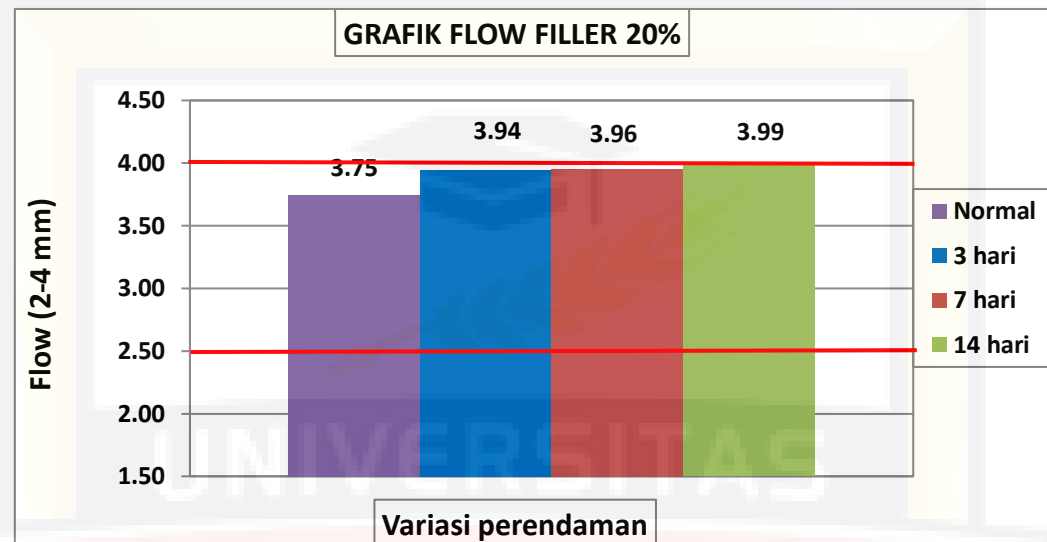


Gambar 4.17 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan abu daun bambu dengan perendaman berulang mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan, yakni pada perendaman KAO normal adalah 1513.44 Kg, KAO perendaman 3 hari adalah 1453.94 Kg, KAO perendaman 7 hari adalah 1483.48 kg, KAO perendaman 14 hari 1480.69 kg. nilai stabilitas mengalami penurunan. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air laut yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan *durability* atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (2 - 4 mm).

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.

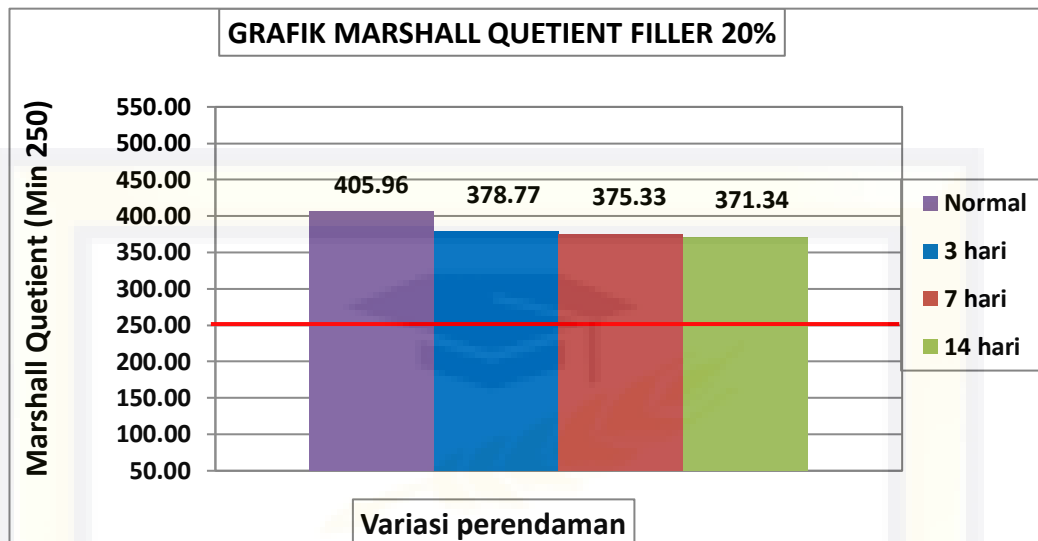


Gambar 4.18. Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *flow* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 20% pada campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada perendaman KAO normal adalah 3.75 mm, KAO perendaman 3 hari adalah 3.94 mm, KAO perendaman 7 hari adalah 3.96 mm dan KAO perendaman ke 14 hari adalah 3.99 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 pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal.

d. Marshall Quetient

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21.



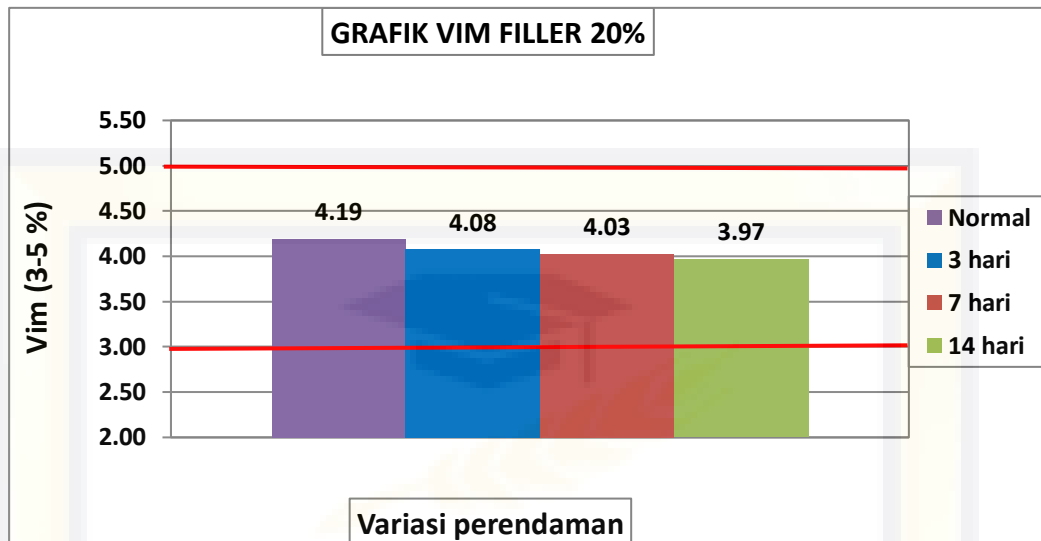
Gambar 4.19 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas terlihat bahwa penambahan abu daun bambu 20% membuat nilai Marshall Quetient menurun dengan nilai KAO normal adalah 405.96 Kg/mm KAO perendaman 3 hari adalah 378.77 Kg/mm, KAO perendaman 7 hari adalah 375.33 Kg/mm dan KAO perendaman yang ke 14 hari adalah 371.34 Kg/mm namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

e. Rongga Dalam Campuran (3,0%– 5,0%)

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

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22.

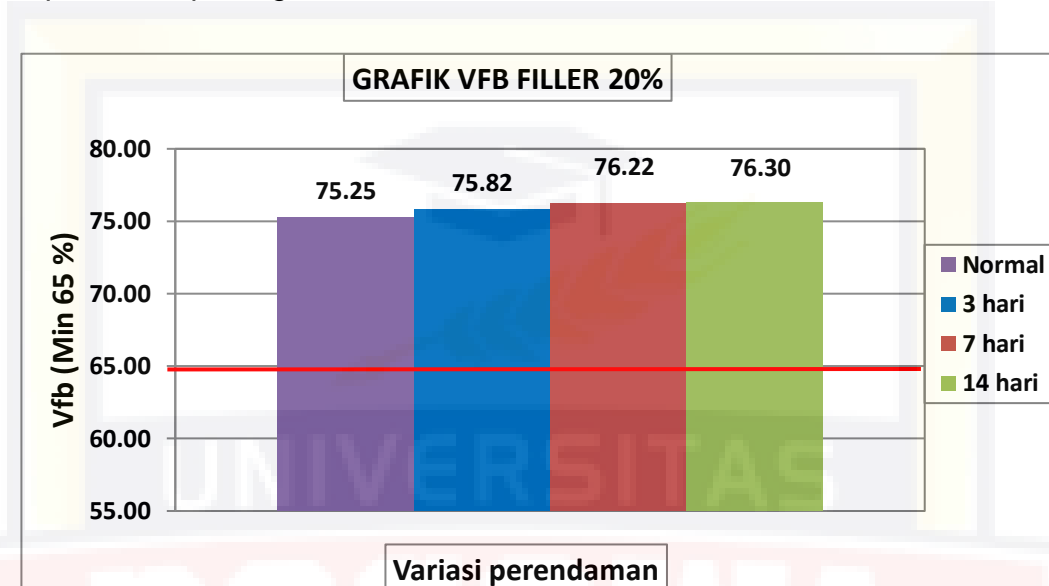


Gambar 4.20 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bambu 20% ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VIM* menurun. Yaitu pada perendaman KAO normal adalah 3.96%, KAO perendaman 3 hari adalah 3.85%, KAO perendaman 7 hari adalah 3.80%, dan KAO perendaman 14 hari adalah 3.74%. Semakin turunnya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan semakin lama perendaman air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air hal inilah yang mengurangi *durabiliti* atau keawetan campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (Minimum 65 %)

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.23.

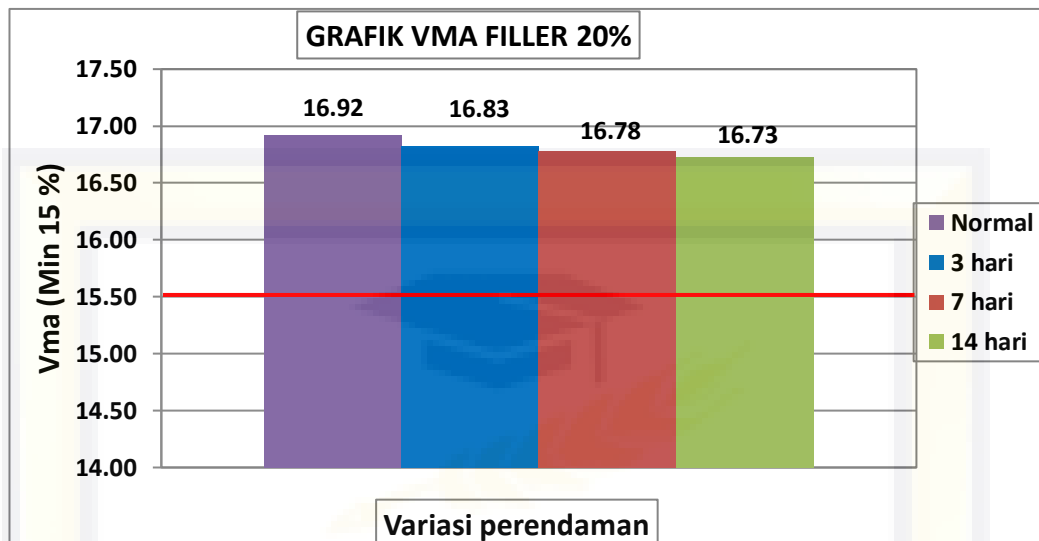


Gambar 4.21 Diagram hubungan variasi suhu pemadatan terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa variasi pada penambahan abu daun bambu 20% yang direndam secara berulang cenderung menyebabkan nilai *VFB* mengalami kenaikan.

g. Rongga Dalam Agregat (Minimum 15%)

AC-WC untuk variasi abu daun bambu 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.22 Diagram hubungan variasi perendaman terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa penambahan abu daun bamboo 20% pada campuran aspal yang di rendam secara berulang yakni mendapatkan nilai KAO normal adalah 16.92%, KAO perendaman 3 hari adalah 16.83%, KAO perendaman 7 adalah 16.78% dan KAO perendaman 14 adalah 16.73%.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

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

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

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

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Menit		
	1415.3	1513.4	106.93	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

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



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data campuran aspal AC-WC pada penambahan abu daun bambu 10%, 15%, 20%, dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari, 14 hari. dari hasil laboratorium penambahan abu daun bambu 20% dapat meningkatkan nilai kepadatan, *FLOW* dan *VFB* sedangkan penurunan terjadi pada Stabilitas *VMA*, *MQ*, dan *VIM* namun tidak terlalu drastis karena masih dalam tahap spesifikasi.
2. Pada penelitian ini nilai yang di dapatkan pada penambahan abu daun bambu dengan 10%, 15% dan 20% pada perendaman berulang rata-rata memenuhi spesifikasi. Namun pada penambahan bahan tambah 20% dengan perendaman 3 hari mendapat nilai yang baik terutama pada nilai stabilitas. Hanya semakin lama perendaman yang dilakukan dengan bahan tambah abu daun bambu akan mengakibatkan nilai campuran akan menurun.

5.2 Saran

Beberapa hal yang di sarankan sehubungan dengan hasil-hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk penelitian selanjutnya di sarankan agar menggunakan alat Eletrik seperti penumbuk, uji marshal pada pembacaan stabilitas dan flow.
- b. Di sarankan untuk penelitian selanjutnya untuk meneliti jenis aspal yang bervariasi untuk mengetahui pengaruh penambahan abu daun bambu dengan jenis aspal berbeda.
- c. Penelitian ini harapan dapat lebih di kembangkan untuk penelitian selanjutnya terhadap karakteristik campuran yang berbeda dengan menggunakan abu daun bambu sebagai bahan tambah.



BOSOWA

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2014. Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal. Jurusan Sipil Fakultas Teknik "45" Makassar.
- Anonim, 2014. *Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan Raya*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
- Anonim, 1991, SNI 06-2489-1991, "metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall," badan standar nasional Jakarta.
- Anonim, 2006, " pedoman penuntun dan tata cara penulisan penulisan tugas akhir," JST FT Universitas Bosowa Makassar
- BALITBANG-PU dan Direktorat Jendral Bina Marga. 2007. Modul, *Training of trainer (TOT)*. Jakarta.
- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang *Jalan*.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum devisi 6 perkerasan aspal, kementerian umum dan perumahan rakyat*. Jakarta. Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Petunjuk pelaksanaan lapisan aspal beton untuk jalan raya kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat*. Jakarta.
- Depertemen pekerjaan umum, " pedoman perencanaan campuran beraspal," No 76/KPTS/Db/1999, pedoman teknik, Desember 1999.
- Fatmawati, L. (2013), Kinerja Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal BNA Blend 75/25 pada Campuran Aspal Panas AC-WC. *Jurnal Teknik Sipil*. v18(1).
- Ratna Dewi dkk (2014) berjudul "Pengaruh penambahan Abu daun bambu terhadap karakteristik campuran *Aspal Binder Course (AC-BC)*"

Ir. Nurdin Rahim,MT. bahan ajar perkerasan jalan raya, jurusan sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Ir. Nurdin Rahim,MT."manual perkerasan campuran beraspal panas"

Silvian sukman, 2012. Beton aspal campuran panas. Institute teknologi
bandung.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana :
Bandung.

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

Silvia sukman, perkerasan lentur jalan raya, nova, bandung,1999.





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

L

A

M

P

I

R

A

N



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

(SNI ASTM C136:2012)

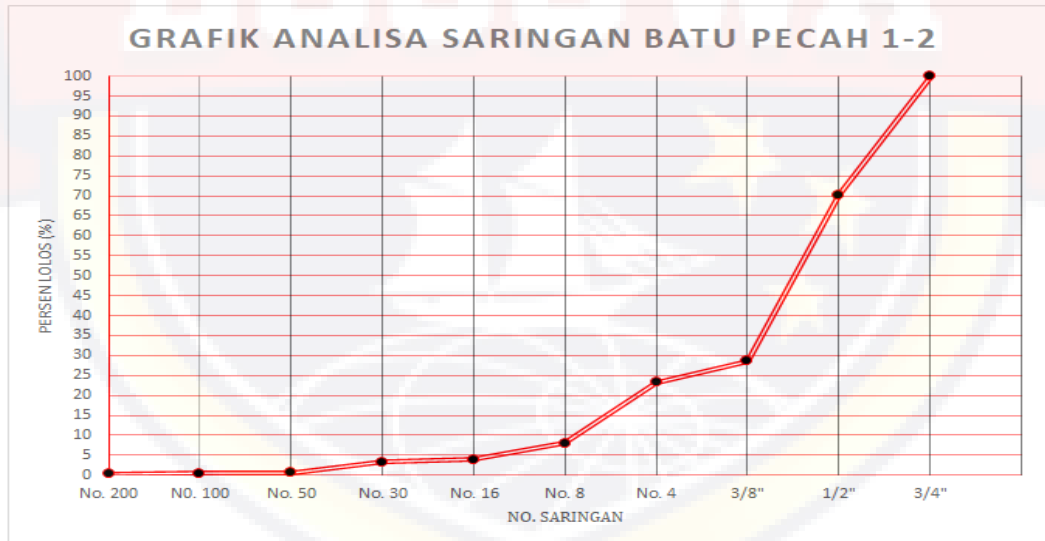
Material : Batu Pecah 1-2

Nama : Leonardus Arnol Palinoa

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan Tanggal : 18 Maret 2022

Saringan No	Total :	2500.5		Total :	2500		Rata - rata
	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	% Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	710.00	28.39	71.61	780.20	31.21	68.79	70.20
3/8"	1850.40	74.00	26.00	1722.70	68.91	31.09	28.55
No. 4	1956.00	78.22	21.78	1883.20	75.33	24.67	23.22
No. 8	2201.70	88.05	11.95	2396.10	95.84	4.16	8.05
No. 16	2402.30	96.07	3.93	2400.50	96.02	3.98	3.95
No. 30	2420.10	96.78	3.22	2412.30	96.49	3.51	3.36
No. 50	2490.70	99.61	0.39	2480.30	99.21	0.79	0.59
No. 100	2490.70	99.61	0.39	2485.20	99.41	0.59	0.49
No. 200	2494.40	99.76	0.24	2490.60	99.62	0.38	0.31
Pan	2496.20	100.00	0.00	2494.10	100.00	0.00	0.00

GRAFIK ANALISA SARINGAN BATU PECAH 1-2





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

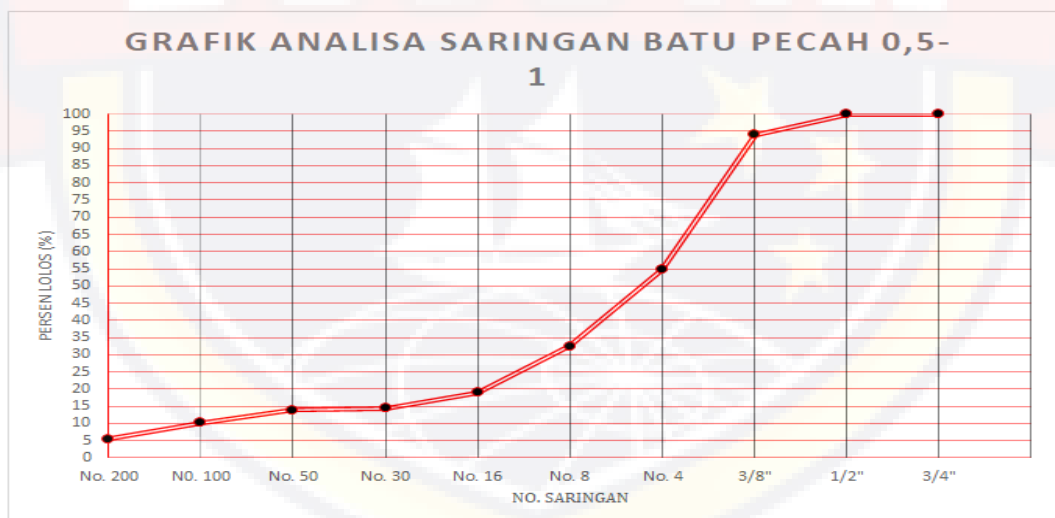
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Batu Pecah 0.5-1

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan Tanggal : 18 Maret 2022

Saringan No	Total :	2500.3		Total :	2500		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	200.00	8.00	92.00	100.30	4.01	95.99	93.99
No. 4	1185.00	47.39	52.61	1080.40	43.22	56.78	54.69
No. 8	1722.10	68.88	31.12	1656.30	66.25	33.75	32.44
No. 16	2066.90	82.67	17.33	1983.10	79.32	20.68	19.00
No. 30	2170.30	86.80	13.20	2107.20	84.29	15.71	14.46
No. 50	2190.40	87.61	12.39	2110.80	84.43	15.57	13.98
No. 100	2210.30	88.40	11.60	2281.30	91.25	8.75	10.17
No. 200	2350.80	94.02	5.98	2371.50	94.86	5.14	5.56
Pan	2497.80	100.00	0.00	2451.10	100.00	0.00	0.00





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

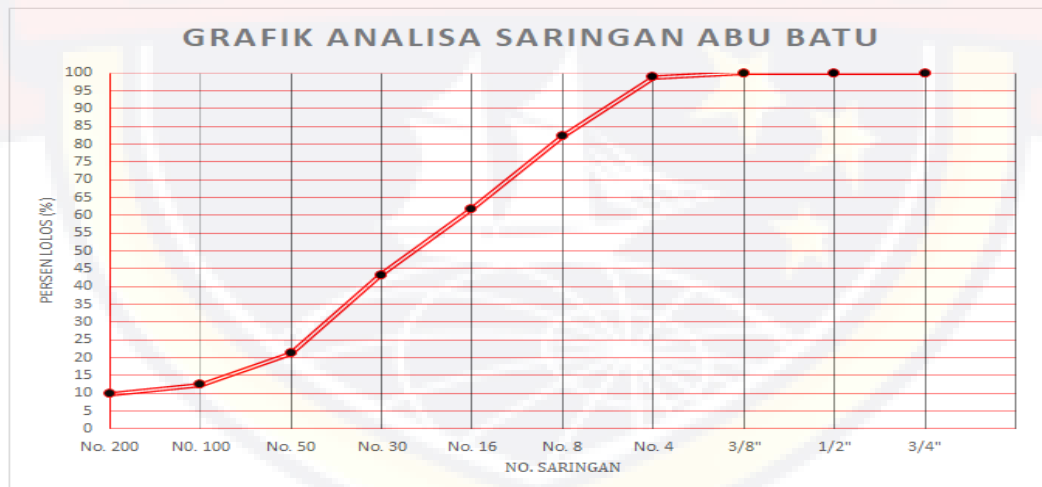
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Abu Batu

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan Tanggal : 18 Maret 2022

Saringan No	Total :	2500.0		Total :	2500.2		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 4	33.10	1.32	98.68	27.60	1.10	98.90	98.79
No. 8	502.40	20.10	79.90	386.10	15.44	84.56	82.23
No. 16	1092.40	43.70	56.30	812.30	32.49	67.51	61.91
No. 30	1592.60	63.70	36.30	1247.20	49.88	50.12	43.21
No. 50	1918.20	76.73	23.27	2022.30	80.89	19.11	21.19
No. 100	2264.30	90.57	9.43	2117.30	84.69	15.31	12.37
No. 200	2303.30	92.13	7.87	2205.90	88.23	11.77	9.82
Pan	2494.60	100.00	0.00	2449.40	100.00	0.00	0.00





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR DAN HALUS

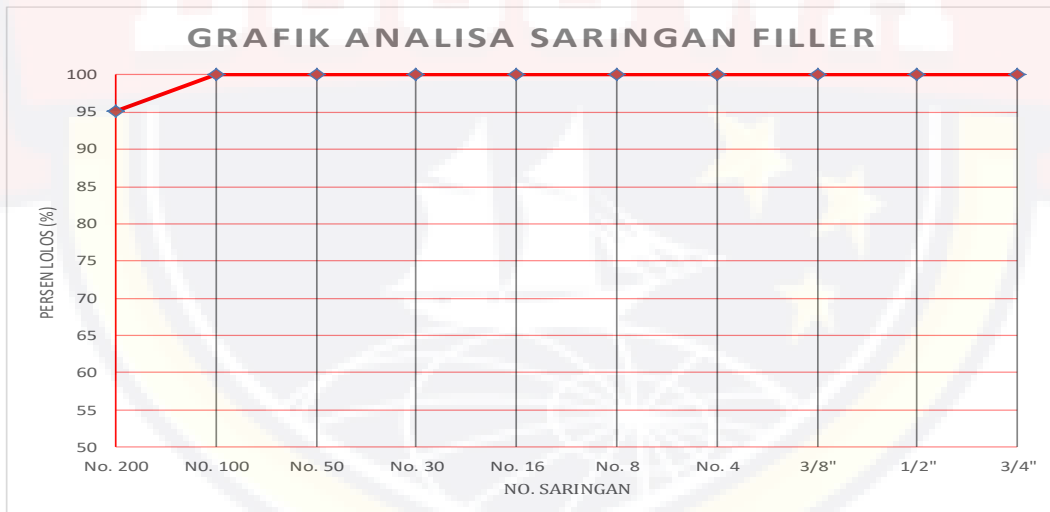
(SNI ASTM C136:2012)

Material : Filler

Nama : Leonardus Arnol Palinoa

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan Tanggal : 18 Maret 2022

Saringan No	Total :	1500.1		Total :	1500		Rata - rata
	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Sampel Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	% Lolos
3/4"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 4	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 16	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 30	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 50	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 100	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00
No. 200	98.50	6.57	93.43	98.80	6.59	93.41	93.42
Pan	1398.10	93.20	0.00	1396.70	93.11	0.00	0.00





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO.200

(SNI ASTM C117:2012)

Material : Batu Pecah 0.5-1

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Tanggal : 19 Maret 2022

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.1	1500.2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1489.5	1481
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	0.71	1.28
4	Hasil Rata - rata	0.99	



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO.200

(SNI ASTM C117:2012)

Material : Batu Pecah 1-2

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Tanggal : 19 Maret 2022

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.3	1500.2
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1485.5	1489.9
3	Persentase material lolos No. 200 $(A-B/A) \times 100\%$	0.99	0.69
4	Hasil Rata - rata	0.84	



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO.200

(SNI ASTM C117:2012)

Material : Abu Batu

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Sumber : Laboratorium Aspal Dan Bahan Jalan

Tanggal : 19 Maret 2022

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500.3	1500.1
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1350.5	1363.4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	9.98	9.11
4	Hasil Rata - rata	9.55	



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

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

Material : Batu Pecah 1-2

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Tanggal : 19 Maret 2022

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2488.90	2497.20	2493.05
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2559.80	2561.30	2560.55
Berat benda uji didalam air	B_a	1590.40	1595.50	1592.95

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.57	2.59	2.58
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.64	2.65	2.65
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.77	2.77	2.77
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.85	2.57	2.71



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

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

Material : Batu Pecah 0.5-1

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Tanggal : 19 Maret 2022

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2491.20	2496.20	2493.70
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2562.30	2568.20	2565.25
Berat benda uji didalam air	B_a	1577.40	1589.10	1583.25

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.53	2.55	2.54
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.60	2.62	2.61
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.73	2.75	2.74
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.85	2.88	2.87



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

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

Material : Abu Batu

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Tanggal : 19 Maret 2022

	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD)	500.00	500.40	500.20
Berat benda uji kering oven B_k	486.30	489.20	487.75
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	663.20	670.50	666.85
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) B_t	969.00	971.40	970.20

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.50	2.46	2.48
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.57	2.51	2.54
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.69	2.60	2.65
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2.84	2.23	2.53



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

(SNI-06-2441-2011)

Material : Aspal Penetrasi 60/70

Nama : Leonardus Arnol Palinoan

Tanggal : 19 Maret 2022

URAIAN		I	II
Berat Piknometer (gram)	A	53.50	54.10
Berat Piknometer + Air (gram)	B	116.20	118.70
BERAT AIR / ISI PIKNOMETER (gram)	$(B - A)$	62.70	64.60
Berat Piknometer + Aspal (gram)	C	90.90	94.30
BERAT ASPAL (gram)	$(C - A)$	37.40	40.20
Berat Piknometer + Air + Aspal (gram)	D	116.70	119.70
BERAT AIR (gram)	$(D - C)$	25.80	25.40
Berat Jenis Aspal	$\frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$	1.014	1.026
Rata-rata		1.020	



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST NORMAL

Nama	: Leonardus Arnol Palinoan	Penetrasi Aspal	: 60/70
		Berat Jenis Aspal	: 1.020 gr/cc

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.58	2.77
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.54	2.74
c	Abu Batu	2.48	2.65
d	Filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Bj Bulk Gab.	Bj Efektif Gab.	Bj Max Campuran (GMM)	Berat (gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (kg)		Pelelehan (mm)	Marshall Quotien (kg/mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorpsi Aspal Thdp Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
	a	b	c	d						Di Udara (In Air)	Di Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan Jenuh (SSD)				Pembacaan	Diseuaikan (Kalibrasi Alat dan Angka Korelasi)							
										E	F	G	H	I	J			M	N	O	P	Q	R	S
					$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$	(%)	Note 1	Note 2	$100 - \frac{A}{C} + \frac{A}{T}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$100 \frac{(D-I)}{D}$	(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x (Angka Korelasi)		$\frac{L}{M}$	Combined	$A + \frac{T(100-A)}{100}$	$\frac{B}{100} \frac{T}{D}$	$\frac{1000(A-P)}{T.O(100-A)}$	$100 - \frac{I}{B} \times \frac{R}{(100-A)}$	$\frac{(R-J)}{R} \times 100$
I	20	50	29	1	3.96	5	2.56	2.64	2.44	1165.8	659.0	1181.7	522.7	2.23	8.6	79.0	1191.8	3.77	316.1	5.94	1.1	6.659	17.09	49.91
II	20	50	29	1	3.96	5	2.56	2.64	2.44	1165.7	677.5	1188.7	511.2	2.28	6.5	71.0	1071.1	3.61	296.7	5.94	1.1	6.659	15.23	57.25
III	20	50	29	1	3.96	5	2.56	2.64	2.44	1189.9	681.4	1203.5	522.1	2.28	6.6	76.0	1146.6	3.72	308.2	5.94	1.1	6.659	15.28	57.04
							2.56	2.64	2.44	1173.8	672.6	1191.3	518.67	2.26	7.21	75.3	1136.50	3.70	307.0	5.94	1.1	6.659	15.87	54.73
I	20	50	29	1	4.47	5.5	2.56	2.64	2.42	1169.0	669.5	1178.9	509.4	2.29	5.2	73.0	1101.3	3.78	291.3	5.94	1.1	7.576	15.14	65.59
II	20	50	29	1	4.47	5.5	2.56	2.64	2.42	1177.4	658.9	1180.8	521.9	2.26	6.8	84.0	1267.2	3.92	323.3	5.94	1.1	7.576	16.58	58.89
III	20	50	29	1	4.47	5.5	2.56	2.64	2.42	1172.5	660.2	1185.5	525.3	2.23	7.8	79.0	1191.8	3.46	344.5	5.94	1.1	7.576	17.46	55.31
							2.56	2.64	2.42	1172.97	662.87	1181.73	518.87	2.26	6.61	78.7	1186.79	3.72	319.7	5.94	1.1	7.576	16.39	59.93
I	20	50	29	1	4.99	6	2.56	2.64	2.40	1165.1	645	1177.8	532.8	2.19	9.0	86.0	1297.4	3.86	336.1	5.94	1.1	8.502	19.57	53.99
II	20	50	29	1	4.99	6	2.56	2.64	2.40	1180.1	682.4	1193.5	511.1	2.31	3.9	80.0	1206.9	3.77	320.1	5.94	1.1	8.502	15.07	74.01
III	20	50	29	1	4.99	6	2.56	2.64	2.40	1189.1	670.7	1200.3	529.6	2.25	6.6	89.0	1342.7	3.89	345.2	5.94	1.1	8.502	17.41	62.29
							2.56	2.64	2.40	1178.10	666.03	1190.53	524.50	2.25	6.49	85.0	1282.33	3.84	333.8	5.94	1.1	8.502	17.35	63.43
I	20	50	29	1	5.47	6.5	2.56	2.64	2.39	1179.5	689.9	1189.5	499.6	2.36	1.1	91.0	1372.8	4.00	343.2	5.94	1.1	9.373	13.62	91.81
II	20	50	29	1	5.47	6.5	2.56	2.64	2.39	1181	691.2	1190.9	499.7	2.36	1.0	100.0	1508.6	3.85	391.9	5.94	1.1	9.373	13.53	92.54
III	20	50	29	1	5.47	6.5	2.56	2.64	2.39	1186.5	667.4	1200	532.6	2.23	6.7	90.0	1357.8	3.80	357.3	5.94	1.1	9.373	18.49	63.81
							2.56	2.64	2.39	1182.33	682.83	1193.47	510.63	2.32	2.94	93.7	1413.08	3.88	364.1	5.94	1.1	9.373	15.21	82.72
I	20	50	29	1	6.03	7	2.56	2.64	2.37	1173.7	670	1189.3	519.3	2.26	4.6	103.0	1553.9	4.00	388.5	5.94	1.0	10.385	17.75	74.34
II	20	50	29	1	6.03	7	2.56	2.64	2.37	1167.5	678.3	1180.1	501.8	2.33	1.7	96.0	1448.3	3.72	389.3	5.94	1.0	10.385	15.33	88.60
III	20	50	29	1	6.03	7	2.56	2.64	2.37	1193.9	681.2	1200.1	518.9	2.30	2.8	101.0	1523.7	4.00	380.9	5.94	1.0	10.385	16.27	82.56
							2.56	2.64	2.37	1178.37	676.50	1189.83	513.33	2.30	3.05	100.0	1508.63	3.91	386.2	5.94	1.0	10.385	16.45	81.83
SPESIFIKASI					Min 4.3										Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 3	Min 250		Max 1,2		Min 15	Min 65



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST VARIASI

Nama	: Leonardus Arnol Palinoan	Penetrasi Aspal	: 60/70
		Berat Jenis Aspal	: 1.020 gr/cc

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.58	2.77
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.54	2.74
c	Abu Batu	2.48	2.65
d	Filler	3.17	3.17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran	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	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)		
	a	b	c	d	Kadar Aspal Efektif	Variasi	Suhu				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)												Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka
IA	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1167.1	666	1185.6	519.60	2.25	5.6	96	1448.28	3.68	393.55	5.94	1.15	10.10	18.13	69.23	
IIA	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1178.3	671	1189.1	518.10	2.27	4.4	95	1433.194	3.77	380.16	5.94	1.15	10.10	17.10	74.29	
Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
										2.38				516.67	2.277	4.30	94.67	1428.17	3.80	376.30	5.94	1.15	10.10	17.02	75.02	
IB	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1173.4	671	1188.5	517.50	2.27	4.7	95	1433.19	3.97	361.01	5.94	1.15	10.10	17.35	73.01	
IIB	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1172.3	666	1182.1	516.10	2.27	4.5	93	1403.02	3.86	363.48	5.94	1.15	10.10	17.21	73.76	
IIIB	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1185.5	678	1196	518.00	2.29	3.8	90	1357.76	3.87	350.84	5.94	1.15	10.10	16.58	77.12	
Perendaman 7 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
										2.38				517.20	2.276	4.33	92.67	1397.99	3.90	358.44	5.94	1.15	10.10	17.05	74.63	
IC	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1169.3	674	1187.9	513.90	2.28	4.4	89	1342.68	4.10	327.48	5.94	1.15	10.10	17.06	74.50	
IIC	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1167.2	672	1185.8	513.80	2.27	4.5	84	1267.25	4.02	315.24	5.94	1.15	10.10	17.20	73.80	
IIIC	20	50	29	1	5.78	6.85	10	2.56	2.64	2.379	1173.1	675	1190.2	515.20	2.28	4.3	94	1418.11	3.78	375.16	5.94	1.15	10.10	17.00	74.81	
Perendaman 14 Hari 30 Menit Suhu 60°C																										
										2.38				514.30	2.275	4.38	89.00	1342.68	3.97	339.29	5.94	1.15	10.10	17.09	74.37	

SPESIFIKASI															Min 3,0 - 5,0		Min 800	Min 2-4	Min 250					Min 15	Min 65
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------	--	---------	---------	---------	--	--	--	--	--------	--------



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST VARIASI

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%		Stabilitas (Kg)		(mm)	(kg / mm)	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Variasi				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)			Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Pelelehan	Marshall Quetient							
a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
				A - ((P/100) x (100-A))	% terhadap total Campuran	Suhu	100	100-A	A	C	T	G - F	E	H	100 (D - I)	D	(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka	L	M	Combine	B	1000(A - P)	100 - (100 - A)	(R - J) x R		
IA	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1178.8	669	1190.1	521.10	2.26	4.9	95	1433.194	3.70	387.35	5.94	1.15	10.10	17.54	72.03	
IIA	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1179.3	673	1192.3	519.30	2.27	4.5	100	1508.625	3.82	394.93	5.94	1.15	10.10	17.22	73.66	
Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C										2.38				518.23	2.275	4.38	97.33	1468.40	3.77	389.80	5.94	1.15	10.10	17.09	74.44	
IB	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1184.1	678	1197.1	519.10	2.28	4.1	94	1418.108	3.94	359.93	5.94	1.15	10.10	16.86	75.61	
IIB	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1175.2	671	1186.2	515.20	2.28	4.1	101	1523.711	3.67	415.29	5.94	1.15	10.10	16.86	75.61	
IIIB	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1176.2	669	1189.6	520.60	2.26	5.0	94	1418.108	3.79	374.17	5.94	1.15	10.10	17.65	71.52	
Perendaman 7 Hari 30 Menit Suhu 60°C										2.38				518.30	2.274	4.42	96.33	1453.31	3.80	383.13	5.94	1.15	10.10	17.12	74.25	
IC	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1188.3	680	1207.1	527.10	2.25	5.2	101	1523.711	3.75	406.32	5.94	1.15	10.10	17.83	70.65	
IIC	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1160.5	666	1178.3	512.30	2.27	4.8	93	1403.021	3.85	364.42	5.94	1.15	10.10	17.43	72.61	
IIIC	20	50	29	1	5.78	6.85	15	2.56	2.64	2.379	1192.2	691	1209.6	518.60	2.30	3.4	91	1372.849	3.98	344.94	5.94	1.15	10.10	16.21	79.25	
Perendaman 14 Hari 30 Menit Suhu 60°C										2.38				519.33	2.273	4.46	95.00	1433.19	3.86	371.89	5.94	1.15	10.10	17.15	74.17	
SPESIFIKASI													Min 3,0 - 5,0	Min 800	Min 2-4	Min 250			Min 15	Min 65						



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST VARIASI

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				(%)			Bj Bulk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	%		Stabilitas (Kg)		(mm)		Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	
					Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Variasi				Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)			Rongga Dalam Campuran (VIM)	Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka	Pelelehan	Marshall Quetient							
a	b	c	d	A			B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S			
				$A - \frac{(P/100) \times (100-A)}{100}$	% terhadap total Campuran	Suhu			$\frac{100-A}{C} \times \frac{A}{T}$				G - F	$\frac{E}{H}$	$100(D - I)$		(Pembacaan x Kalibrasi Alat) x Angka		$\frac{L}{M}$	Combine	$\frac{A \cdot T}{100 \cdot A}$	$\frac{B}{1000(A - P)}$	$\frac{100 - (1/B) \times R}{(100 - A)}$	$\frac{(R - J) \times R}{100}$			
IA	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1177.5	685	1199.2	514.20	2.29	3.74	100	1508.63	3.99	378	5.94	1.15	10.10	16.53	77.39		
IIA	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1175.5	682	1195.4	513.40	2.29	3.75	99	1493.54	3.96	377.16	5.94	1.15	10.10	16.54	77.33		
IIA	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1174.7	675	1193.4	518.40	2.27	4.74	98	1478.45	3.88	381.04	5.94	1.15	10.10	17.40	72.74		
				Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
										2.38				515.33	2.282	4.08	99.00	1493.54	3.94	378.77	5.94	1.15	10.10	16.83	75.82		
IB	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1167.4	671	1187.6	516.60	2.26	5.0	102	1538.798	3.89	395.58	5.94	1.15	10.10	17.63	71.61		
IIIB	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1188.6	686	1199.8	513.80	2.31	2.8	94	1418.108	4.07	348.43	5.94	1.15	10.10	15.68	82.44		
IIIB	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1182.4	677	1196.5	519.50	2.28	4.3	99	1493.539	3.91	381.98	5.94	1.15	10.10	17.04	74.63		
				Perendaman 7 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
										2.38				516.63	2.283	4.03	98.33	1483.48	3.96	375.33	5.94	1.15	10.10	16.78	76.22		
IC	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1165.4	672	1182.1	510.10	2.28	4.0	84	1408.05	4.08	345.11	5.94	1.15	10.10	16.72	76.32		
IIC	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1189.7	674	1193.5	519.50	2.29	3.7	92	1542.15	3.85	400.56	5.94	1.15	10.10	16.53	77.42		
IIC	20	50	29	1	5.78	6.85	20	2.56	2.64	2.379	1166.7	669	1181	512.00	2.28	4.2	89	1491.863	4.05	368.36	5.94	1.15	10.10	16.94	75.15		
				Perendaman 14 Hari 30 Menit Suhu 60°C																							
										2.38				513.87	2.284	3.97	88.33	1480.69	3.99	371.34	5.94	1.15	10.10	16.73	76.30		
SPESIFIKASI														Min 3.0 - 5.0		Min 800		Min 2-4		Min 250				Min 15		Min 65	



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

MARSHALL TEST KAO SISA

Nama	Leonardus Arnol Palinoan	Penetrasi Aspal	: 60/70
		Berat Jenis Aspal	: 1.02 gr/cc
		di Tes Oleh	: Gelombang III

No	Agregat	Bj Bulk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2	2.58	2.77
b	Batu Pecah 0,5 - 1	2.54	2.74
c	abu batu	2.48	2.65
d	Filler	3.17	3.17

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Bj Bulk Gabungan		Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	Bj Bulk Campuran (Kepadatan)	Rongga Dalam Campuran (VM)	Stabilitas (Kg)		Pelelehan	Marshall Quetient	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terisi Aspal (VFB)		
	a	b	c	d	Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal		Di Udara (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Permukaan (SSD)				Pembacaan	Disesuaikan (Kalibrasi Alat & Angka Korelasi)									
					A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S		
					A	B	100				G - F	E	100 (D - I)		(Pembacaan x Kalibrasi Alat x Angka Korelasi)		L	Combined	T(100-A)		100 - (R - J)			
					% terhadap total Campuran		100-A					H	D				M		B	1000(A - P)	I/B) x R			
							C												100.T	TO (100 - A)	(100 - A)			
I	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1182.5	671	1190.6	519.6	2.28	4.33	96	1487.6	3.87	384.4	5.94	1.15	10.10	17.05	74.58
II	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1188.5	674	1196.4	522.4	2.28	4.36	101	1565.1	3.44	455.0	5.94	1.15	10.10	17.07	74.45
III	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1182.8	672	1190	518.0	2.29	3.87	96	1487.6	3.93	378.5	5.94	1.15	10.10	16.64	76.77
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°									2.38	1184.6	672.3	1192.3	520.0	2.279	4.19	97.7	1513.4	3.75	406.0	5.94	1.15	10.10	16.92	75.25
I	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1186.3	670	1191.5	521.5	2.27	4.38	96	1487.6	3.89	382.4	5.94	1.15	10.10	17.08	74.39
II	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1177.1	666	1180.2	514.2	2.29	3.77	85	1317.2	4.00	329.3	5.94	1.15	10.10	16.56	77.23
III	20	50	29	1	5.78	6.85	2.56	2.64	2.379	1180.6	669	1188.4	519.4	2.27	4.45	93	1441.1	3.91	368.6	5.94	1.15	10.10	17.15	74.05
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°									2.38	1181.3	668.3	1186.7	518.4	2.279	4.20	91.3	1415.3	3.93	360.1	5.94	1.15	10.10	16.93	75.20
SPESIFIKASI												Min 3-5	Min 800	Min 2-4	Min 250				Min 15	Min 65				

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{\text{Perendaman 24 jam}}{\text{Perendaman 30 menit}} = \frac{1513.4}{1415.3} \times 100\% = 106.93 < 100$$

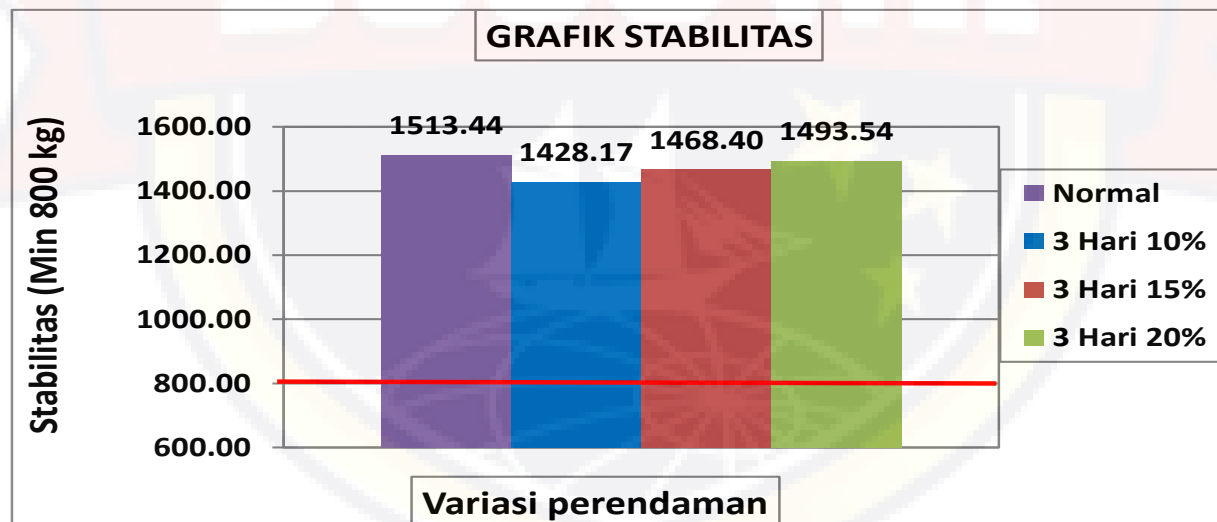
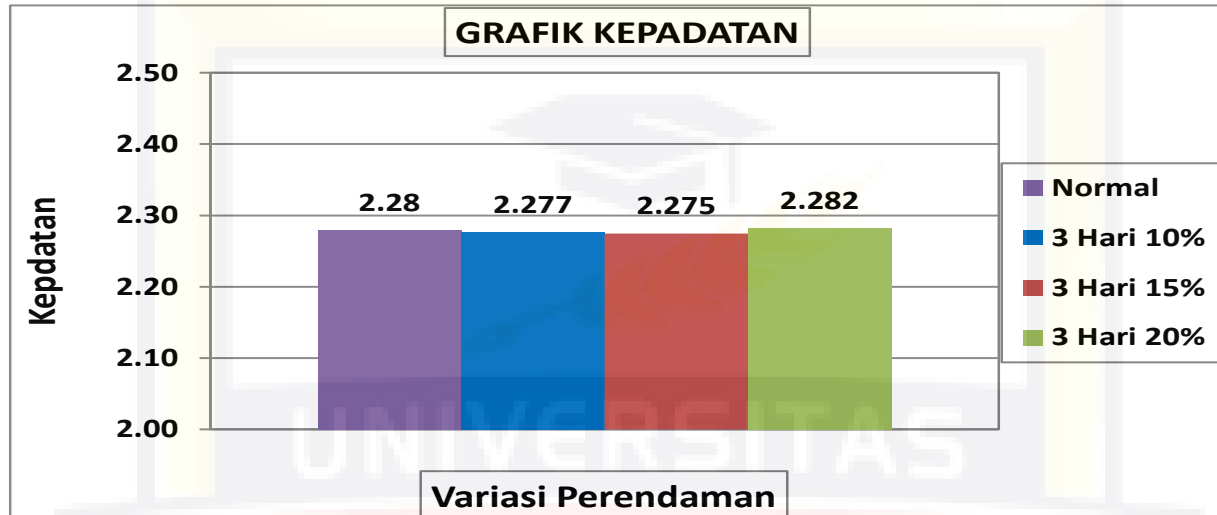


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

GRAFIK PERENDAMAN 3 HARI

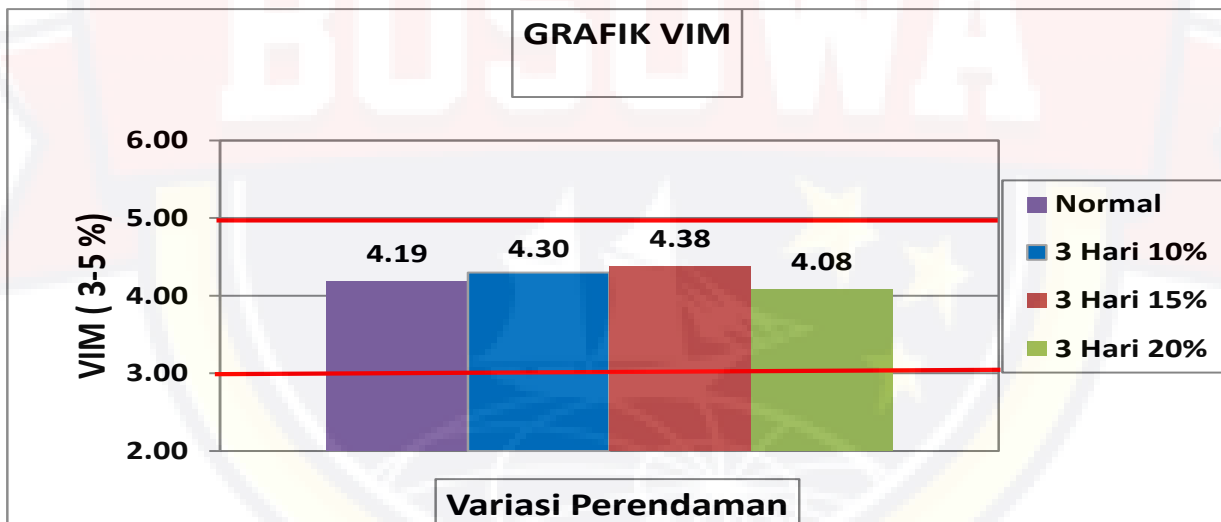
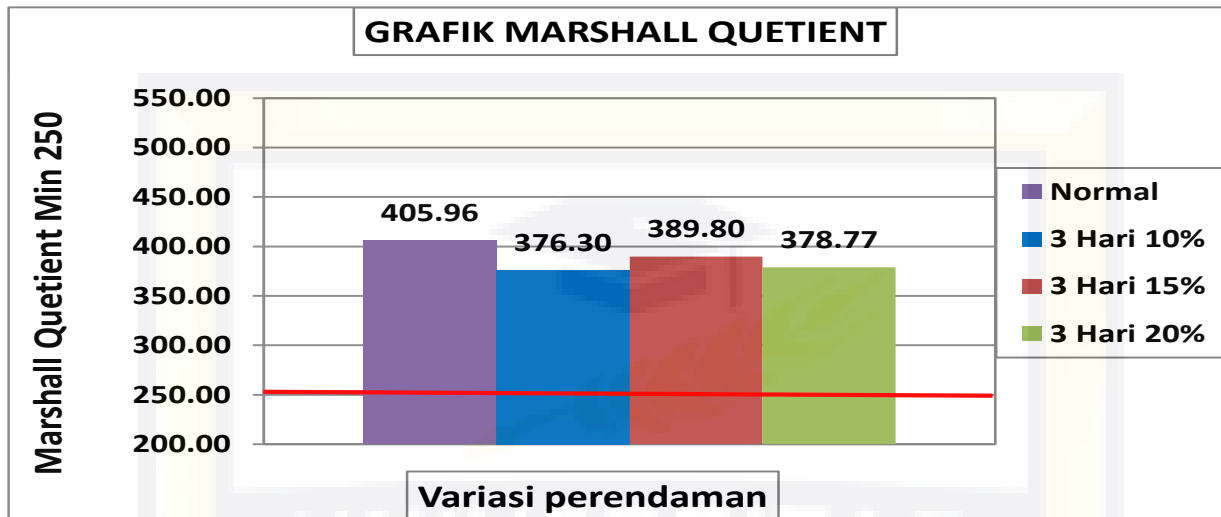




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

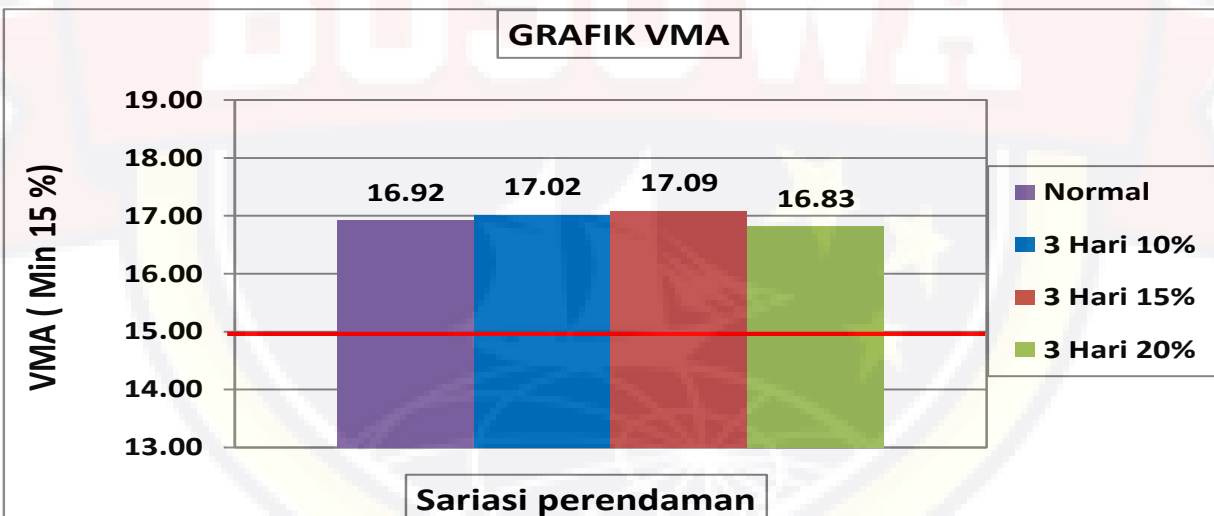
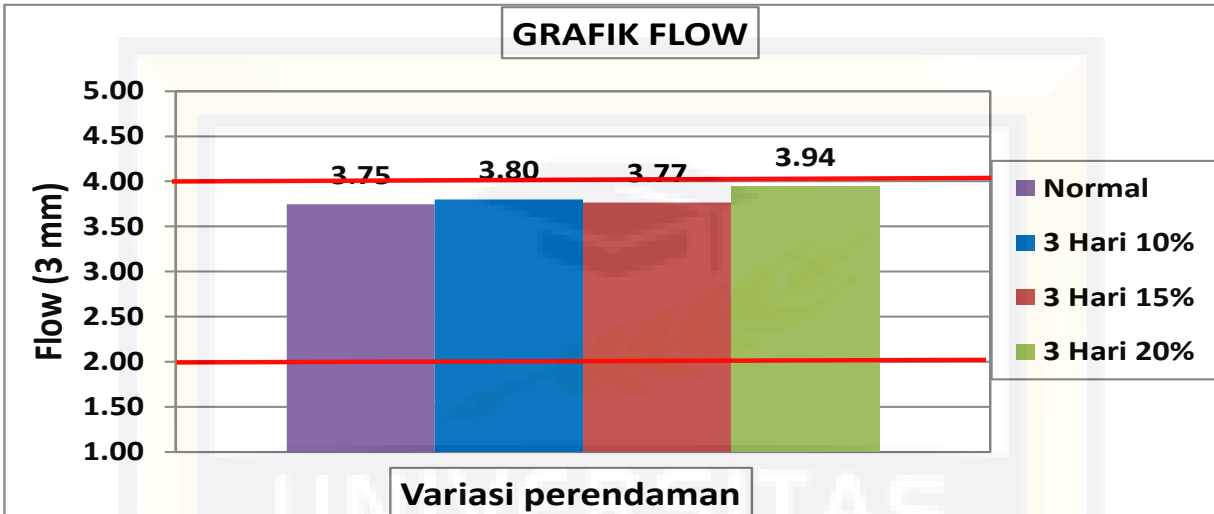




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

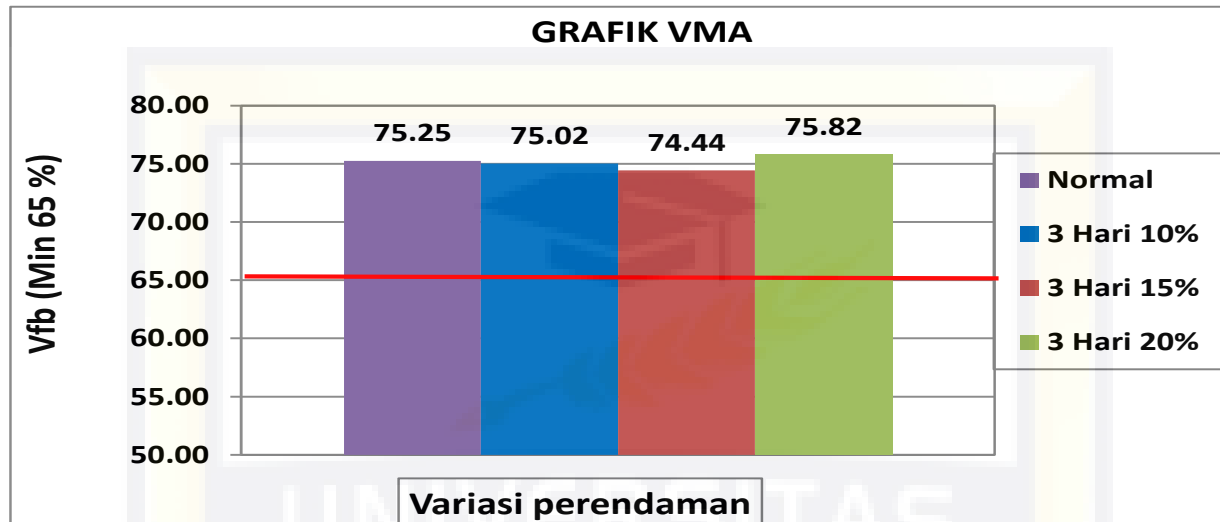




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



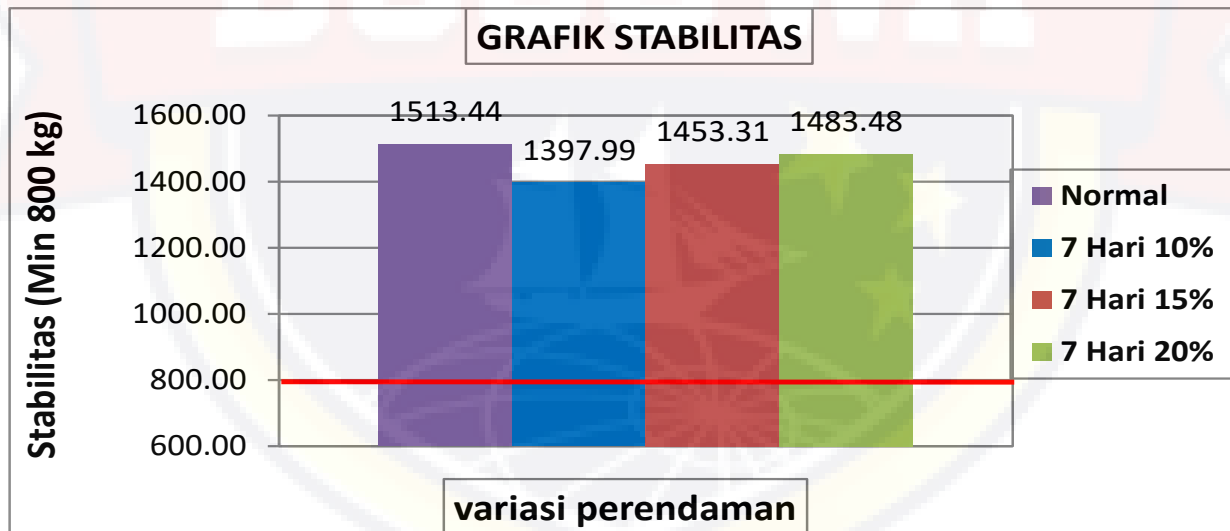
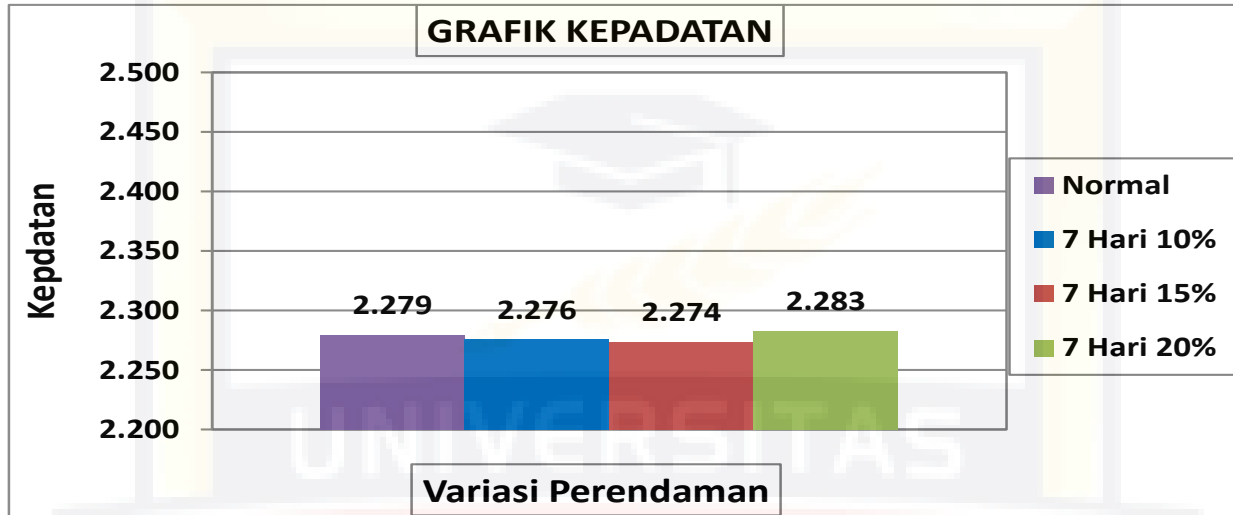


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

GRAFIK PERENDAMAN 7 HARI

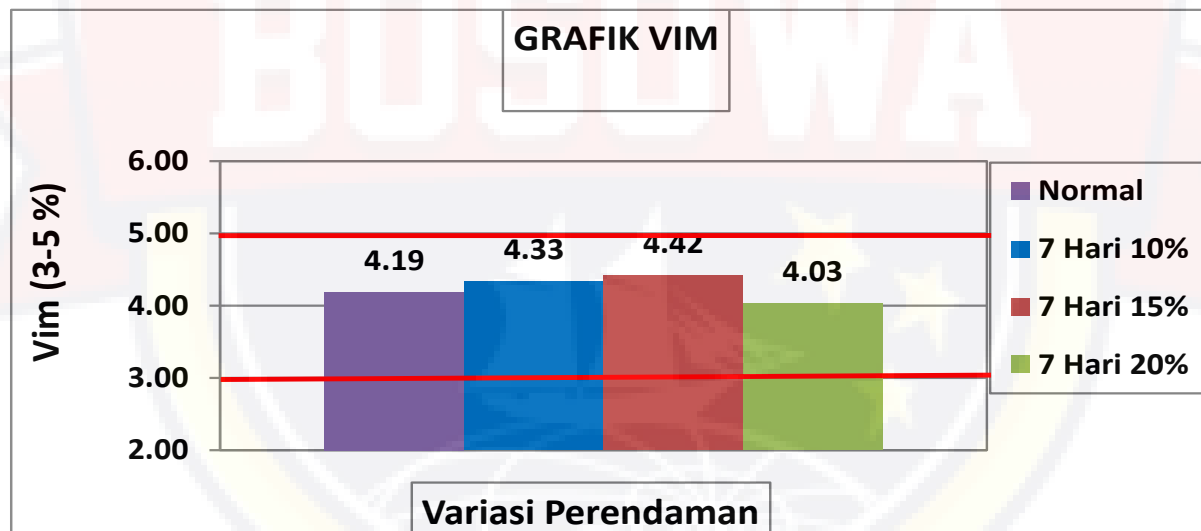
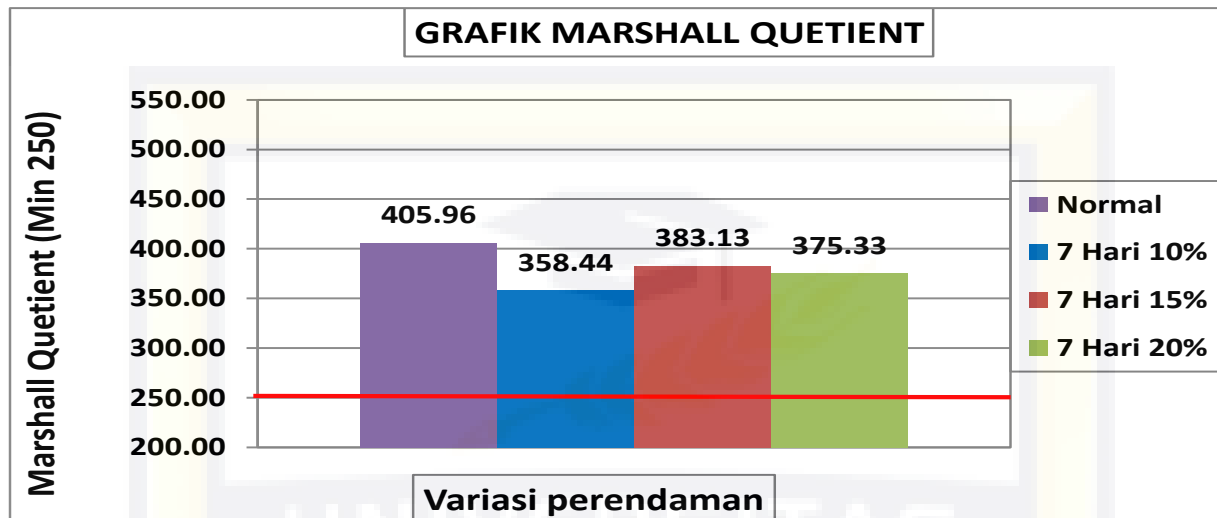




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

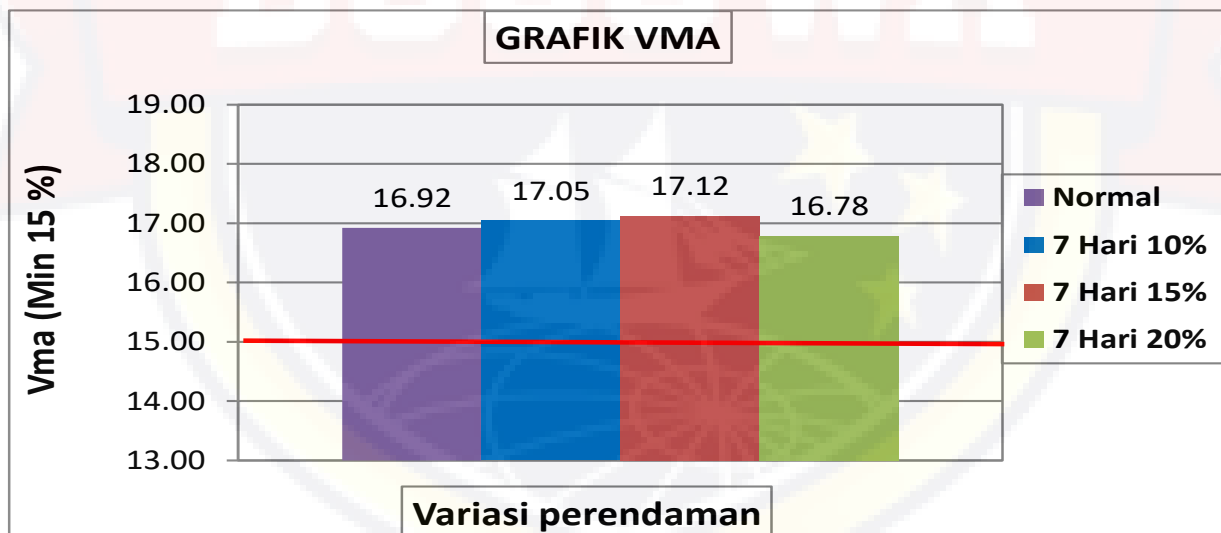
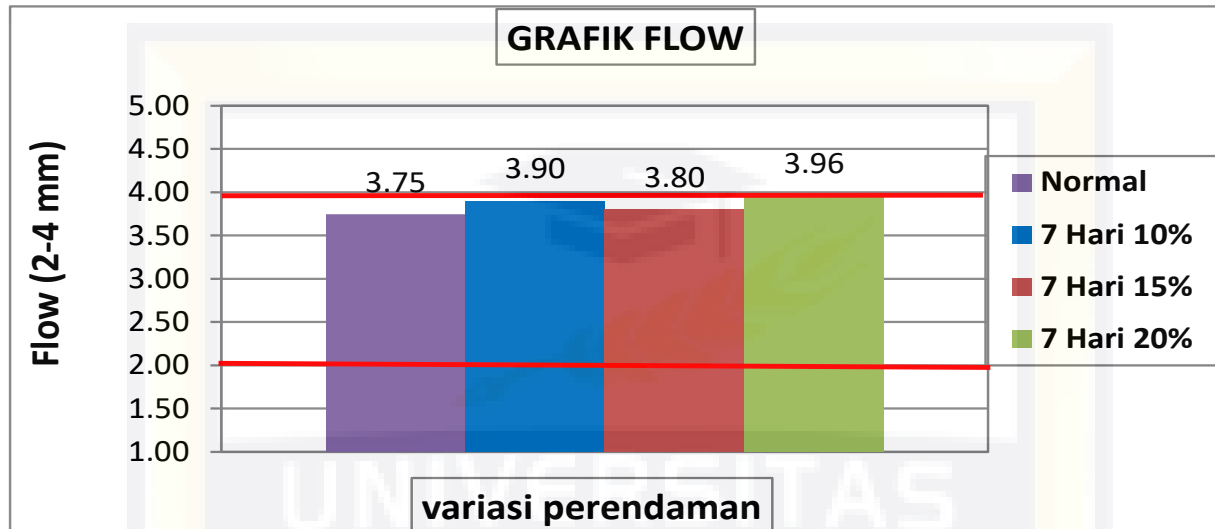




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

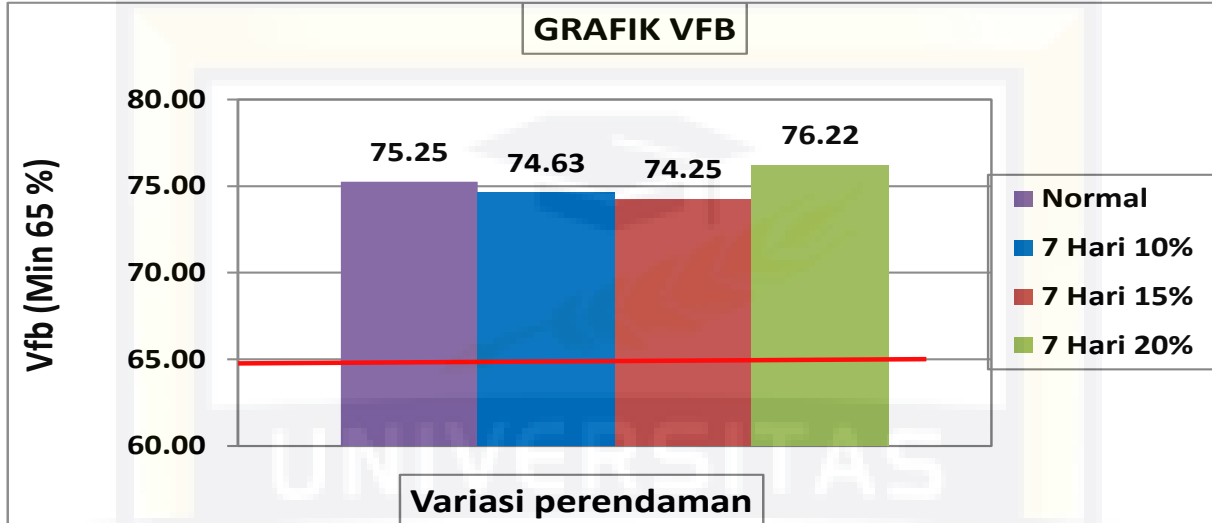




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR



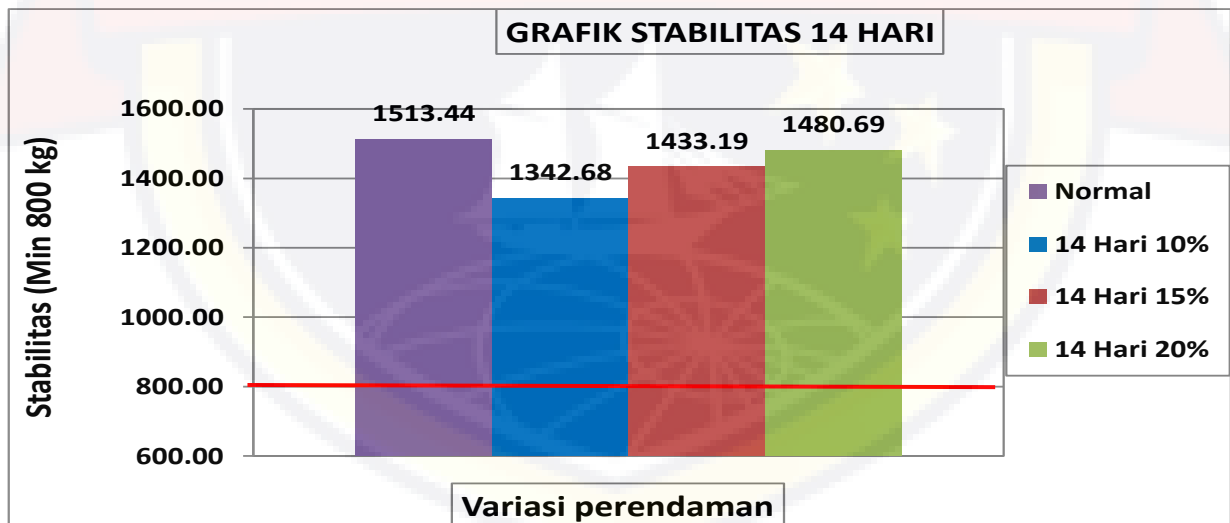
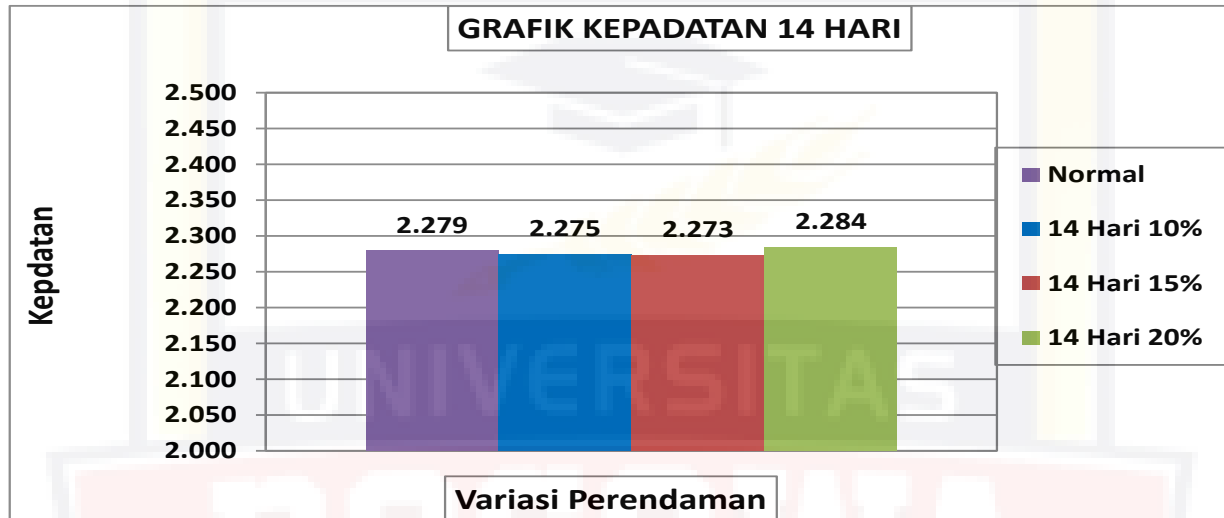


LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

GRAFIK PERENDAMAN 14 HARI

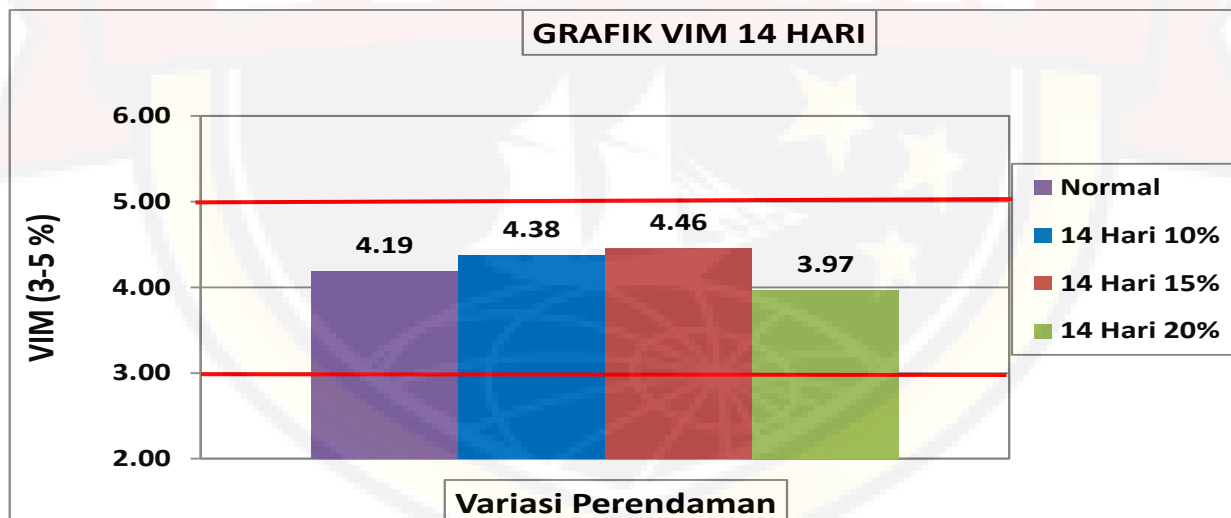
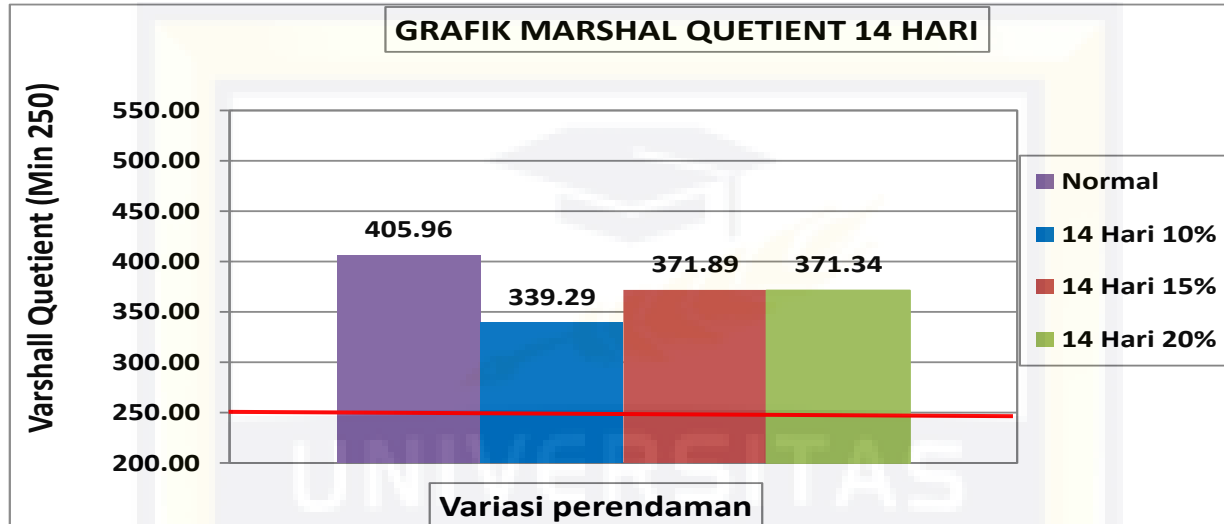




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

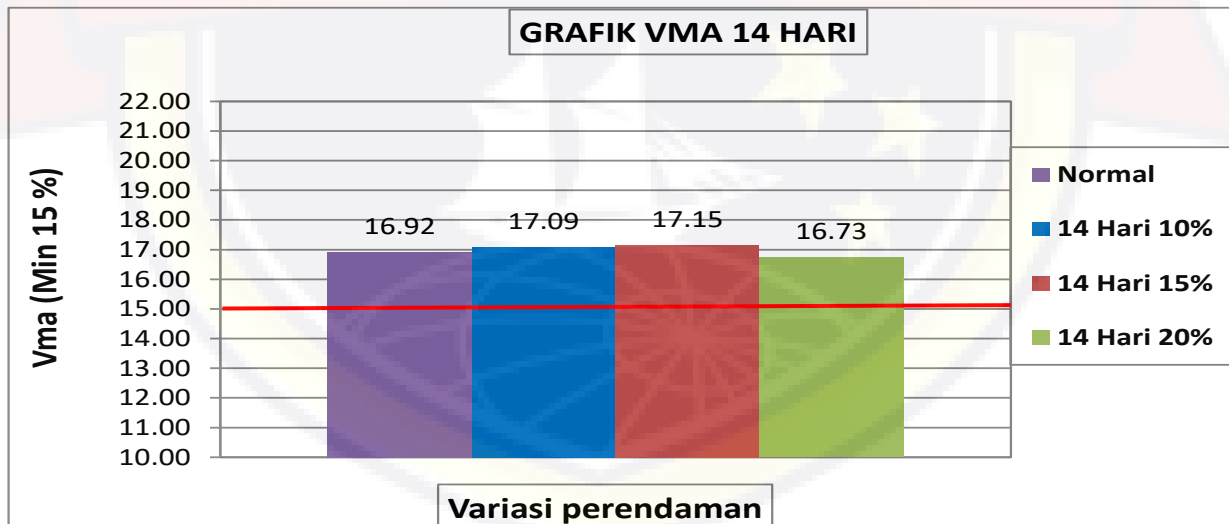
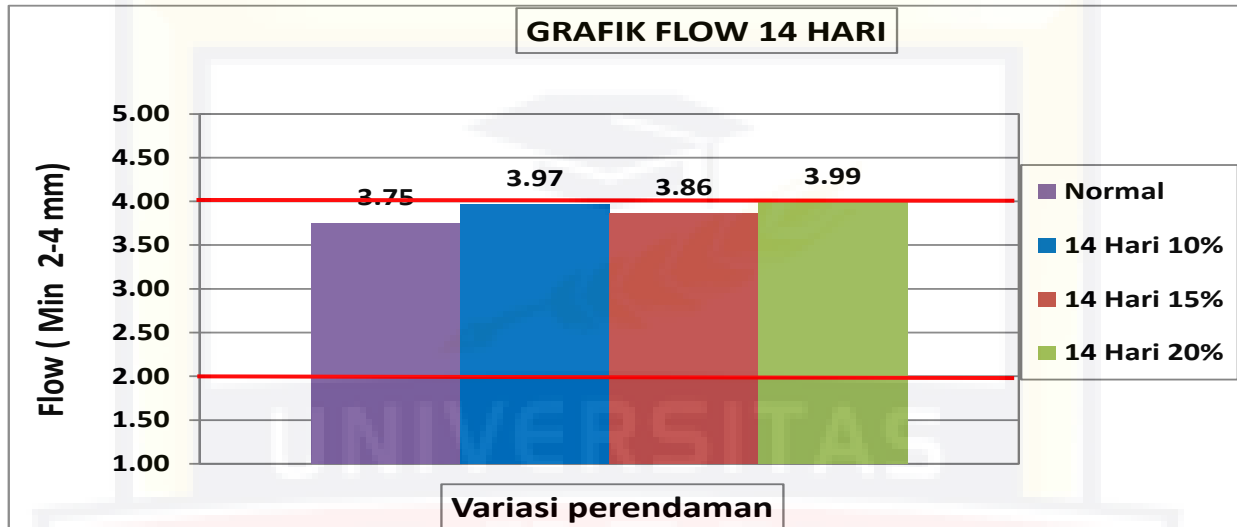




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

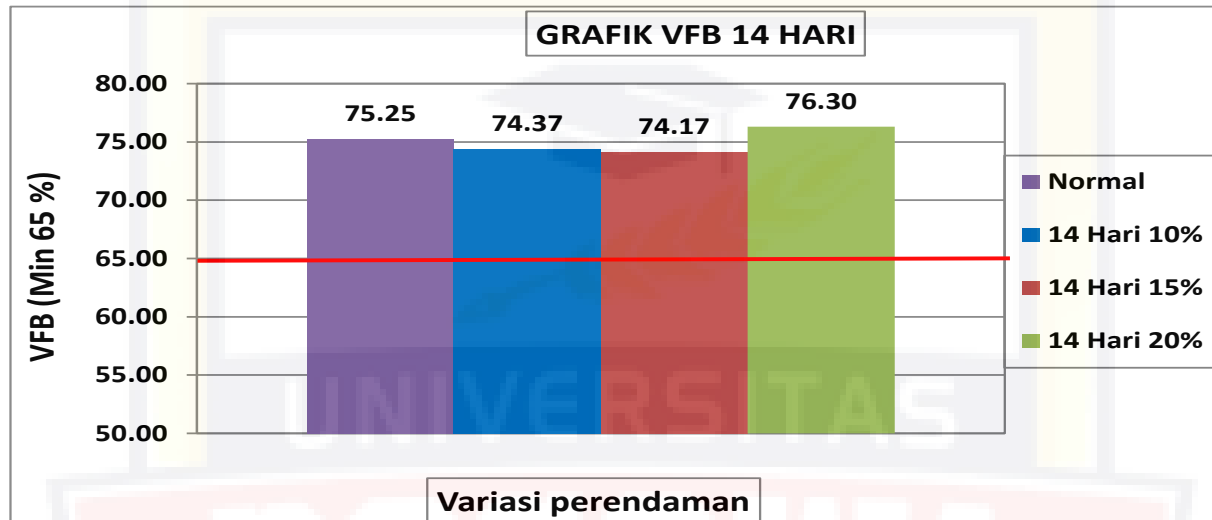




LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR





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

D

O

K

U

M

E

N

T

A

S

I





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



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Penimbangan Dalam Air



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



Penimbangan Agregat



Proses Sangrai Agregat



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



Proses Pencampuran Aspal



Pengecekan Suhu Campuran Aspal



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



Proses Memasukkan Hot Mix Ke Dalam Moll



Pengecekan Suhu Dalam Moll



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



Pemadatan Campuran Aspal



Mengeluarkan Briket Dari Ejector



Proses Perendaman



Perendaman Dalam Water Back



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



Proses Uji Marshall



Briket Keseluruhan