

TUGAS AKHIR

**“ PENGARUH PENGGUNAAN ABU CANGKANG
KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN FILLER TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL DALAM CAMPURAN AC-
WC DENGAN PERENDAMAN BERULANG ”**

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Mencapai Gelar S-1



Disusun Oleh :

NURUL ANNISA

45 16 041 085

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2021



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP
TUGAS AKHIR

Judul : “ Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dalam Campuran AC-WC Dengan Perendaman Berulang. “

Disusun dan diajukan oleh :

N a m a : NURUL ANNISA

No.Stambuk : 45 16 041 085

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


Telah disetujui oleh Komisi Pembimbing :

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

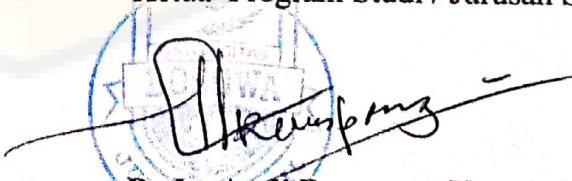
Pembimbing II : Nurhadijah Yuniarti, ST, MT. (..........)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil



Dr.Ir. Andi Rumpang Yusuf., M.T.
NIDN.00-010565-012



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. A710/FT/UNIBOS/VIII/2021 Tanggal 20 Agustus 2021, Perihal Pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jum'at / 20 Agustus 2021
N a m a : **Nurul Annisa**
No.Stambuk : **45 16 041 085**

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. Abd. Rahim Nurdin, MT. (...
Sekretaris (Ex. Officio) : Ir. Nurhadijah Yunianti, ST. MT (...
Anggota : Ir. Arman Setiawan, ST., MT. (...
Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. (...

Makassar, Agustus 2021

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Univ. Bosowa Makassar

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

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil
Univ. Bosowa Makassar

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Nurul Annisa**
Nomor Stambuk : **45 16 041 085**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **"Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dalam Campuran AC-WC Dengan Perendaman Berulang"**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

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

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

Makassar, 2021
Yang Menyatakan


Nurul Annisa

ABSTRACT

This study tries to use Palm Oil Shell Ash Waste which is expected to improve the quality of asphalt concrete against technical characteristics and meet the requirements for use as road pavement, this study aims to analyze the characteristics of hot mix asphalt (AC-WC) using asphalt oil packaging. oil palm shell ash on repeated immersion, this study uses a trial method that wants to get results, thus it will be seen the utilization of oil palm shell ash waste in asphalt concrete construction with variations in levels of 20%, 40%, 60%, and 80%, the results The research shows that the use of palm oil shell ash waste will affect the characteristics of the asphalt mixture marshall.

Keywords: *Oil palm shell ash, Shell Ash, Asphalt Oil, AC-WC*

ABSTRACT

Penelitian ini mencoba memanfaatkan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit yang diharapkan dapat meningkatkan mutu beton aspal terhadap karakteristik teknis dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai perkerasan jalan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik aspal campuran panas (AC-WC) menggunakan kemasam minyak aspal dengan variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit pada perendaman berulang. Penelitian ini menggunakan metode uji coba yang ingin mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit pada konstruksi beton aspal dengan variasi kadar 20%, 40%, 60% , dan 80%. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah abu cangkang kelapa sawit akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal panas.

Kata kunci: Abu cangkang kelapa sawit, Marshall, Aspal Minyak, AC-WC

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa. Yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis memilih bidang Transportasi yang merupakan salah satu bagian disiplin ilmu teknik sipil. Dipilihnya bidang ini berdasarkan kenyataan dilapangan bahwa bidang transportasi khususnya jalan sangat banyak digunakan. Tugas Akhir ini berjudul : **“PENGARUH PENGGUNAAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN FILLER TERHADAP KARAKTERISIK MARSHALL DALAM CAMPURAN AC-WC DENGAN PERENDAMAN BERULANG”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini berkat bantuan dan sumbangsi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan ucapan terima kasih tak terhingga kepada :

1. Kedua orangtua kami tercinta atas doa, dukungan bantuannya berupa moril maupun materi selama penulis menuntut ilmu di Universitas Bosowa Makassar.

2. Bapak Dr. Ridwan, ST., M.Si. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
3. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
4. Bapak Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT. dan Ibu Ir. Nurhadijah Yunianti, ST., MT. Selaku Pembimbing I dan II yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam rangka menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Staf dan Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
6. Kak Marlina Alwi, ST. Selaku Asisten Laboratorium Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan dengan penelitian ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya Sipil Angkatan 2016 dan rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Gloria Stefhani, Veby, Nurul Sa'adatul, dan Laras Linda, yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Sahabat, saudara saya Widya Juniastuti, yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kesadaran diri dan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa hanya Allah yang memiliki segala kesempurnaan, sehingga masih banyak lagi rahasia-Nya belum tergali dan belum diketahui. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang positif demi menyempurnakan tugas akhir ini dan dapat memberikan mafaat bagi pembaca. Aamiin.

Makassar, Agustus 2021



PENULIS

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengajuan Ujian Tutup	ii
Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Skripsi	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan masalah	I-4
1.3 Tujuan dan manfaat penelitian	I-4
1.4 Pokok bahasan dan batasan masalah	I-5
1.5 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Umum Perkerasan Jalan Raya	II-1
2.2 Pembebanan Pada Perkerasan Jalan	II-5
2.3 Aspal Beton	II-7
A. Pengertian Aspal Beton	II-7

B.	Jenis-jenis Aspal Beton	II-8
C.	Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-10
2.4	Laston (AC-WC)	II-13
2.4.1	Fungsi dan Sifat Laston	II-13
2.5	Material Campuran Aspal Beton	II-15
2.5.1	Agregat	II-15
2.5.2	Aspal	II-21
2.6	Perencanaan Campuran Aspal beton	II-31
2.7	Pengujian Marshall Test	II-32
2.8	Kelapa Sawit	II-38
2.9	Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Terhadap Campuran AC-WC	II-42
2.10	Penelitian Terdahulu	II-43
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Bagan Alir Penelitian	III-1
3.2	Lokasi Material	III-3
3.3	Lokasi Penelitian	III-3
3.4	Waktu Pelaksanaan	III-3
3.5	Persiapan Peralatan 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	III-4
3.5.3	Pemeriksaan Berat jenis Agregat Halus	III-4
3.5.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-5

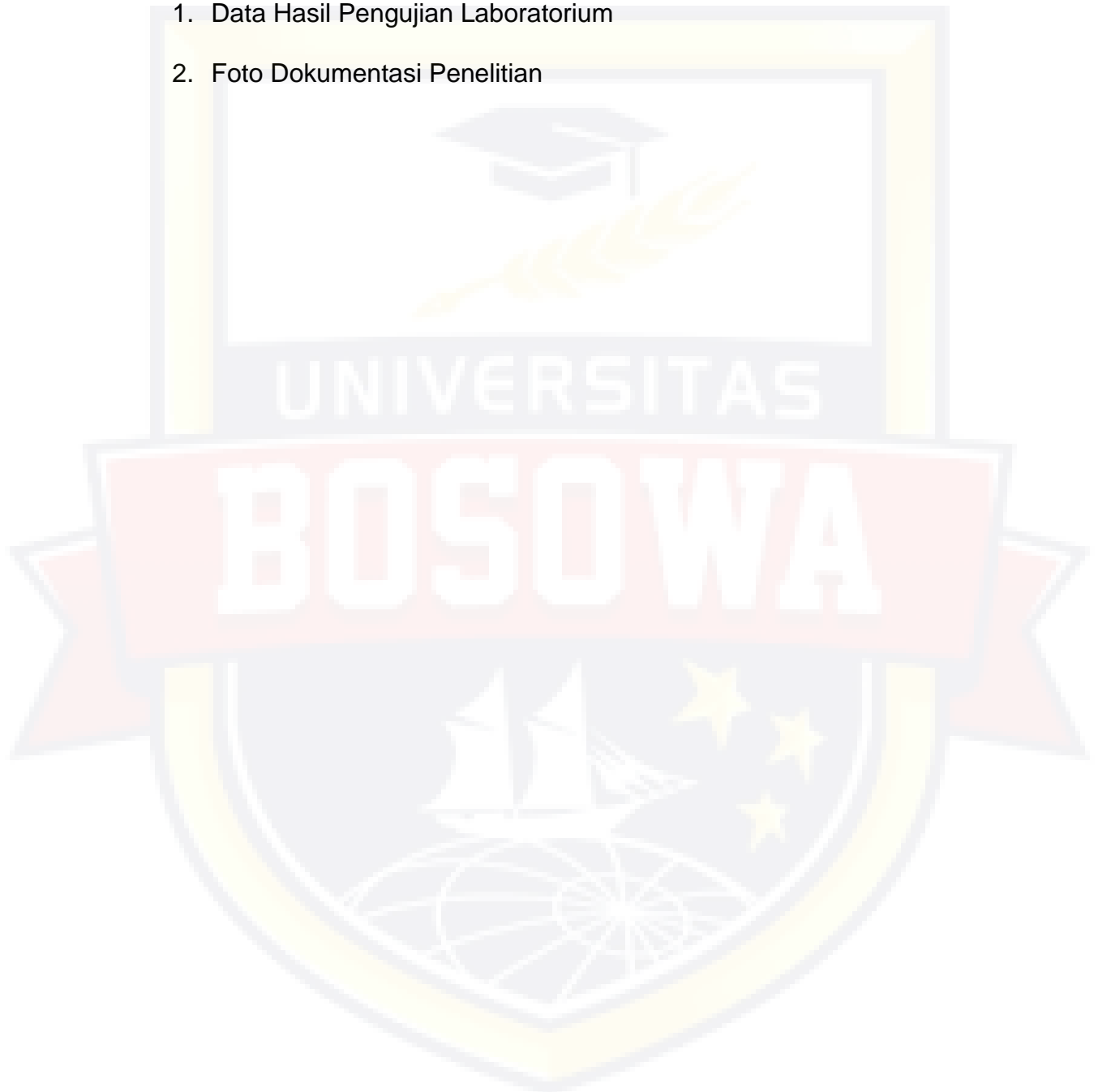
3.5.5	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	III-6
3.6	Pemeriksaan Aspal	III-6
3.6.1.	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-6
3.6.6	Penentuan Jumlah Benda Uji	III-7
3.6.7	Perancangan Agregat Gabungan	III-8
3.6.8	Perhitungan Kadar Aspal Optimum Rencana	III-8
3.6.9	Pembuatan Briket / Benda Uji	III-9
3.7	Pengetesan Benda Uji I Dengan Alat Marshall	III-9
BAB IV PEMBAHASAN		
4.1.	Penyajian Data.....	VI-1
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	VI-1
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak	VI-4
4.1.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Cangkang K.Sawit	IV-4
4.2.	Analisa Rancangan Campuran	VI-4
4.2.1.	Penentuan Komposisi Agregat Gabungan	VI-4
4.3.	Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan KAO	VI-7
4.3.1.	Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb).....	VI-7
4.3.2.	Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran	VI-8
4.3.3.	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	VI-9
4.4.	Data Uji Marshall untuk Penentuan KAO	VI-9
4.5.	Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum	VI-15
4.5.1.	Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan	

Kadar Aspal Optimum Dengan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit	VI-15
4.5.2. Perhitungan Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit	VI-17
4.5.3. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Menggunakan KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit	VI-25
4.5.4. Analisis Hasil Perbandingan nilai KAO dengan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit 20% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC	VI-28
4.5.5. Analisis Hasil Perbandingan nilai KAO dengan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit 40% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC	VI-37
4.5.6. Analisis Hasil Perbandingan nilai KAO dengan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit 60% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC	VI-47
4.5.7. Analisis Hasil Perbandingan nilai KAO dengan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit 80% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC	VI-56
4.6. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS	VI-65
4.7. Grafik Gabungan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit	IV-66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian Laboratorium
2. Foto Dokumentasi Penelitian



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston	II-14
Tabel 2.2	Ketentuan Agregat Kasar	II-16
Tabel 2.3.	Ketentuan Agregat Halus	II-17
Tabel 2.4	Ukuran Gradasi Filler	II-18
Tabel 2.5	Ketentuan Filler	II-18
Tabel 2.6	Amplop Gradasi Agregat Gabungan	II-21
Tabel 2.7	Pengujian Aspal Keras	II-25
Tabel 2.8	Persyaratan Untuk Aspal Keras Pen. 60/70	II-26
Tabel 2.9	Unsur Kimia Pada Abu Cangkang Kelapa Sawit	II-42
Tabel 3.1	Perhitungan Benda Uji	III-8
Tabel 4.1	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	IV-4
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Cangkang	IV-4
Tabel 4.6	Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC	IV-6
Tabel 4.7	Komposisi Campuran AC-WC	IV-8
Tabel 4.8	Berat Aspal dan Agregat pada Campuran Aspal Panas AC-WC Standar	IV-8
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	

	Agregat	IV-9
Tabel 4.10	Komposisi Campuran Menggunakan KAO	IV-15
Tabel 4.11	Komposisi Campuran dengan Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit 20%	IV-16
Tabel 4.12	Komposisi Campuran dengan Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit 40%	IV-16
Tabel 4.13	Komposisi Campuran dengan Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit 60%	IV-16
Tabel 4.14	Komposisi Campuran dengan Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit 80%	IV-17
Tabel 4.15	Hasil Uji Marshall KAO dengan Perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-25
Tabel 4.16	Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20% dengan perendaman berulang	IV-26
Tabel 4.17	Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 40% dengan perendaman berulang	IV-26
Tabel 4.18	Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 60% dengan perendaman berulang	IV-27
Tabel 4.19	Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 80% dengan perendaman berulang	IV-27
Tabel 4.20	Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal AC-WC	IV-65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Perkerasan Kaku	II-2
Gambar 2.2	Komponen Perkerasan Lentur	II-2
Gambar 2.3	Komponen Perkerasan Komposit	II-3
Gambar 2.4	Potongan Lapisan Pada Perkerasan Lentur	II-3
Gambar 2.5	Sistematika Bentuk Perkerasan Jalan	II-4
Gambar 2.6	Distribusi beban roda melalui lapisan perkerasan jalan	II-6
Gambar 2.7	Ilustrasi Gradasi Agregat	II-20
Gambar 2.8	Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal	II-37
Gambar 2.9	Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang terabsorsi	II-38
Gambar 2.10	Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM	II-38
Gambar 2.11	Pohon kelapa Sawit	II-40
Gambar 2.12	Cangkang Kelapa Sawit	II-41
Gambar 2.13	Abu Cangkang Kelapa Sawit	II-41
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC	VI-7
Gambar 4.2.a.	Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO	VI-10
Gambar 4.2.b.	Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO	VI-11

Gambar 4.9.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 20% terhadap VFB	VI-34
Gambar 4.10.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 20% terhadap VMA	VI-35
Gambar 4.11	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap Kepadatan	VI-36
Gambar 4.12.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap Stabilitas	VI-37
Gambar 4.13.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap Flow	VI-38
Gambar 4.14.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap MQ	VI-39
Gambar 4.15.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap VIM	VI-40
Gambar 4.16.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap VFB	VI-41
Gambar 4.17.	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 40% terhadap VMA	VI-41
Gambar 4.18	Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
	Cangkang kelapa sawit 60% terhadap Kepadatan	VI-42

Gambar 4.19. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap Stabilitas	VI-43
Gambar 4.20. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap Flow	VI-44
Gambar 4.21. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap MQ	VI-44
Gambar 4.22. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap VIM	VI-45
Gambar 4.23. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap VFB	VI-46
Gambar 4.24. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 60% terhadap VMA	VI-47
Gambar 4.25. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap Kepadatan	VI-48
Gambar 4.26. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap Stabilitas	VI-49
Gambar 4.27. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap Flow	VI-50
Gambar 4.28. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap MQ	VI-51
Gambar 4.29. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap VIM	VI-52

Gambar 4.30. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap VFB	VI-53
Gambar 4.31. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu	
Cangkang kelapa sawit 80% terhadap VMA	VI-53
Gambar 4.32 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap Stabilitas	VI-66
Gambar 4.33 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap Flow	VI-67
Gambar 4.34 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap Marshall Quetient (MQ)	VI-67
Gambar 4.35 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap VIM	VI-68
Gambar 4.36 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap VFB	VI-68
Gambar 4.37 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa	
Sawit terhadap VMA	VI-69

DAFTAR NOTASI

AASTHO	= <i>American Association Of State Highway and Transportation Officials</i>
AC	= <i>Asphalt Concrete</i>
AC – BC	= <i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
AC – Base	= <i>Asphalt Concrete Base</i>
ASTM	= <i>American Society For testing and materials</i>
Ba	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air
BFT	= <i>Bitumen Film Thickness</i>
Bj	= Berat Jenis
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
DMF	= <i>Design Mix Formula</i>
Filler	= Berupa Abu Batu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan No.200
Flow	= Pelelehan
Ga	= Berat Jenis Aspal
Gsa	= Berat Jenis Semu
Gsb	= Berat Jenis Curah dari total Agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif
H	= Hidrokarbon
HRS	= <i>Hot Rolled Sheet</i>
HRS – Base	= <i>Hot Rolled Sheet Base</i>
HRS – WC	= <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i>

HRSS	= <i>Hot Roled sand Sheet</i>
HSMA	= <i>High Stiffnes Modulus Asphalt</i>
JMF	= <i>Job Mix Formula</i>
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LATASTON	= Lapisan Tipis Aspal Beton
LATASIR	= Lapisan Tipis Aspal Pasir
LASTON	= Lapisan Aspal Beton
LPA	= Lapis Pondasi Atas
LPB	= Lapis Tanah Bawah
LTD	= Lapis Tanah Dasar
MC	= <i>Medium Curing Cut Back</i>
MPBJ	= Manual Pemeriksaan Bahan Jalan
MQ	= Marshall Quetiont (Kg/Mm)
Pa.s	= Pascal sekon
Pb	= Perkiraan Bitumen
Pba	= Penyerapan Aspal
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
PET	= <i>Polyethylene Terephthalate</i>
RC	= <i>Rapid Curing</i>
RCC	= <i>Residium Catalytic Cracking</i>
SBS	= <i>Styrene Butadine Styrene</i>
SBR	= Styrene Butadine Rubber
SC	= <i>Slow Curing Cut Back</i>

SI	= Standar Internasional
SIS	= <i>Styrene Isoprene Styrene</i>
SMA	= Split Mastic Asphalt
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SS	= <i>Sand Sheet</i>
SSD	= <i>Surface Saturated Dry</i>
VFB	= <i>Voids Filled With Bitumen</i>
VIM	= <i>Voids In Mixed (%)</i>
VMA	= <i>Voids In Minerat Agregates (%)</i>
"	= Ukuran Saringan Dalam Inchi

BOSOWA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada penggunaan dan penerapan aspal beton untuk kondisi jalan dengan volume lalu lintas yang cukup tinggi sering kali ditemukan masalah terutama dalam hal teknis. Hal tersebut disebabkan kinerja dari lapisan permukaan tidak selalu memuaskan, sehingga terjadi kerusakan secara dini. disamping itu terjadi peningkatan volume lalu lintas yang cukup pesat dan ditambah kondisi natural indonesia yang beriklim tropis yang mempunyai temperatur udara cukup tinggi, radiasi sinar matahari, curah hujan yang tinggi dan lain sebagainya sehingga mempengaruhi secara langsung kerusakan dini pada struktur jalan. Pemilihan aspal untuk menaikkan kinerja aspal masih menjadi masalah yang menarik untuk di teliti.

Bertolak dari masalah tersebut, sudah banyak yang memikirkan dan mencoba berbagai alternatif untuk meningkatkan kualitas aspal beton pada perkerasan jalan raya supaya kerusakan secara dini bisa di cegah. Untuk peningkatan kualitas tersebut, tentu saja dibutuhkan material perkerasan yang memenuhi spesifikasi. Dalam hal penyediaan bahan material yang memenuhi persyaratan inilah yang sering timbul masalah dimana bahan tersebut semakin lama semakin berkurang jumlahnya dan semakin dibutuhkannya biaya yang besar dalam pengadaan bahan material tersebut. Sehingga mulai muncul banyak pemikiran untuk

pengadaan material alternatif sebagai pengganti dari material yang telah lazim digunakan.

Maka dari itu penulis tertarik untuk meneliti limbah abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan material alternatif pengganti bahan pengisi (*filler*) pada aspal. hal ini dilatarbelakangi di Indonesia, dari 21,4 juta Ha areal perkebunan nasional, sekitar 42,39% atas lahan perkebunan itu ditanami kelapa sawit. Lahan seluas 9,07 juta Ha kelapa sawit itu menghasilkan CPO (*crude palm oil*/minyak sawit) terbesar di dunia, yaitu sebesar 23,52 ton pada tahun 2012 (Dirjend Perkebunan, 2012). Pemrosesan buah kelapa sawit menjadi ekstrak minyak sawit menghasilkan limbah padat yang sangat banyak dalam bentuk serat, cangkang dan tandan buah kosong. Setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses akan menghasilkan lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat dan 25 ton tandan kosong. Cangkang selanjutnya digunakan lagi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Pembakaran dalam ketel uap dengan menggunakan cangkang kelapa sawit ini akan menghasilkan 5% (1 ton) abu cangkang sawit (*oil palm ashes*) dengan ukuran butiran yang sangat halus. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat yang tidak termanfaatkan, bahkan berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kesehatan.

Dari uraian tersebut di atas menjadi latarbelakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya dalam bentuk tugas akhir yang berjudul :

**“PENGARUH PENGGUNAAN ABU CANGKANG KELAPA
SAWIT SEBAGAI BAHAN FILLER TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL DALAM CAMPURAN AC-WC DENGAN
PERENDAMAN BERULANG”**

UNIVERSITAS

BOSOWA

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi sebagian (filler) terhadap sifat Marshall dan karakteristik dalam campuran AC-WC pada perendaman berulang.
2. Berapa substitusi abu cangkang kelapa sawit sebagai pengganti sebagian (filler) agar dapat menambah kualitas campuran aspal.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh karakteristik Aspal Panas (AC-WC) dengan penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi sebagian pada filler.
2. Untuk menghitung dan menganalisis karakteristik aspal panas (AC-WC) dengan penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai filler pada perendaman berulang

1.3.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Untuk memanfaatkan limbah abu cangkang kelapa sawit dalam bidang transportasi jalan
2. Untuk meningkatkan kualitas aspal beton pada perkerasan jalan raya

3. Untuk menambah wawasan pembaca mengenai pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan filler terhadap karakteristik marshall dalam campuran AC-WC dengan perendaman berulang

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.4.1. Pokok Bahasan

Adapun pokok bahasan dari penelitian ini adalah :

1. Permasalahan yang diamati adalah karakteristik campuran aspal panas (AC-WC) dan agregat
2. Mengetahui pengaruh penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi (filler) dalam campuran AC-WC dengan Metode Marshall

1.4.2. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI
2. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston (AC-WC) *Asphalt Concrete-Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2010.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70
4. Bahan Pengisi II (*filler*) diperoleh dari Abu Cangkang Kelapa Sawit
5. Bahan Pengisi II (*filler*) diperoleh dari Semen Portland
6. Dilakukan perendaman dengan variasi 3, 7, dan 14 hari.
7. Variasi Kadar Abu Cangkang Kelapa Sawit 20%, 40%, 60%, dan 80%.

8. Material yang di gunakan di ambil dari Bili-Bili, Kab. Gowa - Sulawesi Selatan dan Abu Cangkang Kelapa Sawit diperoleh dari PT. Manakarra Unggul Lestari, Mamuju – Sulawesi Barat
9. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.5.1. Bab I Pendahuluan

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

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

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

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

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

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

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

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Perkerasan Jalan Raya

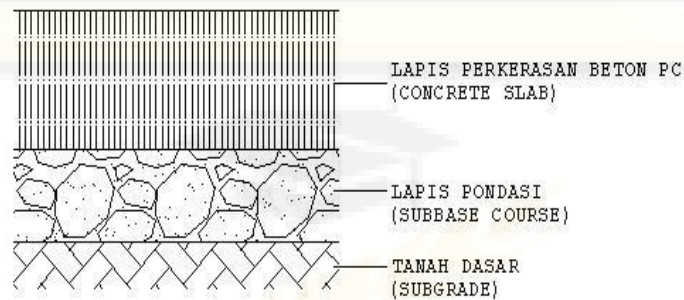
Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

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.

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

- a. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement)
 - Memakai bahan pengikat semen portland (PC)
 - Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
 - Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.

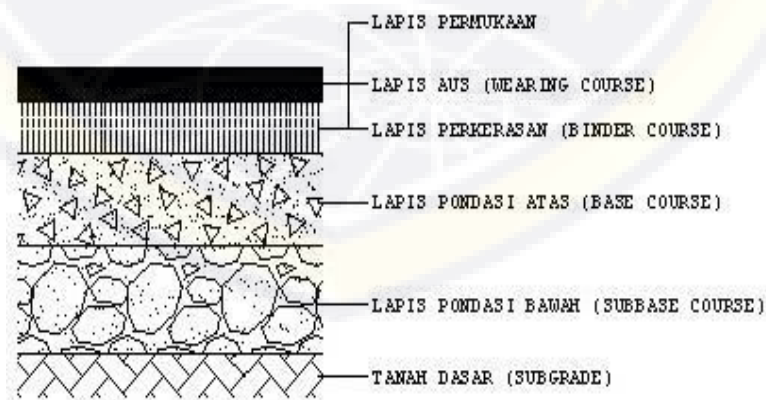
- Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan.



Gambar 2.1. komponen perkerasan kaku

b. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement)

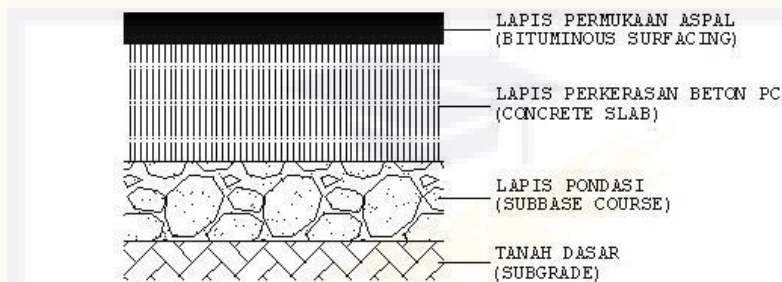
- Memakai bahan pengikat aspal.
- Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
- Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya rutting (lendutan pada jalur roda).
- Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).



Gambar 2.2. komponen perkerasan lentur

c. Konstruksi perkerasan komposit (composite pavement)

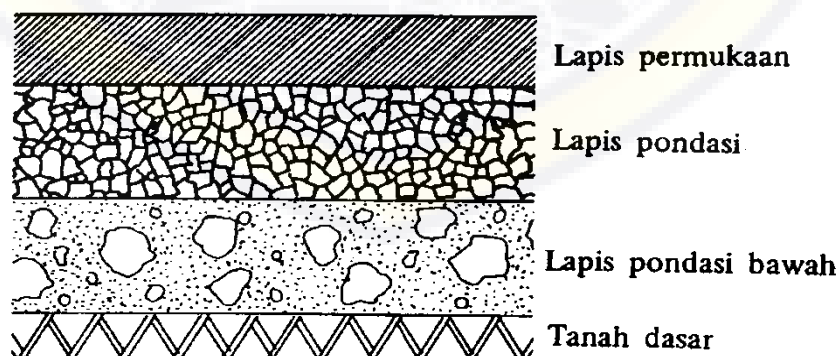
- Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
- Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



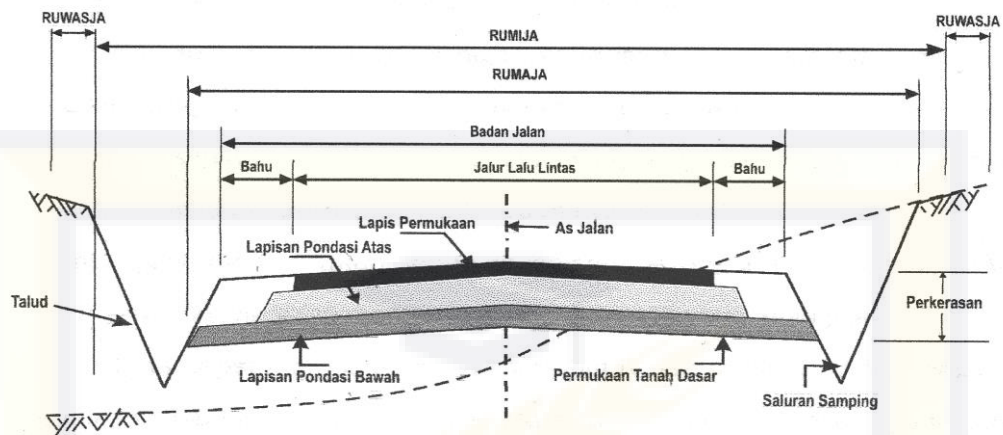
Gambar 2.3. komponen perkerasan komposit

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 susunan lapisan konstruksi perkerasan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.4. Potongan lapisan pada perkerasan lentur.



Gambar 2.5 Sistematika Bentuk Perkerasan Jalan
(Sumber : UU No. 38 Tahun 2004)

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 *Subbase Course*

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*

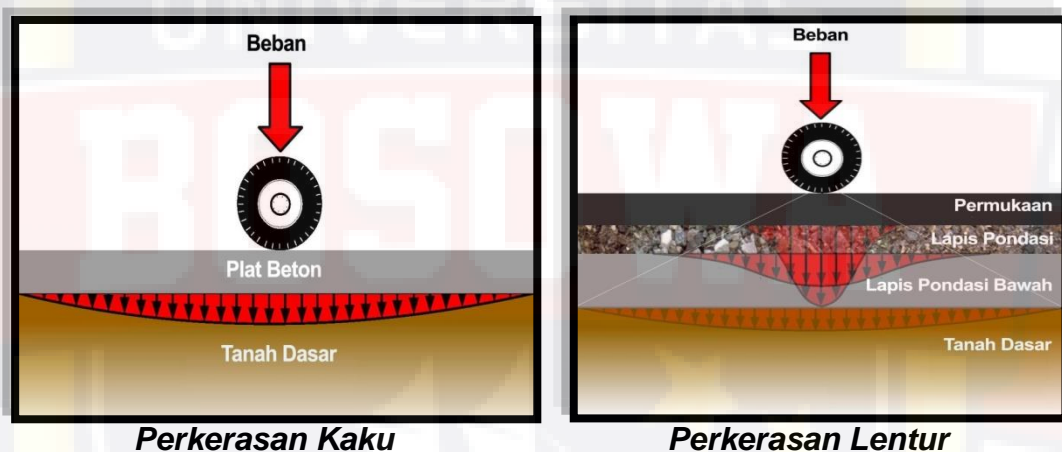
Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.2 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 memperjelas hal tersebut maka ditampilkan pada Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6. Distribusi beban roda melalui lapisan perkerasan jalan
(Sumber : dikutip dari bahan kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya oleh Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.)

Mekanisme retak yang terjadi di lapangan terjadi karena adanya gaya tarik yang ditandai dengan adanya retak awal pada bagian bawah perkerasan yang mengalami deformasi kemudian retak ini lama kelamaan akan menjalar ke permukaan perkerasan jalan yang dapat mengakibatkan kerusakan dan ketidaknyamanan.

Banyak hal yang menyebabkan rusaknya perkerasan jalan, salah satunya adalah karena beban tarik. Beban tarik sering menyebabkan adanya retak, terutama diawali dengan adanya retak awal (crack initiation) pada bagian bawah lapisan perkerasan yang kemudian akan menjalar kepermukaan-permukaan. Untuk mengetahui karakteristik material perkerasan lentur di lapangan mulai dikembangkan dengan analisa di laboratorium agar tercapai mix desain yang tepat. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi :

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

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

2.3 Aspal Beton

A. Pengertian Aspal Beton

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dengan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk aspal beton dicampur di tempat pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi,

dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Aspal Beton atau Laston mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan – bahan lain, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan – bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agrerat. Pengalaman para pembuat aspal beton mengatakan bahwa campuran ini sangat stabil tetapi sangat sensitif terhadap variasi dalam pembuatannya. (*Silvia Sukirman, 2012*)

B. Jenis-jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan aspal beton, dan fungsi aspal beton. (*Silvia Sukirman, 2012*)

1. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas :
 - a) Aspal beton campuran panas (*Hot Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140° c.
 - b) Aspal beton campuran sedang (*Warm Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60° c.
 - c) Aspal beton campuran dingin (*Cold mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu sekitar 25° c.

2. Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas :

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

3. Jenis aspal beton campuran panas yang ada di indonesia saat ini adalah ;

- a) Laston (*Lapisan aspal beton*), adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*).
- b) Lataston (*Lapisan tipis aspal beton*) adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran

ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas.

- c) *Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir)*, adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. *Latasir* biasa pula disebut sebagai *SS (Sand Sheet)* atau *HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)*.
- d) Lapisan perata adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan Huruf L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC - WC (L), AC - BC (L), HRS- WC(L), dan seterusnya.

C. Karakteristik campuran Aspal Beton

Pada dasarnya lapisan perkerasan aspal beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Hal ini akan menentukan karakteristik dari lapisan perkerasan tersebut. Adapun karakteristik dari lapisan aspal beton (*Silvia Sukirman, 2012*) adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu

lintas tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan interna dan kohesi.

2. Keawetan atau Durabilitas

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

3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

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

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

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

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

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

2.4 Laston (AC-WC)

Laston adalah lapis permukaan atau lapis fondasi yang terdiri atas laston lapis aus (AC-WC), laston lapis permukaan antara (AC-BC) dan laston lapis fondasi (AC-Base). Pembuatan Lapis Aspal Beton (LASTON) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, Lapis Aspal Beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (*Direktorat Jendral Bina Marga. "Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, 2018"*)

2.4.1 Fungsi dan Sifat Laston

Laston adalah aspal campuran panas yang bergradasi tertutup (bergradasi menerus) yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Sebagai pendukung beban lalu lintas
- b. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya.
- c. Sebagai lapisan aus.
- d. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Sedangkan sifat-sifat dari Laston antara lain :

- a. Kedap air.
- b. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
- c. Mempunyai nilai struktural.
- d. Mempunyai stabilitas tinggi

- e. Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Tabel 2.1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan Kadar Aspal (%)	Maks	1.7		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		800
	Maks	-		-
Kelelehan (mm)	Min	2		2
	Maks	-		-
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	200		200
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	75		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2.5		
Stabilitas Dinamis (lintasan/mm)	Min	2500		

Sumber : Spesifikasi Umum 2018. Perkerasan aspal, divisi 6

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang mana dalam hal ini tidak melebihi batas atas dan tidak kurang dari batas bawah.

Perencanaan campuran beraspal panas yang umum dilakukan di Indonesia adalah dengan metode Marshall. Dari perencanaan tersebut diperoleh nilai stabilitas (stability) dan flow, yang selanjutnya akan dihitung Marshall Quotient serta besaran-besaran volumetrik lainnya.

2.5 Material Campuran Aspal Beton

2.5.1 Agregat

Agregat atau batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah berupa material batu pecah dan agregat alami yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah, dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum 2018)

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

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

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material atau agregat yang lolos pada ayakan No. 4 atau 4,75 mm dan tertahan pada saringan No.200 atau 0,075 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam screening (*hasil pemecahan batu, slag atau kerikil*) atau campuran keduanya.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

PENGUJIAN	METODA PENGUJIAN	NILAI
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Maks. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI-03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung Dann Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI-03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 100 %

sumber : Spesifikasi Umum 2018. Perkerasan aspal, Divisi 6 – hal. 38

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

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

terlampau rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperature yang relative tinggi.

Tabel 2.4. Ukuran Gradasi Filler

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

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Tabel 2.5. Ketentuan Filler

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

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON)

4. 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.

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

- a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*) / gradasi 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.

- b. 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*).
- c. Gradasi senjang (*Gap Graded*) 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.



Gambar 2.7. Ilustrasi Gradasi Agregat
(sumber : BALITBANG-PU, modul TOT 2007)

Tabel 2.6. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	Mm	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 ½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-12	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi umum 2018, divisi 6. Perkerasan Aspal hal. 39

2.5.2 Aspal

A. Pengertian Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (cementious) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur asphathenes, resins, dan oil. Aspal menurut *American society*

for testing and material (ASTM) adalah suatu material yang berwarna coklat tua sampai hitam padat atau semi padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat di alam atau di peroleh dari residu minyak bumi.

Bitumen sendiri menurut ASTM adalah campuran hidrokarbon yang berasal dari alam yang bercampur dengan turunan-turunan non logam, seperti gas, liquid, semi padatan yang larut dalam karbon disulfid. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak.

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

a. Penetrasi

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

untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/100.

b. Titik Lembek

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

b. 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.

c. Daktilitas

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

Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus

pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm. Pendapat lain mengatakan bahwa tes dakilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan kohesi aspal, bila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

d. Berat Jenis Aspal

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

e. 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.

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

Tabel 2.7. Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 2456-2011	60-70
2	Temperatur	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas 135° C (Cst)	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100
6	Titik Lembek (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232
7	Larutan dlm Toluene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥ 1.0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456-2011	≥ 54
12	Indeks Penetrasi 4	-	≥ -1.0
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 50
15	Temperatur ≤ 5000 kPa, (*C)	SNI 06-6442-2000	-

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

B. 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

Secara luas, aspal dipakai sebagai pengikat agregat untuk lapisan perkerasan (terutama lapis permukaan), pada jalan dengan lalu lintas ringan sampai dengan berat dan di bawah segala macam cuaca.

Pengujian dan persyaratan untuk aspal seperti yang tercantum dalam

Tabel 2.8. Persyaratan Untuk Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan		Satuan
		Min	Max	
1	Penetrasi (25°C 5 detik)	60	79	0,1 mm
2	Titik Lembek (Ring Ball)	48	58	°C
3	Daktalitas (25°C Cm/det)	100		Cm
4	Titik Nyala (Elev.Open Cup)	200	-	°C
5	Berat Jenis (25°C)	1	-	gr/cc
6	Daktalitas Kehilangan Berat	-	1	% berat
7	Pen setelah kehilangan berat	50	-	% asli
8	Kelarutan (C ₂ HCL ₃)	99	-	%

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

C. 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.

D. Sifat – sifat Aspal

➤ **Sifat Kimia Aspal**

- **Asphalten**

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

- **Malten**

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

a) **Resin**

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

b) **Aromatik**

Aromatik adalah unsur pelarut asphalten yang paling dominan

didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal.

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

c) **Saturated**

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

➤ **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 dilapangan. 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 dilapangan.

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.

2.6 Perencanaan Campuran Aspal beton

Perencanaan campuran (*Mix Design*) dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan komposisi dari pada campuran secara tepat dan ekonomis dimana hasil yang diperoleh ini akan menjadi pedoman/resep pada pelaksanaan campuran. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan campuran antara lain :

1. Komposisi Umum Campuran

Campuran beton aspal pada umumnya dikomposisikan dari agregat kasar (batu pecah dan agregat alami), agregat halus, aspal dan bahan pengisi.

2. Kadar Aspal Dari Campuran

Kadar aspal dari campuran sebelumnya ditetapkan sehingga kadar aspal efektif (yaitu kehilangan akibat abrasi agregat) harus tidak kurang dari nilai minum yang diisyaratkan. Prosentase aspal yang sesungguhnya ditambah kedalam campuran akan tergantung pada daya absorpsi dari agregat yang dibutuhkan.

3. Proporsi Komponen Agregat

Komponen agregat kasar untuk campuran ditetapkan dalam pengertian fraksi rancangan yang terdiri dari:

- a. Fraksi agregat kasar, yaitu presentase berat material yang tertahan seraringan No. 8 terhadap berat total campuran.
- b. Fraksi agregat halus yaitu presentase berat material yang lolos saringan No. 8 tertahan pada saringan No. 200 terhadap berat

total campuran.

- c. Fraksi bahan pengisi yaitu presentase berat material yang lolos saringan No. 200 terhadap berat total campuran.

4. Sifat campuran yang dibutuhkan.

2.7 Pengujian Marshall Test

Pengujian Marshall merupakan pengujian yang paling banyak dan paling umum dipakai saat ini. Hal ini disebabkan karena alatnya sederhana dan cukup praktis untuk dimobilisasi.

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter atau 0.01".

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm).

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 penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Kelelehan 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 kelelehan (*flowmeter*) untuk mengukur kelelehan plastis.

Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (Flow) merupakan total deformasi yang dinyatakan dalam millimeter (mm) yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan hingga mencapai titik beban maksimum pada saat pengujian stabilitas

Marshall. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial flow biasanya dalam satuan mm (millimeter). Menurut *Fredy*, suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan kecenderungan untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan terjadinya kekakuan suatu campuran akan semakin tinggi, dan campuran akan semakin rentan terhadap keretakan.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \dots\dots\dots(2.1)$$

d. Rongga Terisi Aspal (VFB)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFA = 100 X \frac{VMA-VIM}{VMA} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

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

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

VIM :Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%).

e. Rongga Antar Agregat (VMA)

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

Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus sebagai berikut :Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb * Ps}{Gsb} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan pengertian :

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb = Berat jenis curah agregat

Ps = Agregat, persen berat total campuran

Gmb = Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)

Atau, jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \quad \dots\dots(2.4)$$

Dengan pengertian :

Pb = Aspal, persen berat agregat

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

Gsb = Berat jenis curah agregat

f. Rongga Udara (VIM)

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

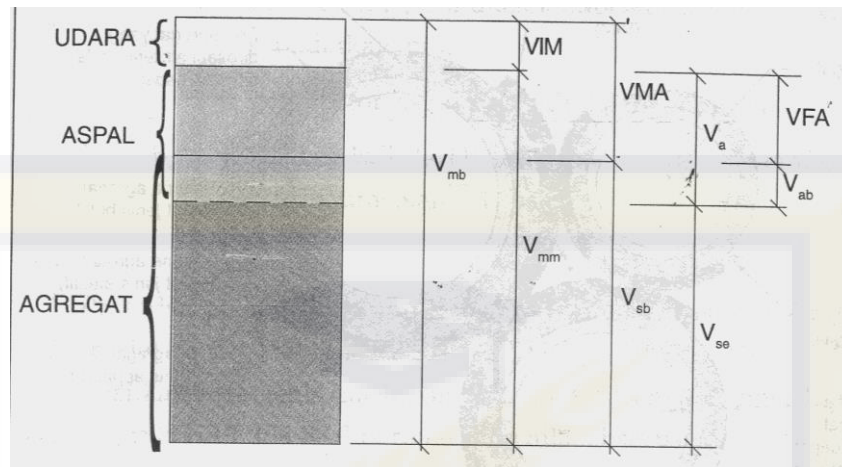
$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad \dots\dots(2.5)$$

Dengan pengertian :

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

Gmm = Berat jenis maksimum campuran.

Gmb = Berat jenis curah campuran padat



Gambar 2.8. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal

(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, hal. 81)

Dimana :

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

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

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

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

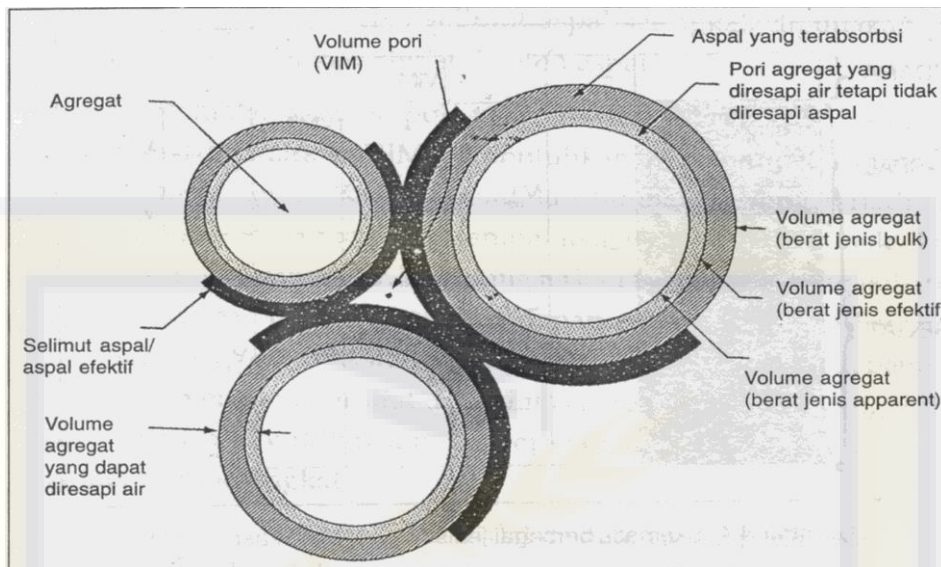
V_{mm} = volume tanpa pori dari beton aspal padat.

VIM = volume pori dalam beton aspal padat.

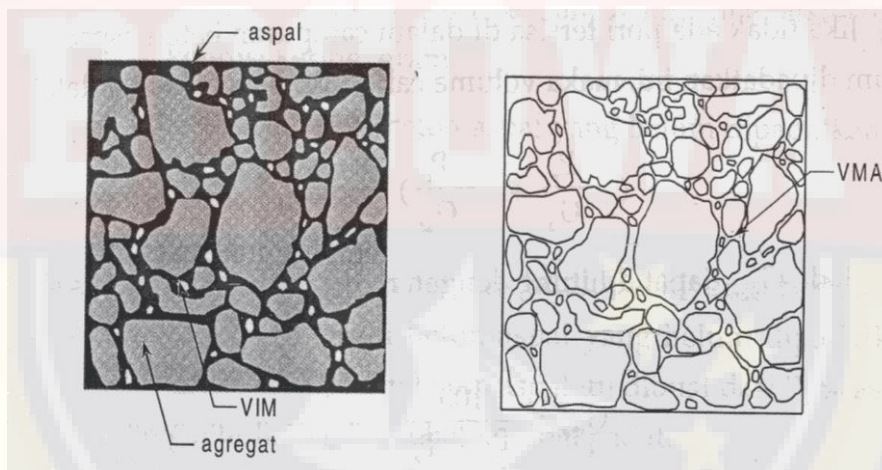
V_a = volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

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



Gambar 2.9. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorpsi (Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, hal. 82)



Gambar 2.10. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM

2.8 Kelapa Sawit

Kelapa sawit adalah tumbuhan industri/ perkebunan yang berguna sebagai penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar. Pohon Kelapa Sawit terdiri dari dua spesies yaitu *elaeis guineensis* dan *elaeis oleifera* yang digunakan untuk pertanian komersil dalam

pengeluaran minyak kelapa sawit. Pohon Kelapa Sawit *elaeis guineensis*, berasal dari Afrika barat diantara Angola dan Gambia, pohon kelapa sawit *elaeis oleifera*, berasal dari Amerika tengah dan Amerika selatan. Kelapa sawit menjadi populer setelah revolusi industri pada akhir abad ke-19 yang menyebabkan tingginya permintaan minyak nabati untuk bahan pangan dan industri sabun (Dinas Perkebunan Indonesia, 2012).

Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon, tingginya dapat mencapai 0- 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil, apabila masak berwarna merah kehitaman. Daging dan kulit buah kelapa sawit mengandung minyak. Minyak kelapa sawit digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Hampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Ciri-ciri fisiologi kelapa sawit yaitu (Dinas Perkebunan Indonesia, 2012) :

1. Daun

Daun kelapa sawit merupakan daun majemuk berwarna hijau tua, pelapah berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya sangat mirip dengan tanaman salak hanya saja dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam.

2. Batang

Batang tanaman diselimuti bekas pelapah hingga umur ± 12 tahun. Setelah umur ± 12 tahun pelapah yang mengering akan terlepas sehingga menjadi mirip dengan tanaman kelapa.

3. Akar

Akar serabut tanaman kelapa sawit mengarah ke bawah dan samping. Selain itu juga terdapat beberapa akar napas yang tumbuh mengarah ke samping atas untuk mendapatkan tambahan aerasi.

4. Bunga

Bunga jantan dan betina terpisah dan memiliki waktu pematangan berbeda sehingga sangat jarang terjadi penyerbukan sendiri. Bunga jantan memiliki bentuk lancip dan panjang sementara bunga betina terlihat lebih besar dan mekar.

5. Buah

Buah sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu, hingga merah tergantung bibit yang digunakan.



Gambar 2.11. Pohon Kelapa Sawit



Gambar 2.12. Cangkang Kelapa Sawit



Gambar 2.13. Abu Cangkang Kelapa Sawit

2.9 Pengaruh abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* terhadap campuran *asphalt concrete-wearing course* (ac-wc)

Penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai *filler* didasarkan kepada zat yang dikandungnya. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kandungan silika, besi oksida, aluminium oksida, kalsium oksida, magnesium oksida dan sulfat, yang apabila ditambahkan pada aspal (C4H10) akan membentuk reaksi senyawa yang dapat meningkatkan karakteristik campuran beraspal, dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan, selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Sehingga abu cangkang kelapa sawit diharapkan dapat sebagai Laston lapisan Aus, lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan perkerasan yang kedap air, tahan terhadap cuaca. (F. Elsa Putra, 2003)

Didunia kontruksi teknik sipil, khususnya bidang perkerasan jalan abu cangkang kelapa sawit hal yang sangat menarik dijadikan bahan penelitian hal ini disebabkan abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama Silikon oksida (SiO_2). Hasil uji komposisi unsur kimia dari abu cangkang kelapa sawit yang telah dilakukan oleh Hutahaeen (2007) (Sumber : *Hutahaeen, 2007*)

Tabel 2.9 Unsur Kimia Pada Abu Cangkang Kelapa Sawit.

Silikon Dioksida (SiO ₂)	58,02 %
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	8,70 %
Besi Oksida (Fe ₂ O ₃)	2,60 %
Kalsium Oksida (CaO)	12,65 %
Magnesium Oksida (MgO)	4,23 %

Sumber : Hutahaeen, 2007

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit bahan *filler* terhadap campuran aspal, diantaranya:

1. Agus Taufik Mulyono (2000).

Dalam penelitiannya ditulis tentang variasi jenis dan kadar *filler* terhadap kinerja campuran aspal. Penelitian ini dibahas tentang campuran dengan menggunakan tiga macam *filler*, yaitu semen, kapur dan lanau. Pengujian yang dilakukan menggunakan *marshall test*. Dengan hasil *marshall test* sebagai berikut :

Tabel 2.10 : Hasil Penelitian Agus Taufik Mulyono (2000).

Karakteristik	<i>Filler</i>		
	Semen	Kapur	Lanau
Stabilitas	900 kg	725 kg	575 kg
KAO	5,5%	6,5%	6,5%
Durabilitas	95%	80%	60%

(Sumber : Agus Taufik Mulyono, 2000)

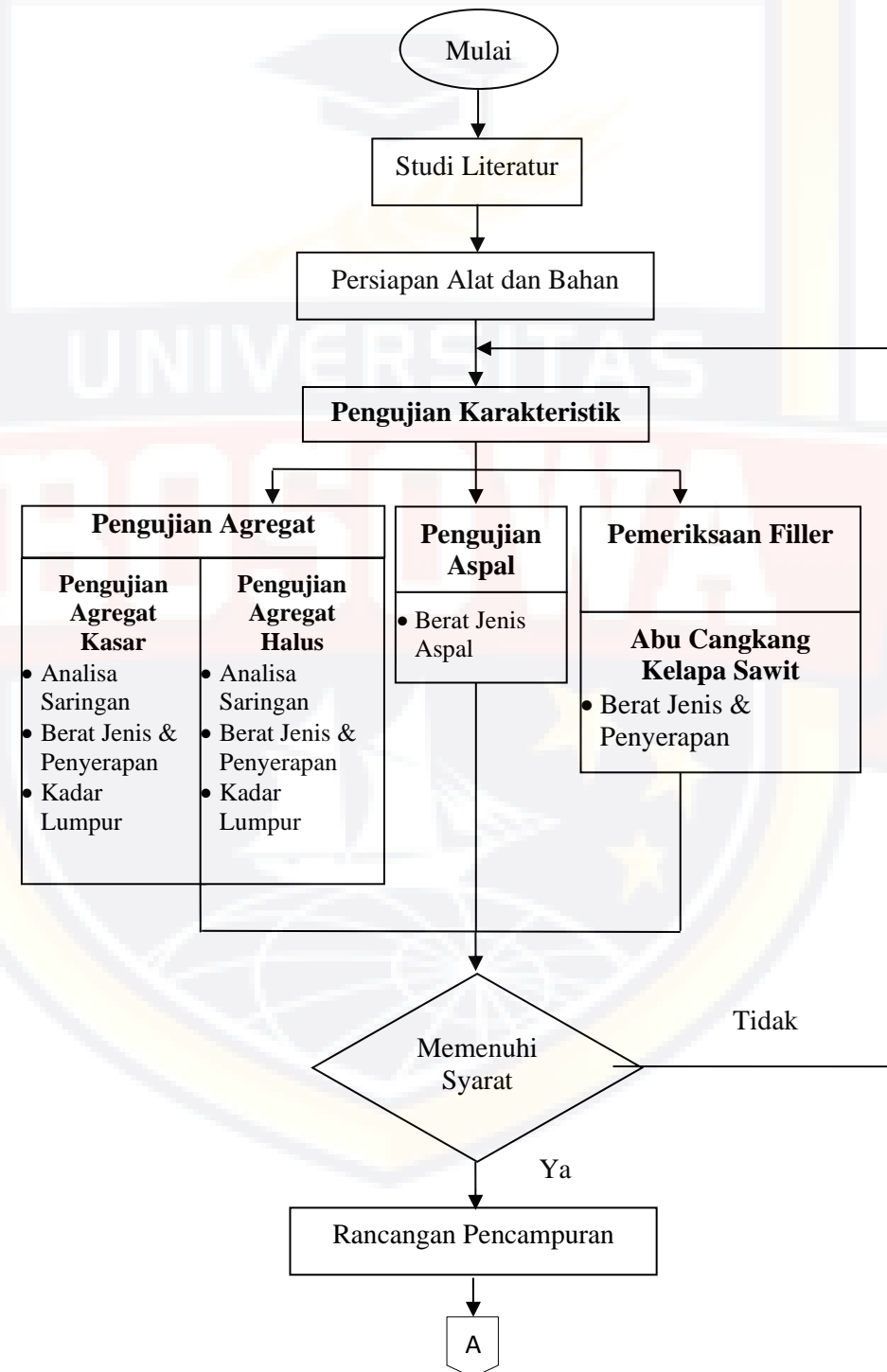
Dengan kesimpulan yang dapat ditarik bahwa semen mempunyai stabilitas yang tinggi, rendah kadar aspal optimum serta tahan terhadap rendaman air. Sehingga dapat dikatakan mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan kedua *filler* lainnya.

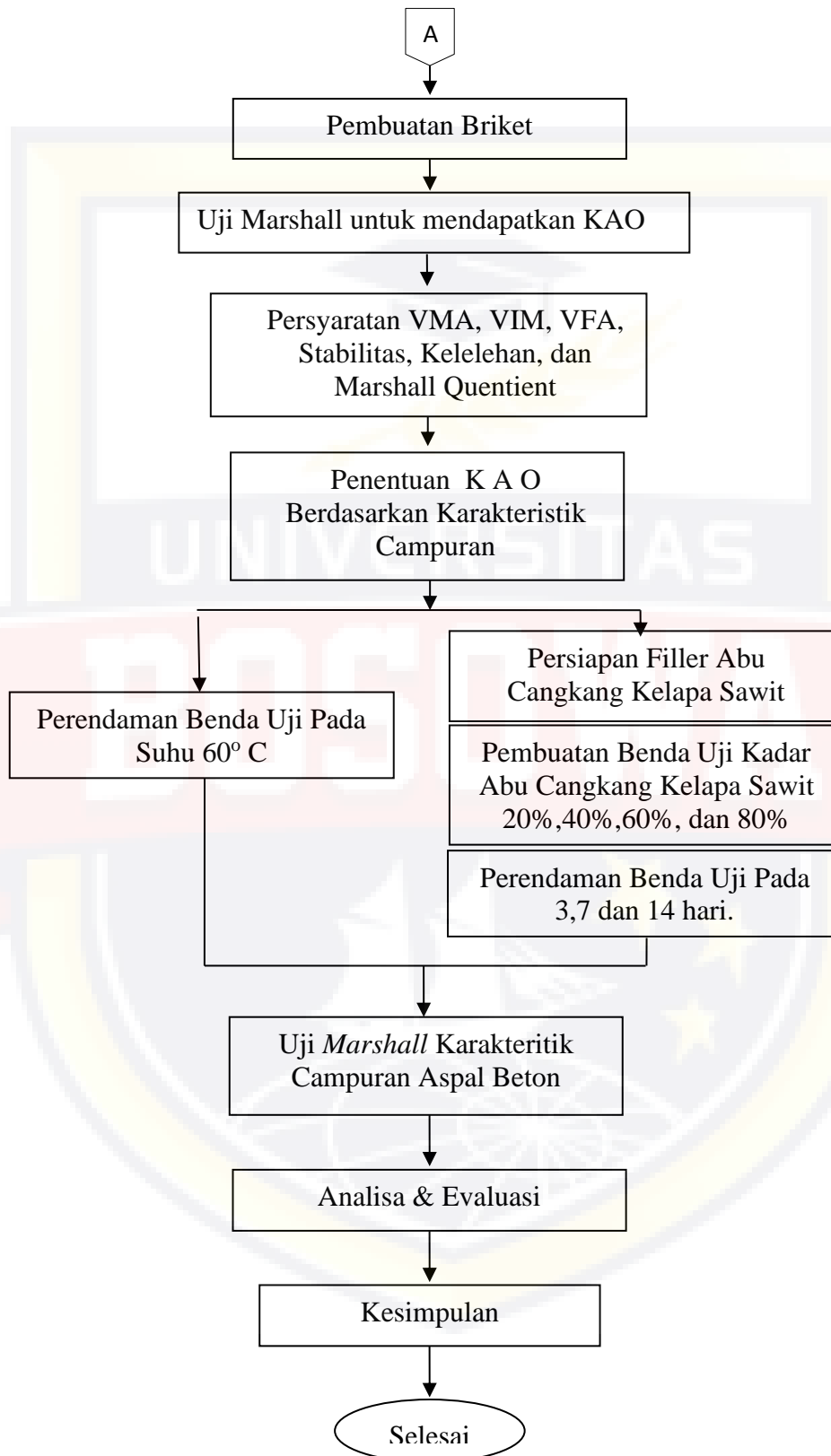
2. Kamaluddin (2008) menggunakan abu limbah padat kelapa sawit sebagai *filler* pada campuran *stone mastic asphalt*, dan menyatakan bahwa penggunaan limbah ini sebagai pengganti *filler* menghasilkan campuran yang memiliki stabilitas, kekakuan, dan kekuatan tarik yang meningkat untuk campuran AC-BC.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian





3.2. Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari di Bili-Bili, Kab. Gowa - Sulawesi Selatan dan Abu Cangkang Kelapa Sawit diperoleh dari PT. Manakarra Unggul Lestari, Mamuju - Sulawesi Barat.

3.3. Lokasi Penelitian

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

3.4. Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2021

3.5. Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

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

3.5.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan

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

b. 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

a. Tujuan :

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

b. Rumus :

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

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

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

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

3.5.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

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

b. 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. 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. 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. 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. Penentuan Jumlah Benda Uji

Tabel 3. 1 Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian					Jumlah	
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)						
Variasi Kadar Aspal (%)			Jumlah Benda Uji		Jumlah	
AC-WC			AC-WC			
4	3		3		3	
4.5	3		3		3	
5	3		3		3	
5.5	3		3		3	
6	3		3		3	
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)					Jumlah	
Kadar Aspal Optimum (%)	Waktu (Menit/jam)			AC-WC		
KAO	30 Menit			3	3	
KAO	24 Jam			3	3	
3. Variasi Penambahan Abu Cangkang Kelapa sawit					Jumlah	
Kadar Aspal (%)	Kadar Abu (%)	Siklus (hari)				AC-WC
KAO	20	3	7	14	3	9
KAO	40	3	7	14	3	9
KAO	60	3	7	14	3	9
KAO	80	3	7	14	3	9
Total Benda Uji					57	

3.6.3. 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.

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

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

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

Dimana :

P_b = Kadar aspal perkiraan

Filler = Persen agregat lolos saringan No.200 (limbah abu cangkang kelapa sawit)

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

3.6.5. Pembuatan Briket / Benda Uji

a. Peralatan :

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

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu 165°C
5. Tuangkan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata
6. Kemudian tuangkan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan aspal 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.

3.7. Pengetesan Benda Uji I 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.

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 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. - 4.3. 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

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
1"	25	100.00	100.0	100.0	100
3/4"	19	100.00	100.0	100.0	100
1/2"	12,5	43.08	99.37	100.0	100
3/8"	9,5	7.91	95.51	100.0	100
No.4	4,75	1.82	47.88	96.43	100
No. 8	2,36	1.56	13.85	74.23	100
No. 16	1,18	1.48	8.25	53.80	100
No. 30	0,6	1.63	5.62	32.38	100
N0. 50	0,3	1.49	4.40	21.00	100
No.100	0,14	0.73	3.00	9.34	100
No.200	0,075	0.06	1.97	4.37	95.16

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

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

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

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

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 2 - 3, 1- 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan	
Gradasi	AASHTO T27-82			%	
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)	SNI 2441-2011		≥ 1.0		
1. Bulk				-	
2. SSD		2.40		-	
3. Semu		2.46		-	
4. Penyerapan		2.55		-	
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 2441-2011				
1. Bulk		2.39		-	
2. SSD		2.47		-	
3. Semu		2.54		-	
4. Penyerapan		2.65	-		
		2.75	-		

Sumber : Hasil Penelitian

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{500}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

- SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh
- BK = Berat benda kering oven
- B = Berat piknometer + air
- BT = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4. 3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Gradasi	AASHTO T27-82		-	%
Berat jenis dan penyerapan				
1. Bulk	SNI 2441-2011	2.48	≥ 1.0	Gram
2. SSD		2.55		Gram
3. Semu		2.66		Gram
4. Penyerapan		2.73		Gram

Sumber : Hasil Penelitian

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	Berat jenis (25° C)	SNI 2441-2011	1,0	-	1,005	Gr/ml

Sumber : Hasil Penelitian

4.1.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Cangkang Kelapa Sawit

Hasil pengujian Berat Jenis Abu Cangkang Kelapa sawit sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.5. sebagai berikut :

Tabel 4. 5. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Cangkang

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1	Berat jenis dan Penyerapan	SNI 2441-2011	2,73	Gr/ml

Sumber : Hasil Penelitian

4.2. Analisa Rancangan Campuran

4.2.1. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

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

tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

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

- Batu Pecah 1 – 2 = 17%
- Batu Pecah 0,5-1 = 26%
- Abu Batu = 56%
- Filler = 1%

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

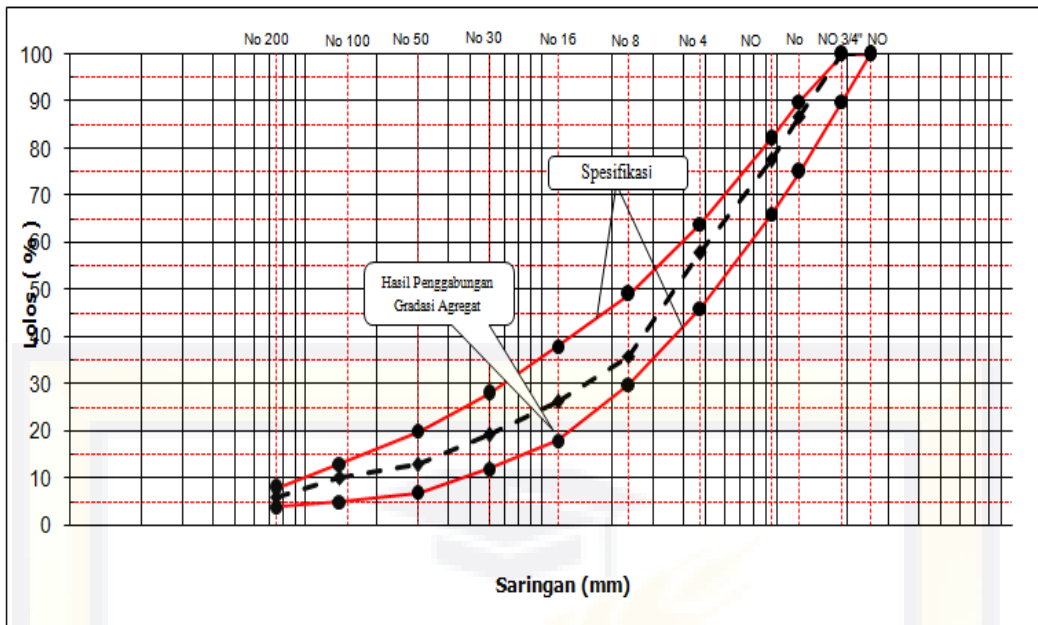
$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{17}{100} \times 100 + \frac{26}{100} \times 100 + \frac{56}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

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

Tabel 4. 6. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Sari ngan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-BC					Spesifikasi 2018	
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	III	IV	V		
1"	100.0	100.0	100.0	100	100.00					100	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00					100	
1/2"	43.08	99.37	100.0	100	90.16					90 - 100	
3/8"	7.91	95.51	100.0	100	83.18					77 - 90	
#4	1.82	47.88	96.43	100	67.76					53 - 69	
#8	1.56	13.85	74.23	100	46.43					33 - 53	
#16	1.48	8.25	53.80	100	33.52					21 - 40	
#30	1.63	5.62	32.38	100	20.87					14 - 30	
#50	1.49	4.40	21.00	100	14.16					9 - 22	
#100	1.12	3.00	9.34	100	7.20					6 - 15	
#200	0.73	1.97	4.37	95.16	4.04					4 - 9	
					Komposisi Penggabungan Agregat (%)						
					a. Batu pecah 1 - 2	17					
					b. Batu pecah 0,5 - 1	26					
					c. Abu batu	56					
					d. Filler	1					
Total Luas Permukaan Agregat (M ² /Kg)					4.89						

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.3. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.3.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (53.57) + 0.045 (42.40) + 0.18 (4.04) + 0.75 \\
 &= 5.26 \% \longrightarrow 5.0 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = #3/4" - #8	Agregat Halus = #8 - #200
= 100 - 46.43	= 46.43 - 4.04
= 53.57	= 42.40
Filler = #200	
= 4.04	

Kadar aspal yang didapatkan adalah 5 %, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0,5 % maka nilai tersebut adalah 4 % ; 4.5 % ; 5% ; 5,5 %; 6%.

4.3.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

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

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

Tabel 4. 7. Komposisi campuran AC-WC

Kadar Aspal = 4 %		100 % - 4 %		= 96	
Hasil Combine					
BP 1- 2	17 %	x	96 %	=	0.163 x 1200 = 195.8
BP 0,5 - 1	26 %	x	96 %	=	0.25 x 1200 = 299.5
Abu Batu	56 %	x	96 %	=	0.538 x 1200 = 645.1
Filler	1 %	x	96 %	=	0.01 x 1200 = 11.52
Aspal	4 %	X			1200 = 48
					1200

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4. 8. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC Standar

Kadar aspal	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
Batu Pecah 1 – 2	195.9	194.8	193.8	192.8	191.8
Batu Pecah 0,5 – 1	299.5	296	296.4	294.8	293.3
Abu Batu	645.1	641.8	638.4	635	631.7
Semen	11.52	11.46	11.40	11.34	11.28
Berat Aspal Terhadap Campuran	48	54	60	66	72
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.3.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4. 9 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	a	b	$c = \frac{(a + b)}{2}$
Batu Pecah 1 - 2	2.40	2.55	2,46
Batu Pecah 0,5 - 1	2.47	2.65	2,64
Abu batu	2.48	2,66	2,56
Filler		3,14	
Aspal		1,005	

Sumber : Hasil Penelitian

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

1. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{17\%}{2.40}\right) + \left(\frac{26\%}{2.47}\right) + \left(\frac{56\%}{2.48}\right) + \left(\frac{1\%}{3.14}\right)} \\ &= 2,46 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{17\%}{2.55}\right) + \left(\frac{26\%}{2.65}\right) + \left(\frac{56\%}{2.66}\right) + \left(\frac{1\%}{3.14}\right)} \\ &= 2,64 \text{ gram} \end{aligned}$$

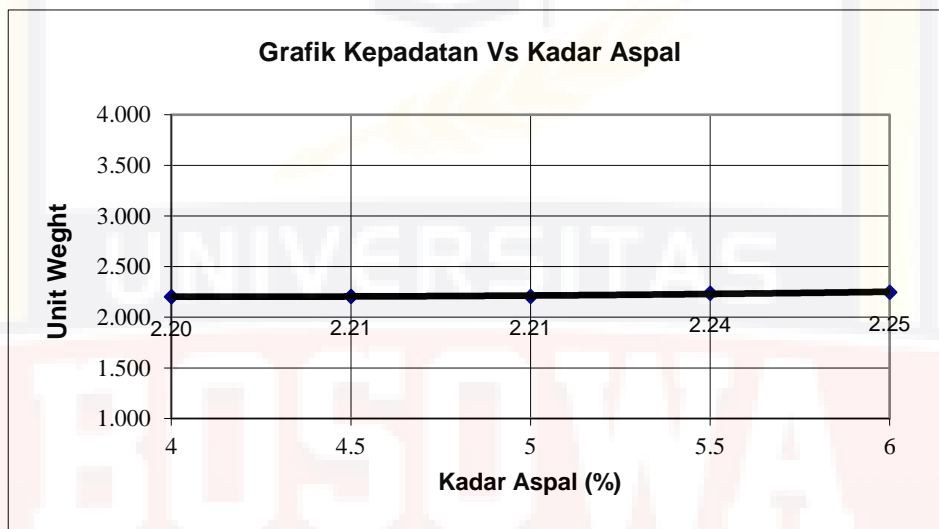
$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,46 + 2,64}{2} = 2.56 \text{ gram}$$

4.4. 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.

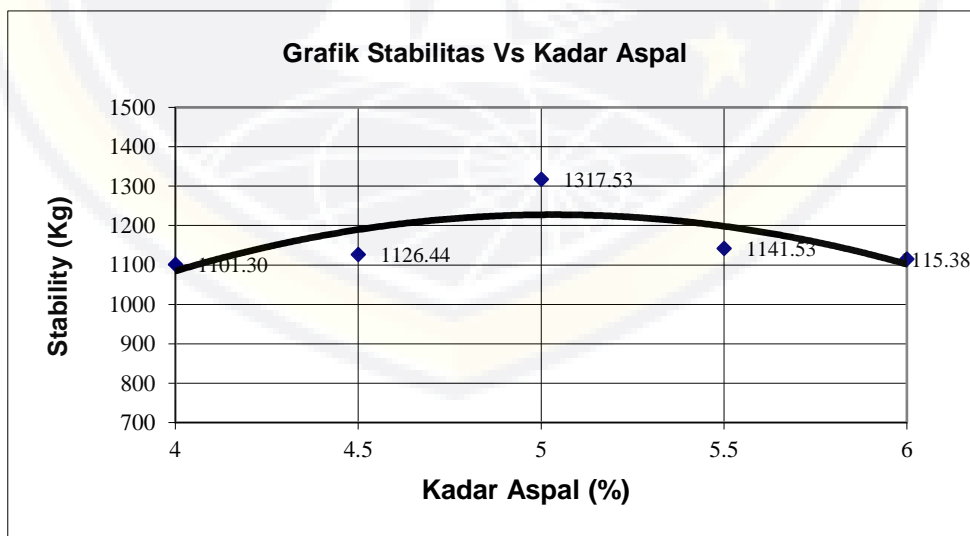
Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshall* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kepadatan



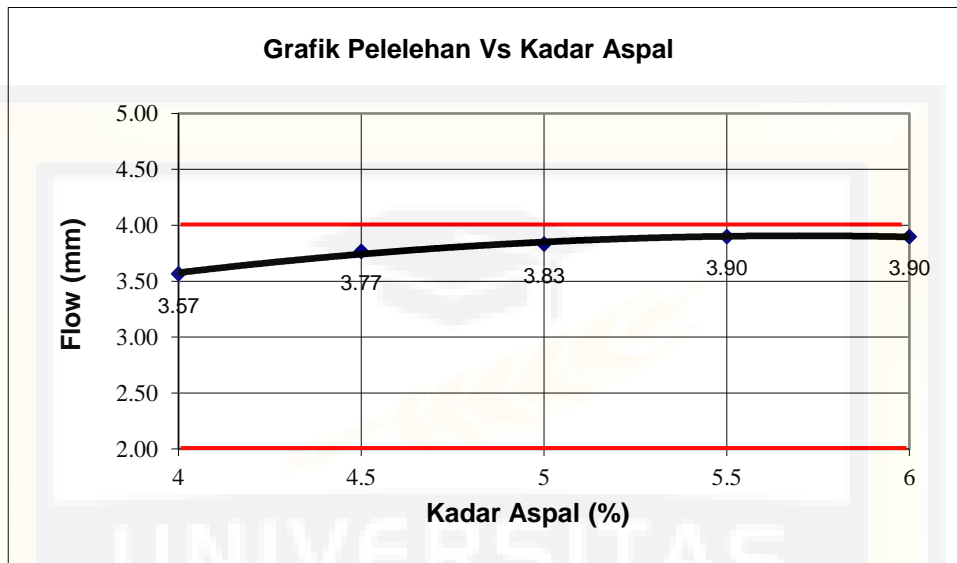
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



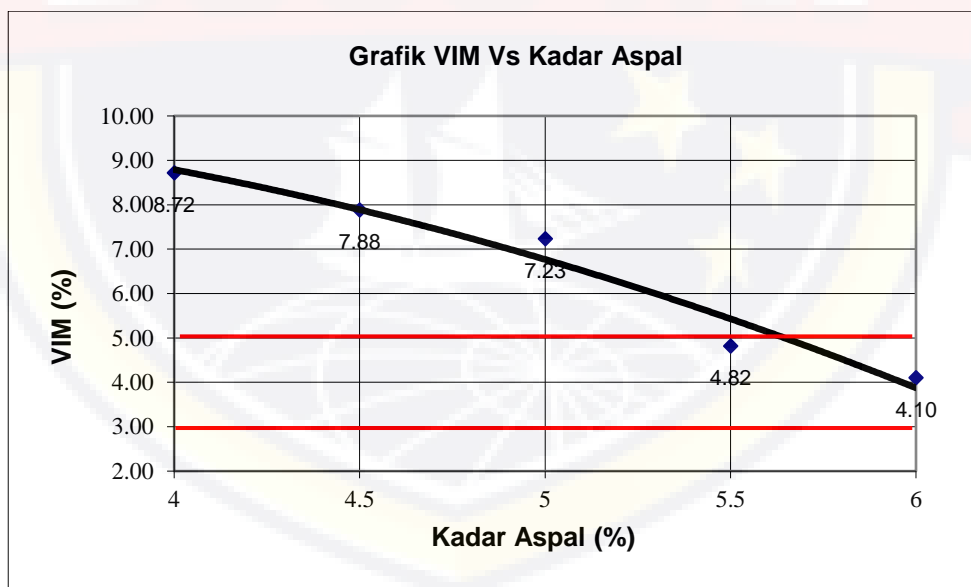
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) maks 2,0 - 4,0 (mm)



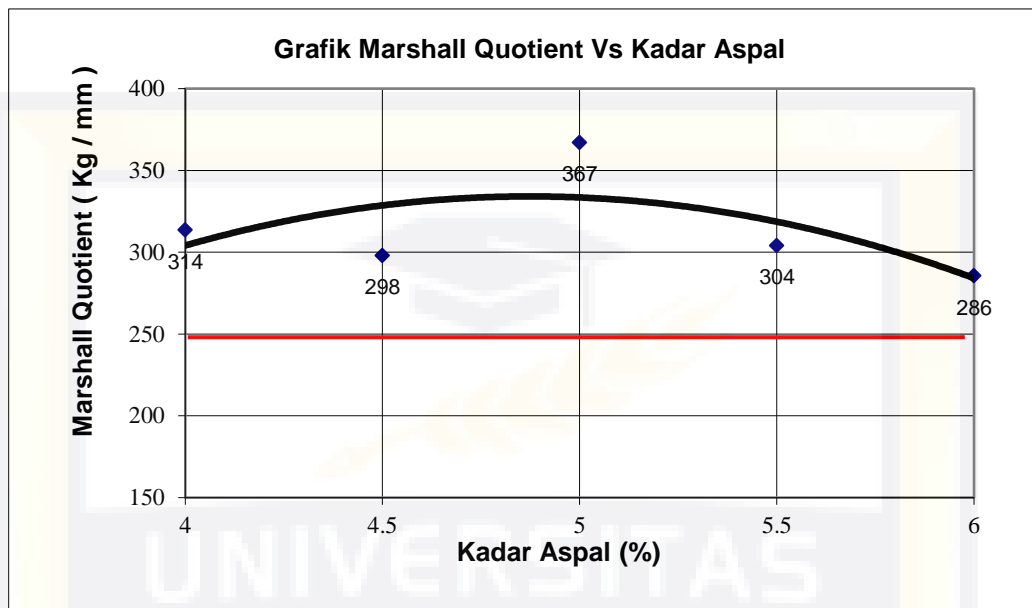
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



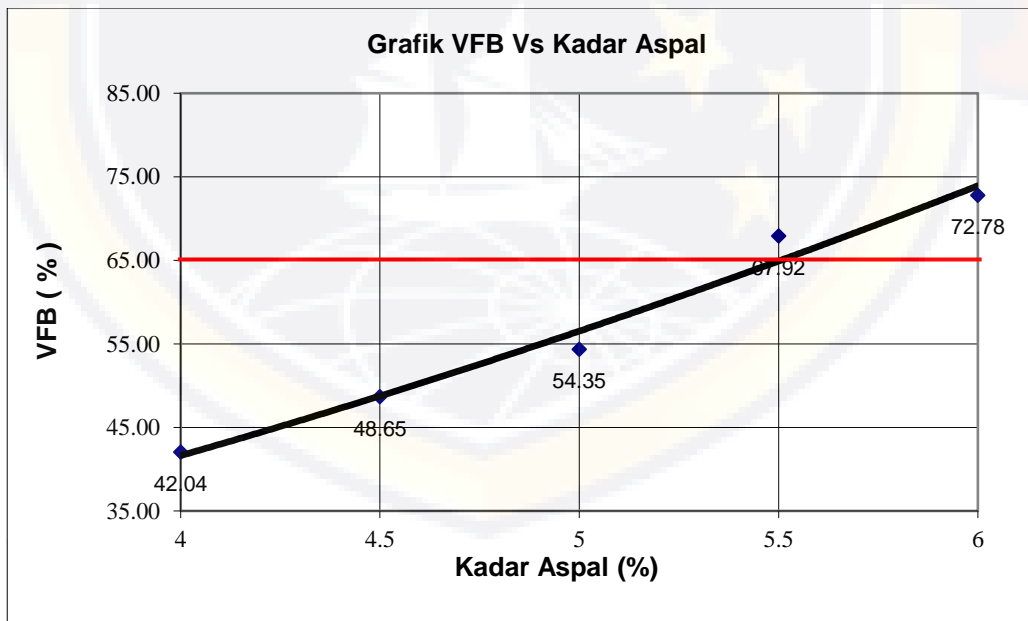
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient (Min. 250 Kg/Mm)



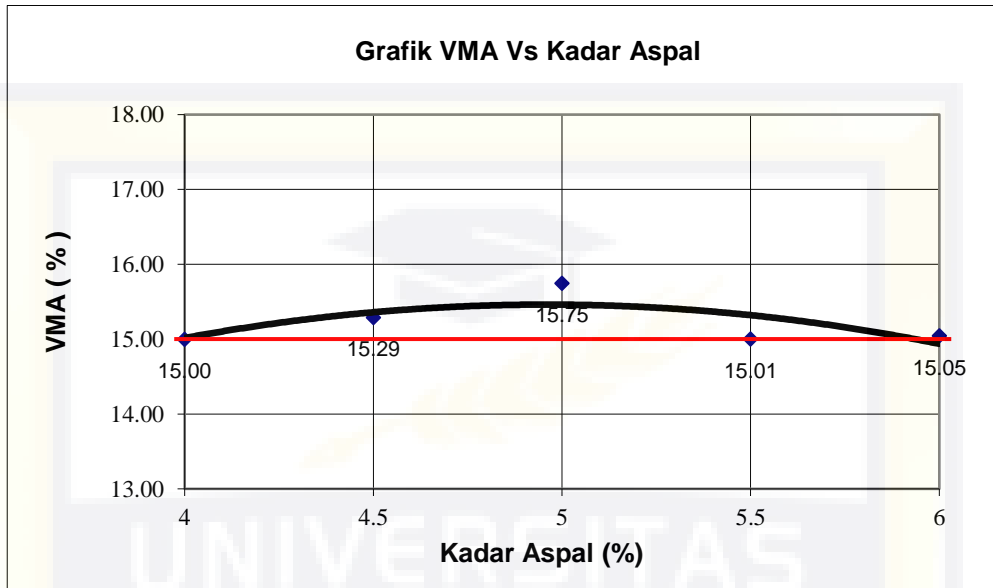
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

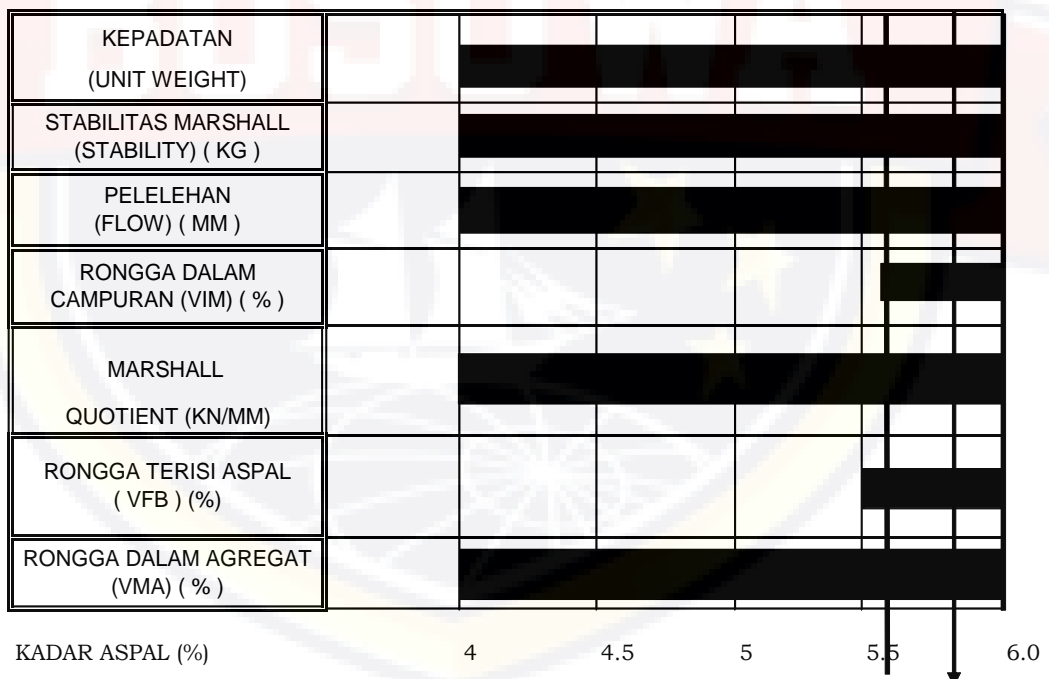


Gambar 4.2.f. Grafik FVB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



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



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{5.6\% + 6.0\%}{2} = 5.8\%$$

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

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

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

4.5. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum.

Perhitungan untuk KAO dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai berikut :

Tabel 4. 10. Komposisi campuran Menggunakan KAO

Kadar Aspal	=	5.8	%			100	%	-	5.8	%	=	94.2
Hasil Combine												
BP 1- 2	17	%	x	94.2	%	=	0.16	x	1200	=	192.2	
BP 0,5 - 1	26	%	x	94.2	%	=	0.245	x	1200	=	293.9	
Abu Batu	56	%	x	94.2	%	=	0.528	x	1200	=	633.0	
Filler	1	%	x	94.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.3	
Aspal	5.8	%							1200	=	69.6	
											1200	

Ket: Satuan dalam gram

4.5.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit

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

Untuk campuran AC - WC dengan variasi 20%, 40%, 60%, dan 80% pada perendaman berulang 3 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan Kadar Abu Cangkang 20%

Kadar Aspal	=	5.8	%		100	%	-	5.8	%	=	94.2
Hasil Combine											
BP 1- 2	17	%	x	94.2	%	=	0.16	x	1200	=	192.2
BP 0,5 - 1	26	%	x	94.2	%	=	0.245	x	1200	=	293.9
Abu Batu	56	%	x	94.2	%	=	0.528	x	1200	=	633.0
Filler	1	%	x	94.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.3
Aspal	5.8	%				x			1200	=	69.6
											1200
Variasi Abu	20	%	x	11.3		=	2.261				2.261
Semen						=	11.3	-	2.261	=	9.043

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 12. Komposisi campuran dengan Kadar Abu Cangkang 40%

Kadar Aspal	=	5.8	%		100	%	-	5.8	%	=	94.2
Hasil Combine											
BP 1- 2	17	%	x	94.2	%	=	0.16	x	1200	=	192.2
BP 0,5 - 1	26	%	x	94.2	%	=	0.245	x	1200	=	293.9
Abu Batu	56	%	x	94.2	%	=	0.528	x	1200	=	633.0
Filler	1	%	x	94.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.3
Aspal	5.8	%				x			1200	=	69.6
											1200
Variasi Abu	40	%	x	11.3		=	4.522				4.522
Semen						=	11.3	-	4.522	=	6.782

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 13. Komposisi campuran dengan Kadar Abu Cangkang 60%

Kadar Aspal	=	5.8	%		100	%	-	5.8	%	=	94.2
Hasil Combine											
BP 1- 2	17	%	x	94.2	%	=	0.16	x	1200	=	192.2
BP 0,5 - 1	26	%	x	94.2	%	=	0.245	x	1200	=	293.9
Abu Batu	56	%	x	94.2	%	=	0.528	x	1200	=	633.0
Filler	1	%	x	94.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.3
Aspal	5.8	%				x			1200	=	69.6
											1200
Variasi Abu	60	%	x	11.3		=	6.782				6.782
Semen						=	11.3	-	6.782	=	4.522

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 14. Komposisi campuran dengan Kadar Abu Cangkang 80%

Kadar Aspal	=	5.8	%		100	%	-	5.8	%	=	94.2
Hasil Combine											
BP 1- 2	17	%	x	94.2	%	=	0.16	x	1200	=	192.2
BP 0,5 - 1	26	%	x	94.2	%	=	0.245	x	1200	=	293.9
Abu Batu	56	%	x	94.2	%	=	0.528	x	1200	=	633.0
Filler	1	%	x	94.2	%	=	0.009	x	1200	=	11.3
Aspal	5.8	%				x			1200	=	69.6
											1200
Variasi Abu	80	%	x	11.3		=	9.043			=	9.043
Semen						=	11.3	-	9.043	=	2.261

Ket: Satuan dalam gram

4.5.2. Perhitungan Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit.

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut,

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas AC-WC dengan variasi menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20%, 40%, 60%, dan 80% kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 3, 7, dan 14 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C disajikan pada perhitungan di bawah ini :

- **KADAR ASPAL OPTIMUM 5.8 %**
- **KADAR VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT 20 %**

A. Berat (gr) di udara

- Sampel I : 1175.0 gram

E. BJ Bulk Campuran (Kepadatan)

Rumus:

$$\text{Bj Bulk Campuran (Kepadatan)} = \frac{\text{Berat Di Udara}}{\text{Volume Benda Uji}}$$

Ket:

I = BJ Bulk Campuran (Kepadatan)

E = Berat Di Udara

H = Volume Benda Uji

▪ Kadar Aspal 5.8%

$$\begin{aligned} \text{▪ Benda Uji I} &= \frac{1175.0}{529.80} = 2.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Benda Uji II} &= \frac{1185.4}{530.10} = 2.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Benda Uji III} &= \frac{1189.8}{527.30} = 2.26 \end{aligned}$$

F. Rongga Dalam Campuran (VIM)

Rumus:

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

Ket:

D = BJ Maksimum Campuran

I = BJ Bulk Campuran

▪ Kadar Aspal 5.8%

$$\begin{aligned} \text{▪ Benda Uji I} &= \frac{100 (2.35 - 2.22)}{2.35} = 5.6 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{▪ Benda Uji II} &= \frac{100 (2.35 - 2.24)}{2.35} = 4.8 \% \end{aligned}$$

$$\text{Benda Uji III} = \frac{100 (2.35 - 2.26)}{2.35} = 3.9 \%$$

G. Stabilitas (kg) => Pembacaan Alat

▪ **Kadar Aspal 5.8 %**

▪ Sampel I : 95 Kg

▪ Sampel II : 83 Kg

▪ Sampel III : 90 Kg

Rata – rata : 89.33 Kg

H. Stabilitas => (Disesuaikan Dengan Kalibrasi Alat Dan Angka Korelasi Stabilitas)

Rumus:

$$= \text{Pembacaan} \times \text{Kalibrasi Alat} \times \text{Angka Korelasi}$$

▪ **Kadar Aspal 5.8 %**

▪ Benda Uji I = 95 x 14.9 x 1.0125 = 1433.19 Kg

▪ Benda Uji II = 83 x 14.9 x 1.0125 = 1252.15 Kg

▪ Benda Uji I = 90 x 14.9 x 1.0125 = 1357.76 Kg

Rata – rata = 1347.71 Kg

I. Pelelehan (Flow)

▪ **Kadar Aspal 5.8 %**

Benda Uji I = 2.2 mm

Benda Uji II = 2.8 mm

$$\text{Benda Uji III} = 2.4 \text{ mm}$$

$$\text{Rata - rata} = 2.5 \text{ mm}$$

J. Marshall Quentien (kg/mm)

Rumus:

$$\text{Marshall Quentint (MQ)} = \frac{L}{M}$$

Ket:

L = Kalibrasi Alat dan Angka Korelasi

M = Pelelehan (mm)

▪ Kadar Aspal 5.8 %

$$\text{Benda Uji I} = \frac{1433.19}{2.2} = 651.45 \text{ Kg/Mm}$$

$$\text{Benda Uji II} = \frac{1252.15}{2.8} = 447.20 \text{ Kg/Mm}$$

$$\text{Benda Uji III} = \frac{1357.76}{2.4} = 565.73 \text{ Kg/Mm}$$

K. Luas Permukaan Agregat

Rumus = Combined – Faktor Luas Permukaan Agregat

$$\# 4 = 67.76\% \times 0.41 = 0.27$$

$$\# 8 = 46.43\% \times 0.82 = 0.38$$

$$\# 16 = 33.52\% \times 1.64 = 0.54$$

$$\# 30 = 20.87\% \times 2.87 = 0.59$$

$$\# 50 = 14.16\% \times 6.14 = 0.86$$

$$\# 100 = 7.20\% \times 12.29 = 0.88$$

$$\# 200 = 4.04\% \times 32.77 = 1.32$$

$$= 4.89$$

Jadi Luas Permukaan Total Agregat Adalah = **3.89** (Data Combine)

L. Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

Rumus:

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

Ket:

A = Kadar Aspal

T = Berat Jenis Aspal

B = BJ Bulk Gab.

D = Bj Max Campuran

Kadar Aspal 5.8 %

$$= 5.8 + \frac{1.005 (100 - 5.8)}{2.49} - \frac{100 \times 1.005}{2.35} = 1.04$$

M. Tebal Film

Rumus:

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

Ket:

A = Kadar Aspal

P = Absorpsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran

T = Berat Jenis Aspal

O = Luas Permukaan Agregat

▪ Kadar Aspal 5.8 %

$$\text{Benda Uji} = \frac{1000 \times (5.8 - 1.04)}{1.005 \times 4.89 \times (100 - 5.8)} = 10.28$$

N. Rongga Dalam Agregat (VMA)

Rumus:

$$\text{VMA} = 100 - \left(\frac{I}{B} \right) \times (100 - A)$$

Ket:

I : BJ Bulk Campuran (Kepadatan)

A : Kadar Aspal

B : BJ Bulk Gab.

▪ Kadar Aspal 5.8%

$$\text{Benda Uji I} = 100 - \left(\frac{2.22}{2.49} \right) \times (100 - 5.8) = 16.10 \%$$

$$\text{Benda Uji II} = 100 - \left(\frac{2.24}{2.49} \right) \times (100 - 5.8) = 15.40 \%$$

- Benda Uji III = $100 - \left(\frac{2.26}{2.49} \right) \times (100 - 5.8) = 14.64 \%$

Rata – rata = 15.38 %

O. Rogga Terisi Aspal (VFB)

Rumus:

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

Ket:

R = Rongga Dalam Agregat (VMA)

J = Rongga Dalam Campuran

- **Kadar Aspal 5.8 %**

- Benda Uji I = $\frac{16.10 - 5.6}{16.10} \times 100 = 65.26 \%$

- Benda Uji I = $\frac{15.40 - 4.8}{15.40} \times 100 = 68.77 \%$

- Benda Uji I = $\frac{14.65 - 3.9}{14.65} \times 100 = 73.02 \%$

Rata – rata = 69.02 %

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran.

4.5.3. Data Hasil Uji Alat Marshall Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit

Setelah diperoleh Karakteristik Marshall dengan Kadar Aspal Optimum yang telah ditentukan maka hasil uji marshall dapat diketahui dengan kadar variasi menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20%, 40%, 60%, dan 80% kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 3, 7, dan 14 hari kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 15. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 5.8 %	Spesifikasi 2018
1	Kepadatan	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1246.63	Min 800
3	Flow (mm)	3.00	Min 2-4
4	VIM (%)	4.94	Min 3-5
5	VMA (%)	15.45	Min 15
6	VFB (%)	68.05	Min 65
7	MQ (Kg/Mm)	454.11	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 (Divisi 6).
Kementrian PUPR.

Tabel 4. 16. Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20% dengan perendaman berulang.

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit 20 %			Spesifikasi 2018
			5.8%	3 Hari	7 Hari	
1	Kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1246.63	1347.71	1312.50	1278.36	Min 800
3	Flow (mm)	3.00	2.47	2.57	2.80	Min 2-4
4	VIM (%)	4.94	4.78	4.83	4.88	Min 3-5
5	VMA (%)	15.45	15.38	15.42	15.46	Min 15
6	VFB (%)	68.05	69.02	68.75	68.49	Min 65
7	MQ (Kg/Mm)	454.11	554.80	514.74	467.51	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 (Divisi 6).
Kementrian PUPR

Tabel 4. 17. Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 40% dengan perendaman berulang.

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit 40 %			Spesifikasi 2018
			5.8%	3 Hari	7 Hari	
1	Kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1246.63	1342.68	1317.53	1311.00	Min 800
3	Flow (mm)	3.00	2.67	2.83	2.93	Min 2-4
4	VIM (%)	4.94	4.82	4.85	4.88	Min 3-5
5	VMA (%)	15.45	15.41	15.43	15.47	Min 15
6	VFB (%)	68.05	68.75	68.73	68.53	Min 65
7	MQ (Kg/Mm)	454.11	507.07	466.36	450.23	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 (Divisi 6).
Kementrian PUPR

Tabel 4. 18. Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 60% dengan perendaman berulang.

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit 60 %			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.23	2.23	2.23	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1246.63	1341.00	1291.33	1272.46	Min 800
3	Flow (mm)	3.00	2.43	2.63	2.83	Min 2-4
4	VIM (%)	4.94	4.92	4.88	4.94	Min 3-5
5	VMA (%)	15.45	15.50	15.46	15.52	Min 15
6	VFB (%)	68.05	68.45	68.70	68.40	Min 65
7	MQ (Kg/Mm)	454.11	558.54	499.53	453.29	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 (Divisi 6).
Kementrian PUPR

Tabel 4. 19. Hasil Uji Marshall KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 80% dengan perendaman berulang.

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit 80 %			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.23	2.23	2.24	2.23	-
2	Stabilitas (Kg)	1246.63	1360.87	1367.62	1335.24	Min 800
3	Flow (mm)	3.00	2.5	2.7	2.9	Min 2-4
4	VIM (%)	4.94	4.88	4.85	4.90	Min 3-5
5	VMA (%)	15.45	15.46	15.43	15.48	Min 15
6	VFB (%)	68.05	68.49	68.62	68.40	Min 65
7	MQ (Kg/Mm)	454.11	559.56	518.12	459.11	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 (Divisi 6).
Kementrian PUPR

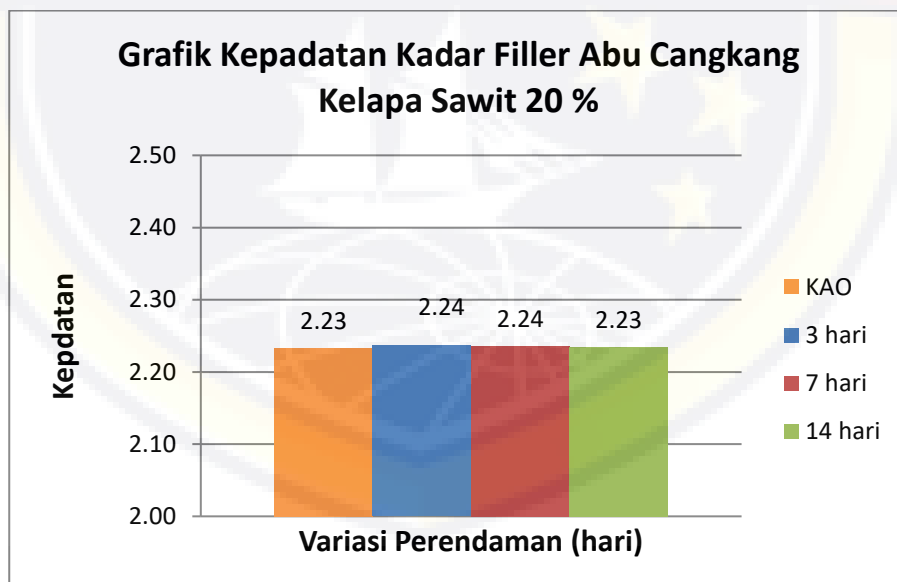
4.5.4. Analisis Hasil Perbandingan nilai KAO Dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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

a. Kepadatan

Nilai *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 perbandingan kepadatan KAO dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit, dapat dilihat pada gambar 4.4



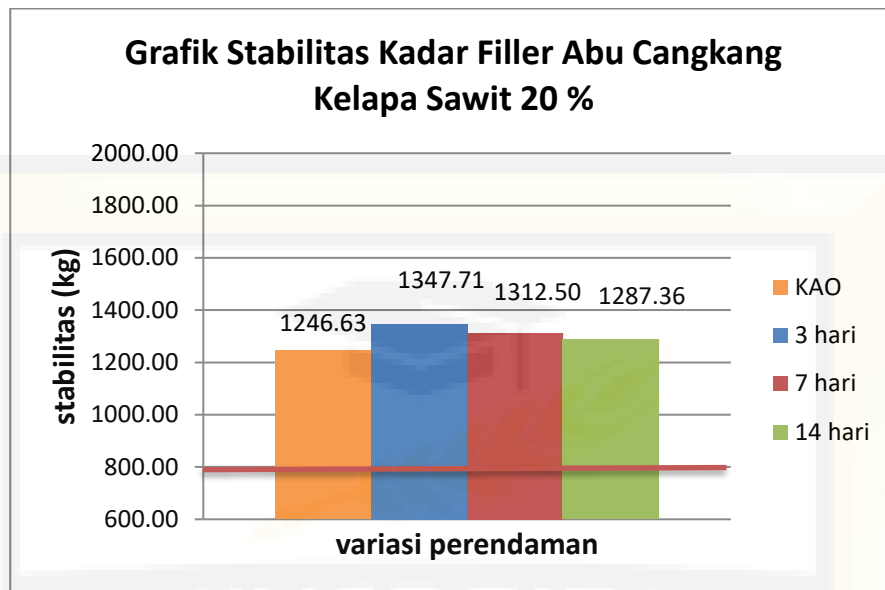
Gambar 4. 4 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 20% terhadap Kepadatan.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kepadatan (density) pada 3 hari yaitu 2.24 pada hari ke 7 yaitu 2.24 dan pada hari ke 14 yaitu 2.23 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini dikarenakan belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas. Stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami rutting oleh beban lalu lintas atau perubahan bentuk.

Hasil pengujian stabilitas dengan variasi filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20 % diperlihatkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram hubungan KAO dengan variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 20 % terhadap stabilitas.

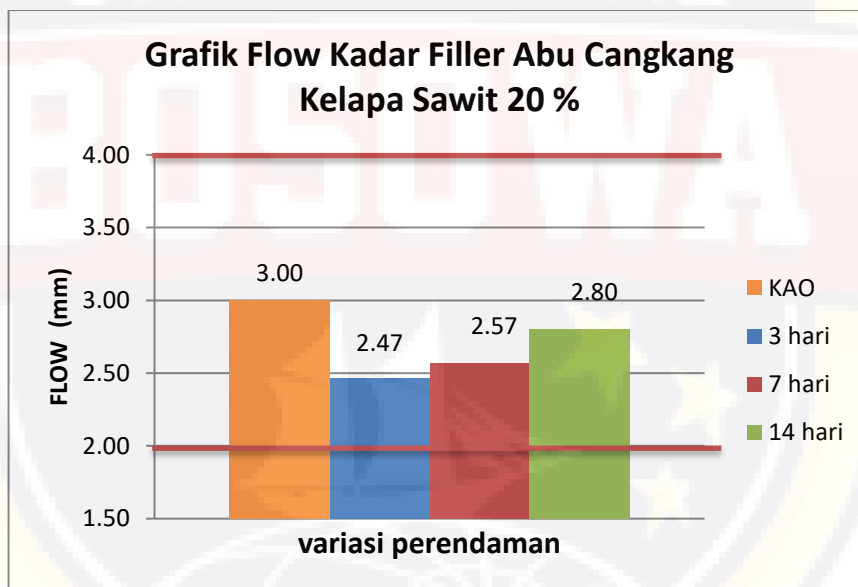
Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang Nilai stabilitas mengalami penurunan pada hari ke 3 yaitu 1347.71 Kg, pada hari ke 7 yaitu 1312.50 Kg dan hari ke 14 yaitu 1287.36 Kg. Hal ini disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsi menjadi pelicin setelah lamanya perendaman mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan berakibat pada turunnya nilai stabilitas campuran.

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR untuk campuran beton aspal adalah minimum 800 kg. Dengan demikian maka campuran beton aspal yang ditambahkan filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar 20% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan nilai Stabilitas pada KAO adalah 1246.63 Kg.

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

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 20% terhadap flow (pelelehan).

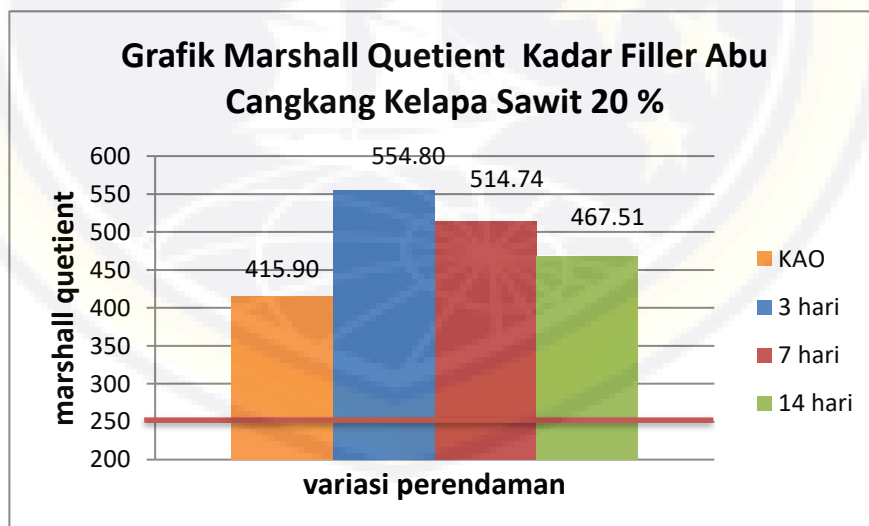
Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa variasi menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat dimana pada 3 hari yaitu 2.47 mm, pada hari ke 7 yaitu 2.57 mm dan pada hari ke 14 yaitu 2.80 mm.

Kenaikan nilai flow ini disebabkan karena semakin lama perendaman mengakibatkan campuran menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

d. Marshall Quotient Minimum. 250 (Kg/MM)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai Marshall ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Sebaliknya, campuran yang memiliki nilai MQ rendah akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas.

Grafik nilai MQ campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 7 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 20% terhadap Marshall Quotient.

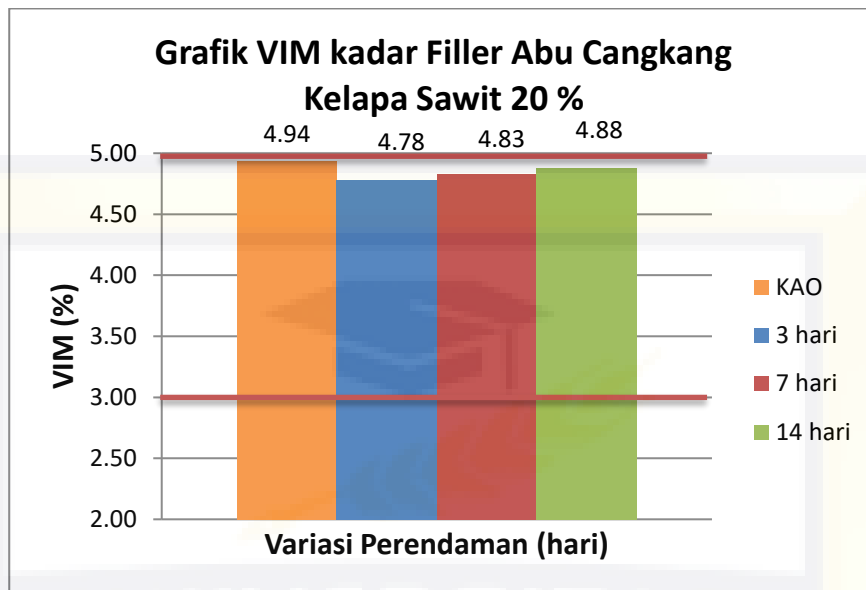
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient mengalami penurunan dimana nilai pada perendaman 3 hari yaitu 554.80 Kg/mm, pada perendaman 7 hari yaitu 514.74 Kg/mm sedangkan pada peredaman yang ke 14 hari yaitu 467.51 kg/mm. Hal ini disebanding dengan perubahan nilai stabilitas yang terjadi akibat lamanya perendaman pada campuran aspal. Secara umum dapat dilihat pula bahwa semakin lama perendaman akan mempengaruhi fleksibilitas dan kelenturan campuran. Penurunan nilai MQ pada campuran aspal dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit menjadi bersifat plastis dengan semakin lamanya perendaman.

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

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

Nilai *VIM* yang tinggi menunjukkan campuran terdapat banyak rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Sedangkan nilai *VIM* yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi, maka akan bersifat kedap air.

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk variasi abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 20% terhadap VIM.

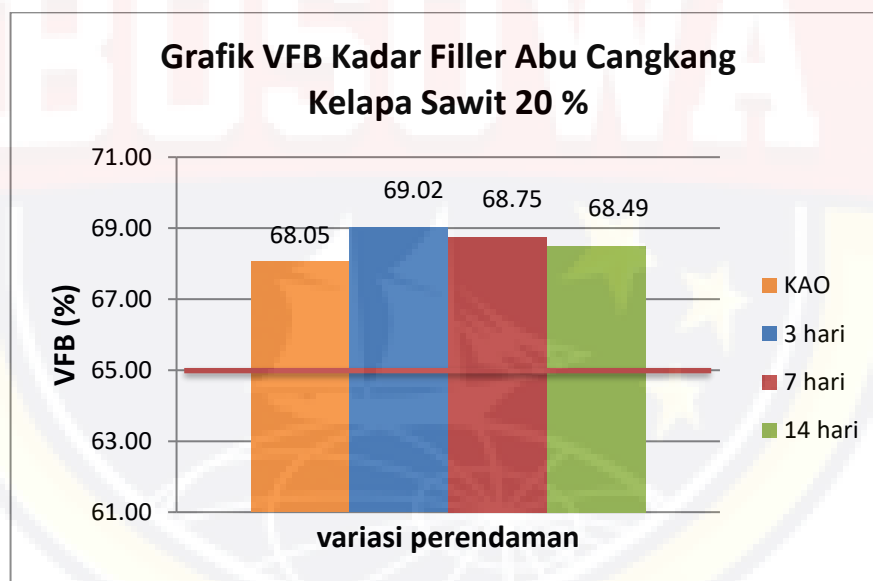
Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa variasi menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai meningkat. Dapat dilihat pada perendaman 3 hari yaitu 4.78%, pada perendaman 7 hari yaitu 4.83% dan perendaman 14 hari yaitu 4.88%.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Bessarnya nilai *VFB* menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai *VFB* yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kekedapan campuran akan meningkat. Sebaliknya, nilai *VFB* terlalu kecil menyebabkan kekedapan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran akan teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

Grafik nilai *VFB* campuran AC-WC untuk variasi abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VFB.

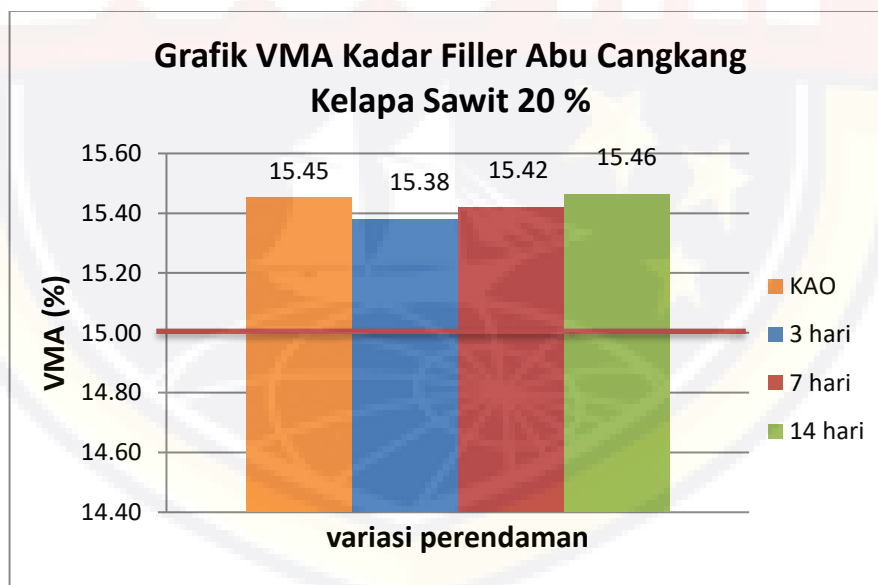
Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa penambahan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* menurun. Hal ini di sebabkan karena

volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman. Namun dengan demikian, walaupun nilai VFB semakin menurun tetap memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Semakin tinggi Nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun Nilai VMA yang terlalu rendah mengakibatkan potensi terjadinya bleeding pada perkerasan pada saat menerima beban.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 20 % padi terhadap VMA.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VMA* meningkat. Hal ini terjadi dikarenakan aspal pada campuran menyebabkan daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

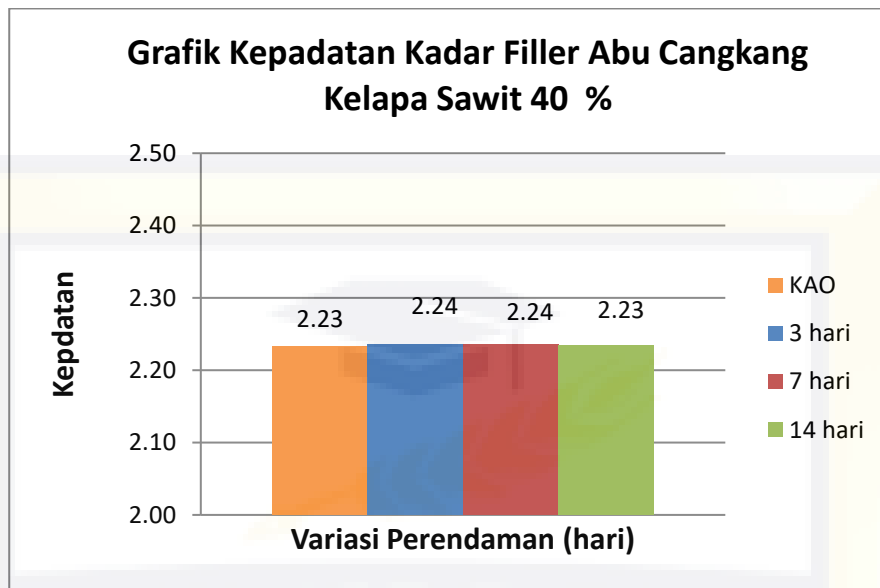
4.5.5. Analisis Hasil Pengujian KAO Dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 40 % Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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 kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan penambahan filler abu cangkang kelapa sawit 40 %, dapat dilihat pada gambar 4.11



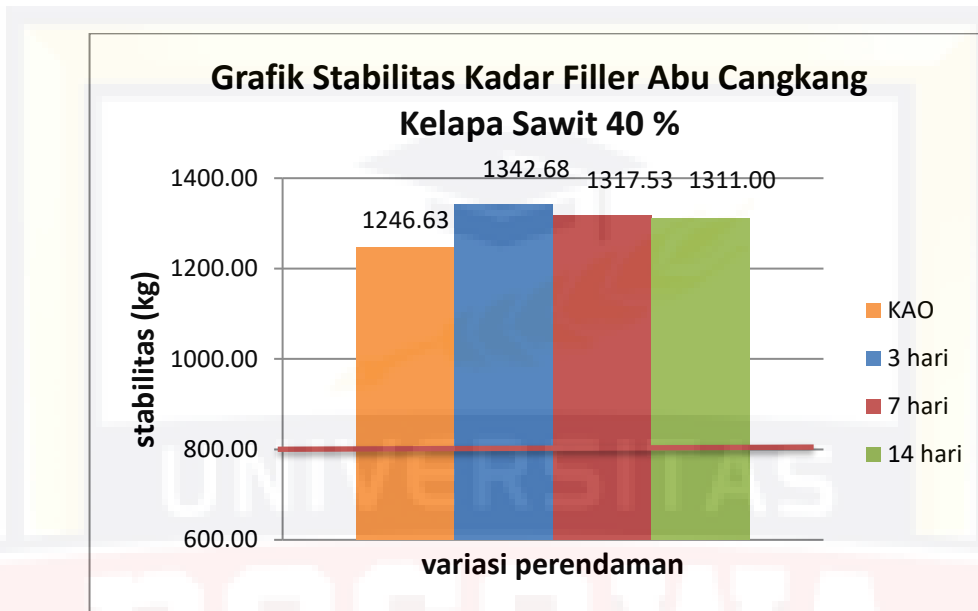
Gambar 4.11 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap kepadatan

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit tidak terlalu menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas. Stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami rutting oleh beban lalu lintas atau perubahan bentuk.

Hasil pengujian stabilitas dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit Stabilitas

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsi menjadi pelicin setelah lamanya perendaman mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan berakibat pada turunnya nilai stabilitas campuran.

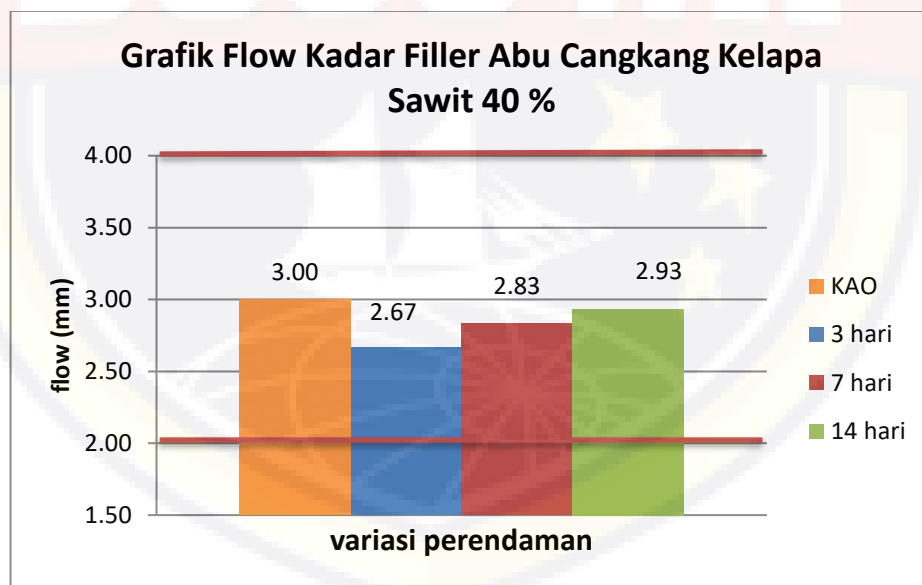
Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR untuk campuran beton aspal adalah minimum 800 kg. Dengan demikian maka campuran beton aspal yang ditambahkan filler

abu cangkang kelapa sawit pada kadar 20% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan nilai Stabilitas pada KAO adalah 1246.63 Kg.

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

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13

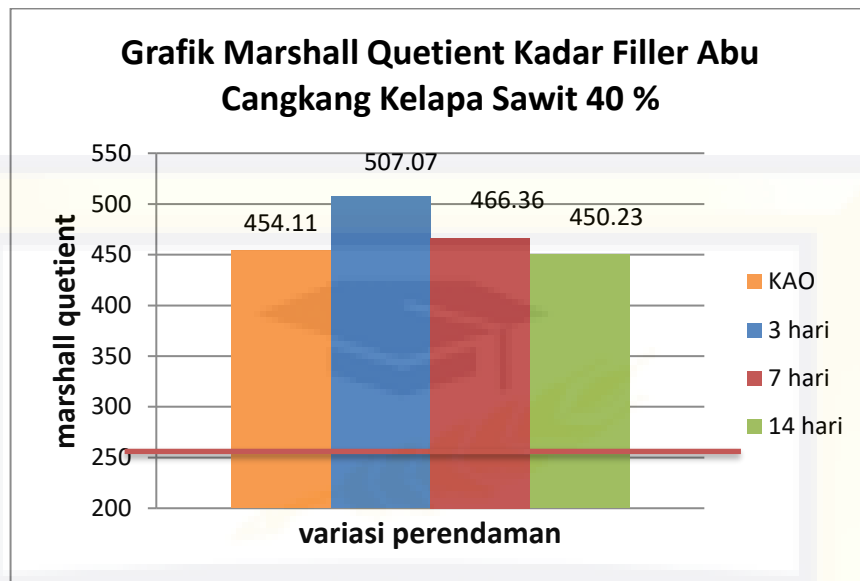


Gambar 4. 13 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap flow (Pelelehan)

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat dimana pada 3 hari yaitu 2.67 mm, pada hari ke 7 yaitu 2.83 mm dan pada hari ke 14 yaitu 2.93 mm. Kenaikan nilai flow ini disebabkan karena semakin lama perendaman mengakibatkan campuran menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

d. Marshall Questient Minimum 250 (Kg/MM)

Marshall Questient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai Marshall ini dapat mengibdikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Sebaliknya, campuran yang memiliki nilai MQ rendah akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Nilai MQ pada kadar 40% dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4. 14 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap nilai MQ.

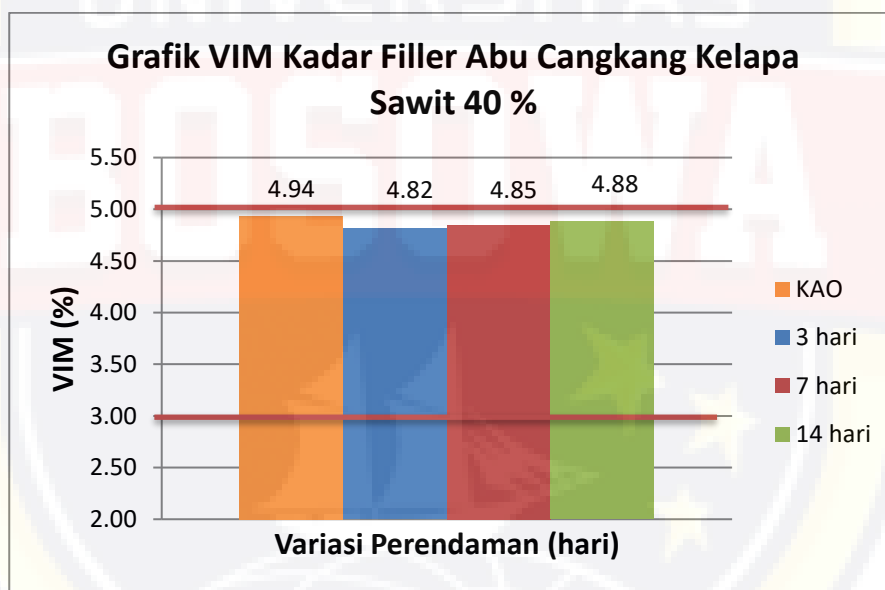
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient mengalami penurunan dimana nilai pada perendaman 3 hari yaitu 507.07 Kg/mm, pada perendaman 7 hari yaitu 466.36 Kg/mm sedangkan pada peredaman yang ke 14 hari yaitu 450.23 kg/mm. Hal ini disebanding dengan perubahan nilai stabilitas yang terjadi akibat lamanya perendaman pada campuran aspal. Secara umum dapat dilihat pula bahwa semakin lama perendaman akan mempengaruhi fleksibilitas dan kelenturan campuran. Penurunan nilai MQ pada campuran aspal dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit menjadi bersifat plastis dengan semakin lamanya perendaman

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

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM*

atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Nilai *VIM* yang tinggi menunjukkan campuran terdapat banyak rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Sedangkan nilai *VIM* yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi, maka akan bersifat kedap air. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15



Gambar 4. 15 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap VIM

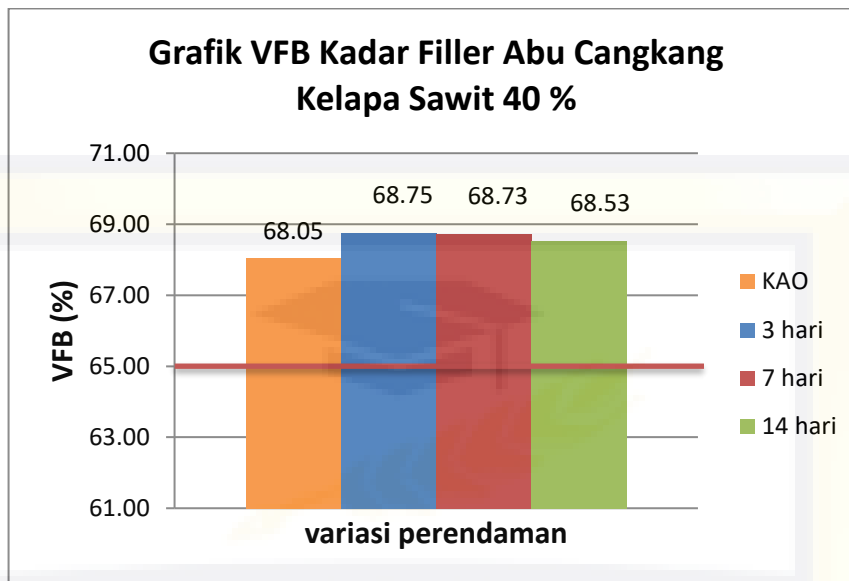
Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa variasi menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai meningkat. Dapat dilihat pada perendaman 3 hari yaitu 4.82%, pada perendaman 7 hari yaitu 4.85% dan perendaman 14 hari yaitu 4.88%.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Bessarnya nilai *VFB* menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai *VFB* yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kededapan campuran akan meningkat. Sebaliknya, nilai *VFB* terlalu kecil menyebabkan kededapan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran akan teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

Grafik nilai *VFB* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4. 16 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap VFB.

Dari gambar 4.16 menunjukkan bahwa penambahan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* menurun. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman. Namun dengan demikian, walaupun nilai *VFB* semakin menurun nilai tetap memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

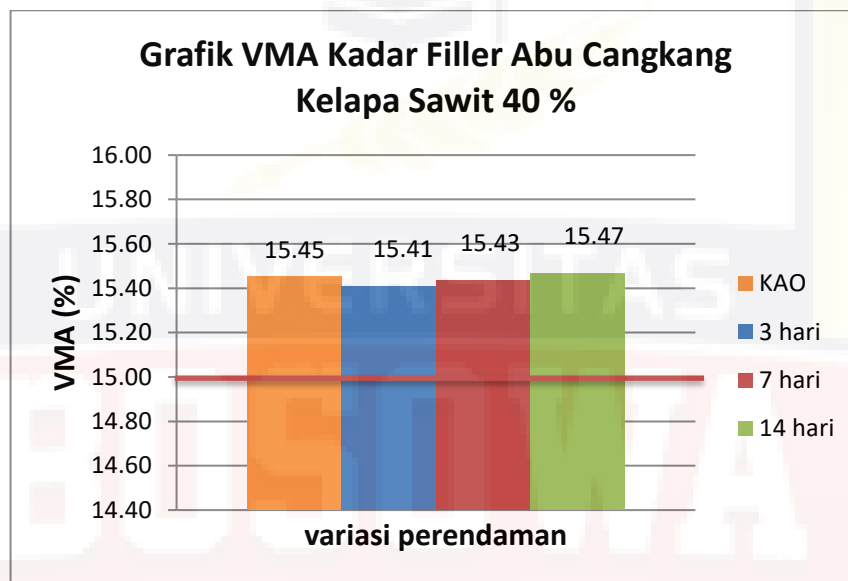
g. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 15 %

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif.

Semakin tinggi Nilai *VMA* berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun Nilai *VMA* yang terlalu rendah

mengakibatkan potensi terjadinya bleeding pada perkerasan pada saat menerima beban.

Grafik nilai *VMA* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Diagram hubungan variasi kadar filler abu cangkang kelapa sawit 40% terhadap *VMA*

Dari gambar 4.17 menunjukkan bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VMA* meningkat. Hal ini terjadi dikarenakan aspal pada campuran menyebabkan daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

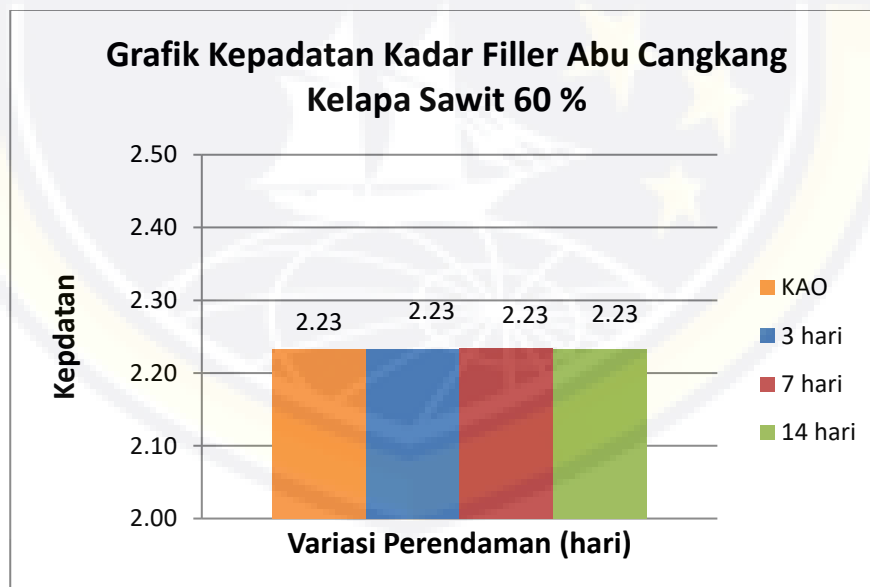
4.5.6. Analisis Hasil Pengujian KAO Dengan Variasi Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit 60 % Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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.

Grafik nilai *Kepadatan* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.18.

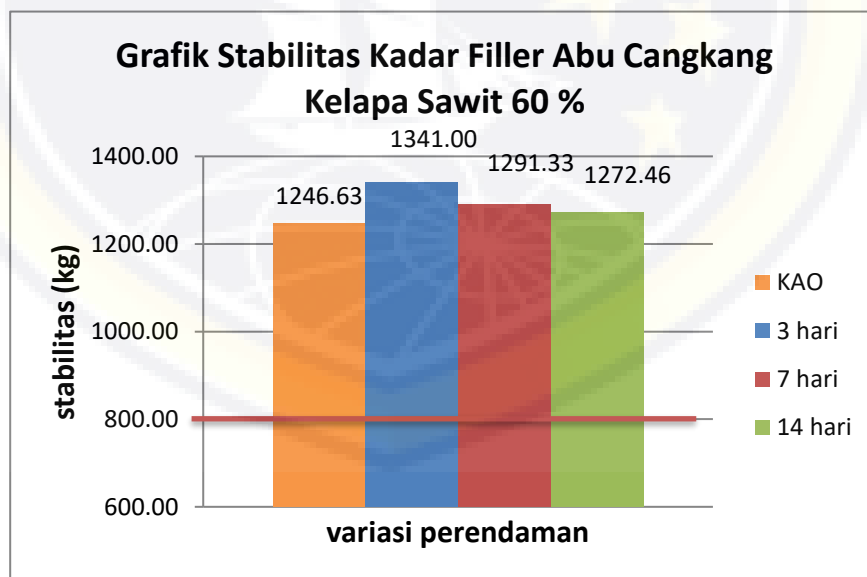


Gambar 4. 18 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap kepadatan

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kadar 60% dengan perendaman berulang tidak telalu menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah hal ini dikarenakan campuran aspal belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas. Stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami rutting oleh beban lalu lintas atau perubahan bentuk. Hasil pengujian stabilitas dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.19



Gambar 4. 19 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60%

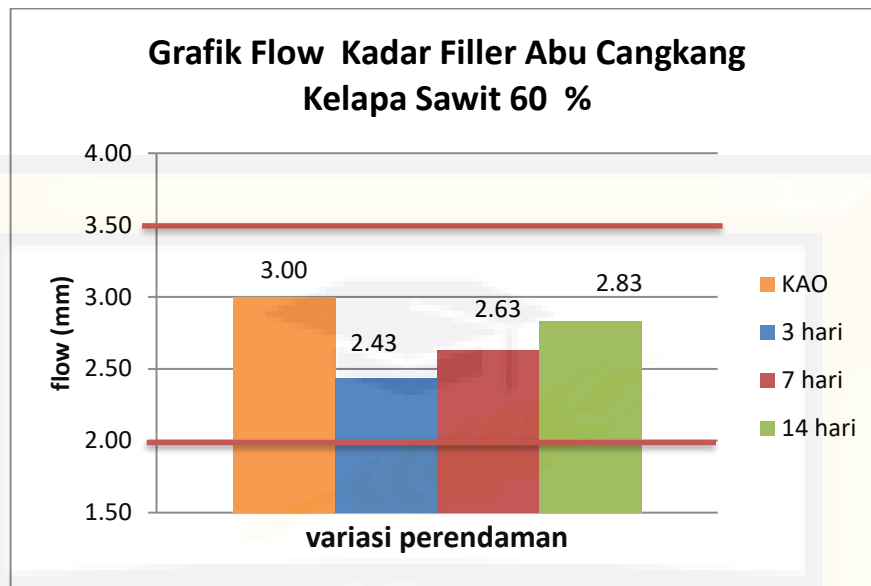
Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60% yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsi menjadi pelicin setelah lamanya perendaman mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan berakibat pada turunnya nilai stabilitas campuran.

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR untuk campuran beton aspal adalah minimum 800 kg. Dengan demikian maka campuran beton aspal yang ditambahkan filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar 20% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan nilai Stabilitas pada KAO adalah 1246.63 Kg.

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

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20



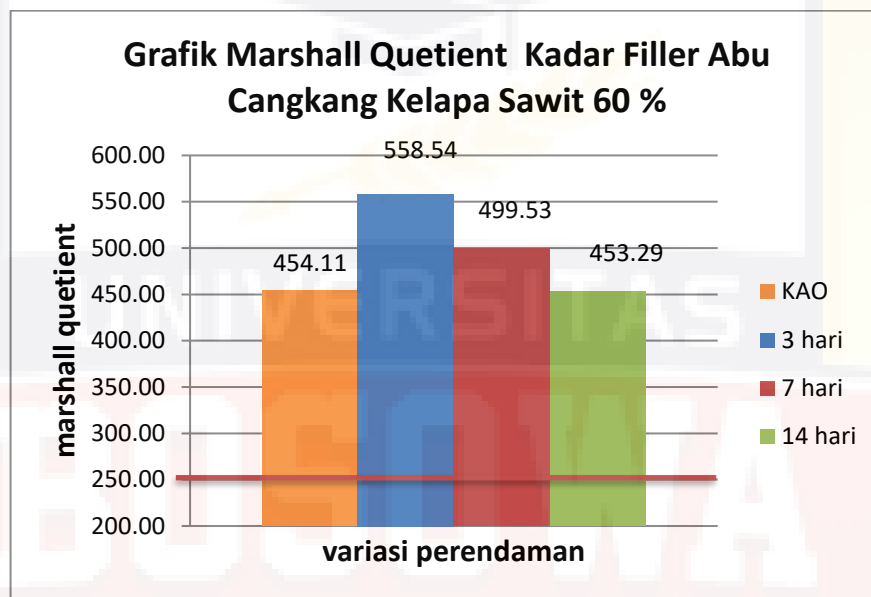
Gambar 4. 20. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap flow (pelelehan).

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60% kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat dimana pada 3 hari yaitu 2.43 mm, pada hari ke 7 yaitu 2.63 mm dan pada hari ke 14 yaitu 2.83 mm. Kenaikan nilai flow ini disebabkan karena semakin lama perendaman mengakibatkan campuran menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

d. Marshall Quesient

Marshall Quesient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai Marshall ini dapat mengibdikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Sebaliknya, campuran yang memiliki nilai MQ rendah akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Nilai MQ pada kadar 60% dapat dilihat pada gambar 4.21



Gambar 4. 21 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60% terhadap nilai MQ

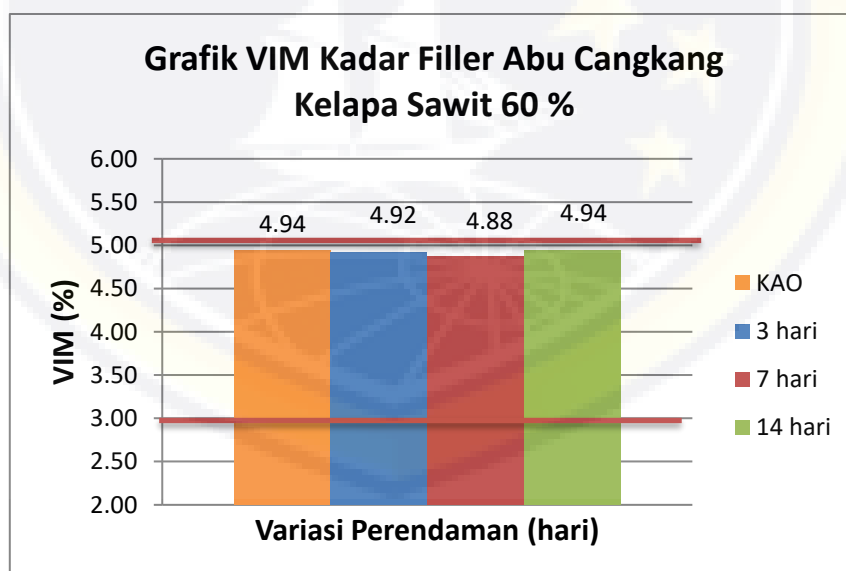
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient mengalami penurunan dimana nilai pada perendaman 3 hari yaitu 558.54 Kg/mm, pada perendaman 7 hari yaitu 499.53 Kg/mm sedangkan pada peredaman yang ke 14 hari yaitu 455.29 kg/mm. Hal ini disebanding dengan perubahan nilai stabilitas yang terjadi akibat lamanya perendaman pada campuran aspal. Secara umum dapat dilihat pula bahwa semakin lama perendaman akan mempengaruhi fleksibilitas dan kelenturan campuran. Penurunan nilai MQ pada campuran aspal dengan variasi filler

abu cangkang kelapa sawit menjadi bersifat plastis dengan semakin lamanya perendaman

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

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

Nilai *VIM* yang tinggi menunjukkan campuran terdapat banyak rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Sedangkan nilai *VIM* yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi, maka akan bersifat kedap air. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4. 22 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VIM dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

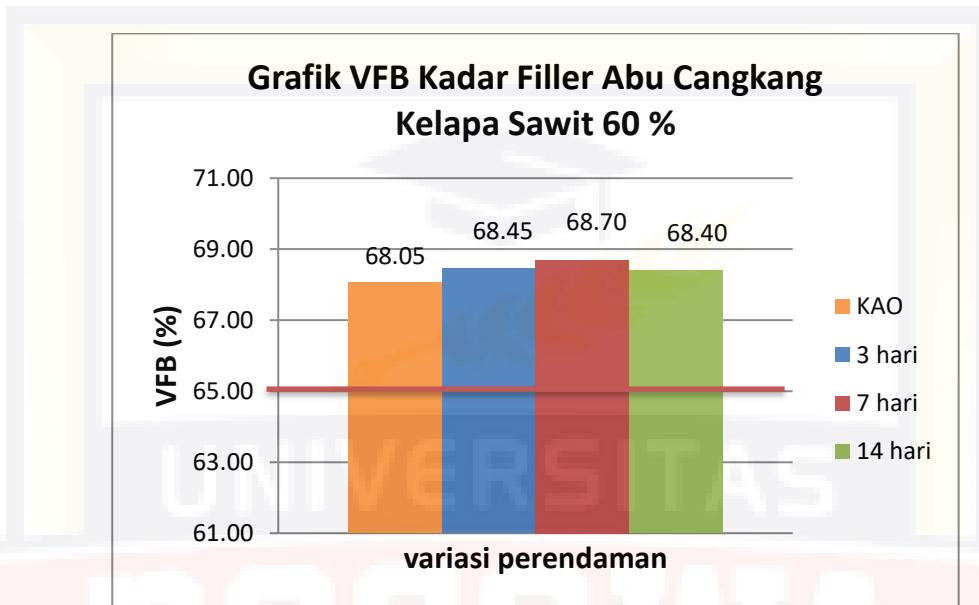
Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa variasi menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai meningkat. Dapat dilihat pada perendaman 3 hari yaitu 4.92%, pada perendaman 7 hari yaitu 4.88% dan perendaman 14 hari yaitu 4.94%.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Bessarnya nilai *VFB* menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai *VFB* yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kekedapan campuran akan meningkat. Sebaliknya, nilai *VFB* terlalu kecil menyebabkan kekedapan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran akan teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

Grafik nilai *VFB* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.23



Gambar 4. 23 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60 % terhadap *VFB*

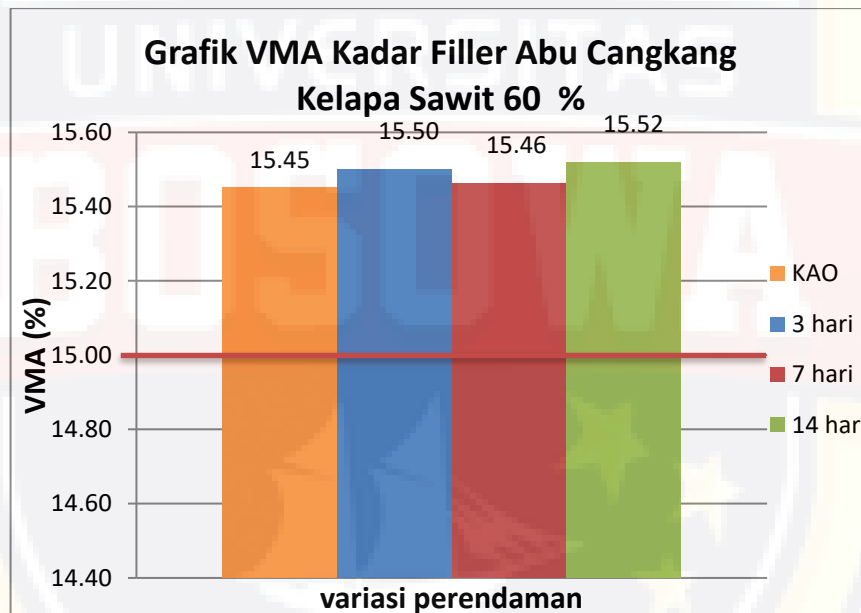
Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa penambahan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* tidak terlalu mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman. Namun dengan demikian, walaupun nilai *VFB* tidak mengalami perubahan nilai tetap memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

g. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif.

Semakin tinggi Nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun Nilai VMA yang terlalu rendah mengakibatkan potensi terjadinya bleeding pada perkerasan pada saat menerima beban.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Diagram hubungan KAO dengan variasi kadar filler abu cangkang kelapa sawit 60 % padi terhadap VMA.

Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa kadar variasi filler abu cangkang kelapa sawit 60% ke dalam campuran cenderung sama. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan

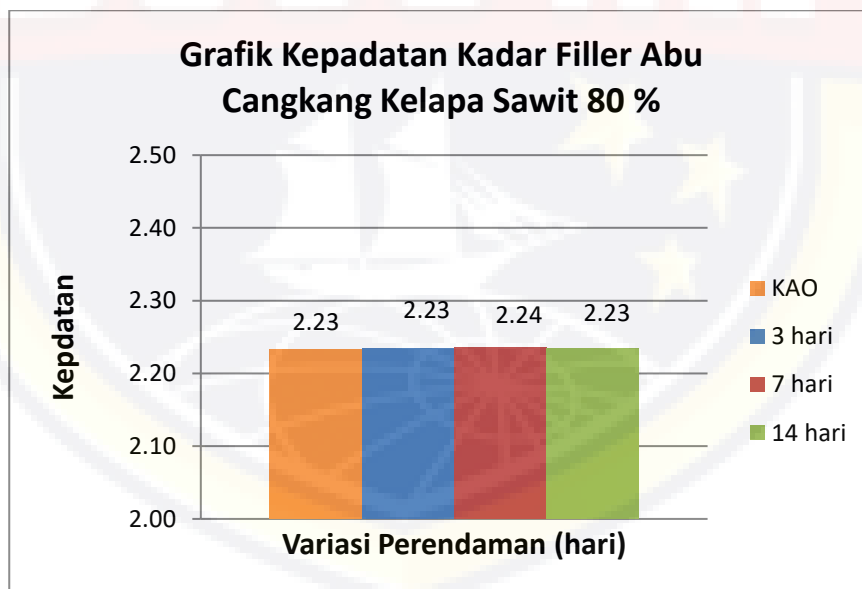
karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.5.7. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Kadar pada variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80% 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

Grafik nilai *Kepadatan* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.25.



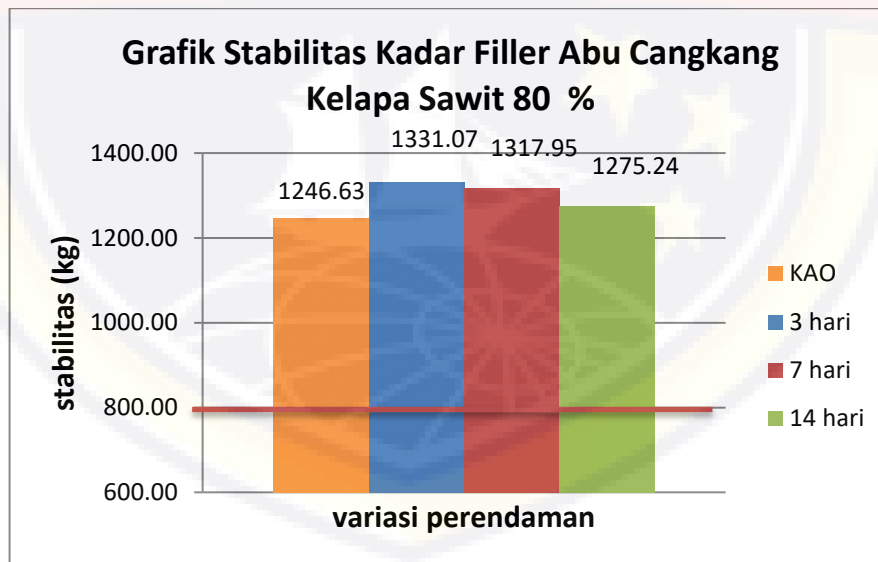
Gambar 4. 25 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap kepadatan

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kadar 80% dengan perendaman berulang tidak telalu menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah hal ini dikarenakan campuran aspal belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai Stabilitas yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku sehingga akan mudah terjadi retak-retak pada waktu menerima beban. Sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami rutting oleh beban lalu lintas atau perubahan bentuk.

Hasil pengujian stabilitas dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80%

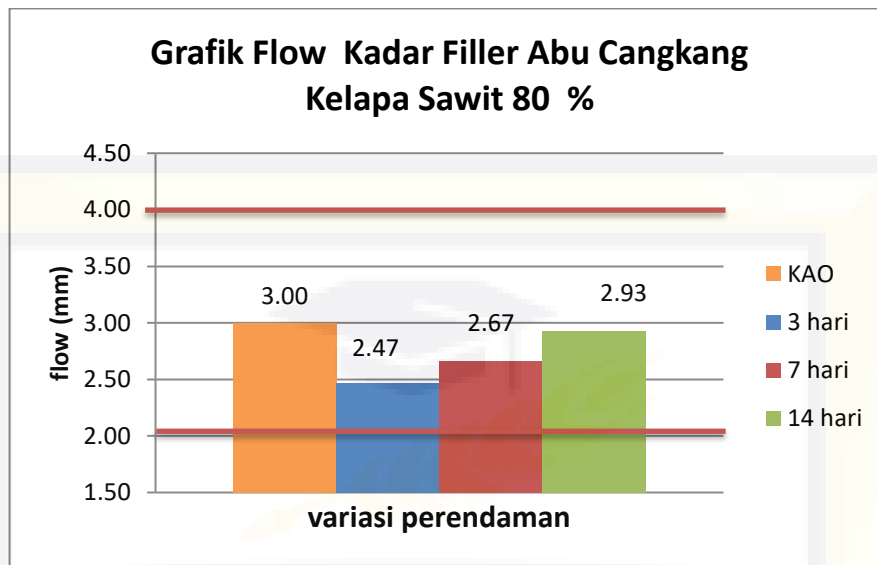
Dari gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80% yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena aspal yang awalnya berfungsi sebagai pengikat agregat, berubah fungsi menjadi pelicin setelah lamanya perendaman mengakibatkan turunnya lekatan dan gesekan antar agregat dan berakibat pada turunnya nilai stabilitas campuran.

Nilai stabilitas yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR untuk campuran beton aspal adalah minimum 800 kg. Dengan demikian maka campuran beton aspal yang ditambahkan filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar 80% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

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

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.27



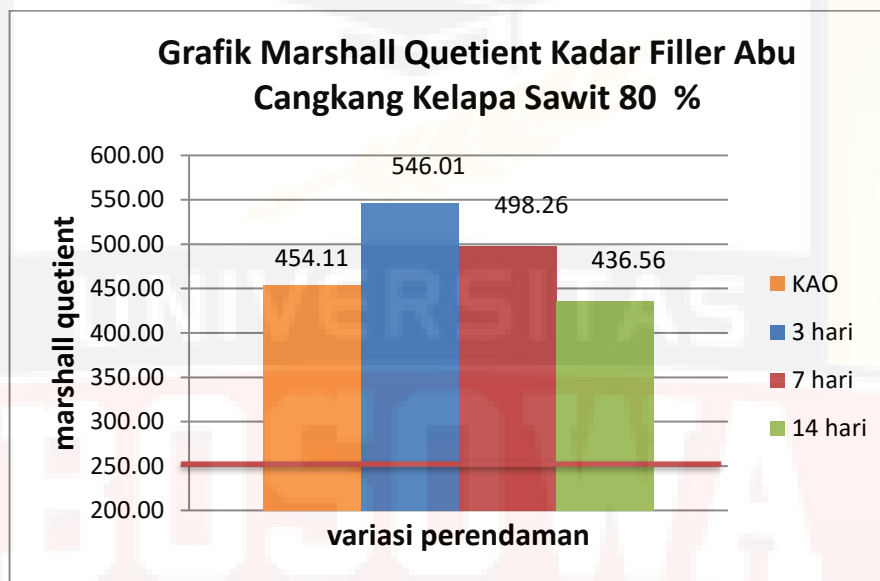
Gambar 4. 27. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap flow (pelelehan).

Dari gambar 4.27 menunjukkan bahwa penambahan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80% kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat dimana pada 3 hari yaitu 2.47 mm, pada hari ke 7 yaitu 2.67 mm dan pada hari ke 14 yaitu 2.93 mm. Kenaikan nilai flow ini disebabkan karena semakin lama perendaman mengakibatkan campuran menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat.

d. Marshall Questient

Marshall Questient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelehan (*flow*). Nilai Marshall ini dapat mengibdikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Sebaliknya, campuran yang memiliki nilai MQ rendah akan bersifat fleksibel, lentur dan cenderung menjadi plastis sehingga mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalu lintas. Nilai MQ pada kadar 60% dapat dilihat pada gambar 4.28



Gambar 4. 27. Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80% terhadap nilai MQ.

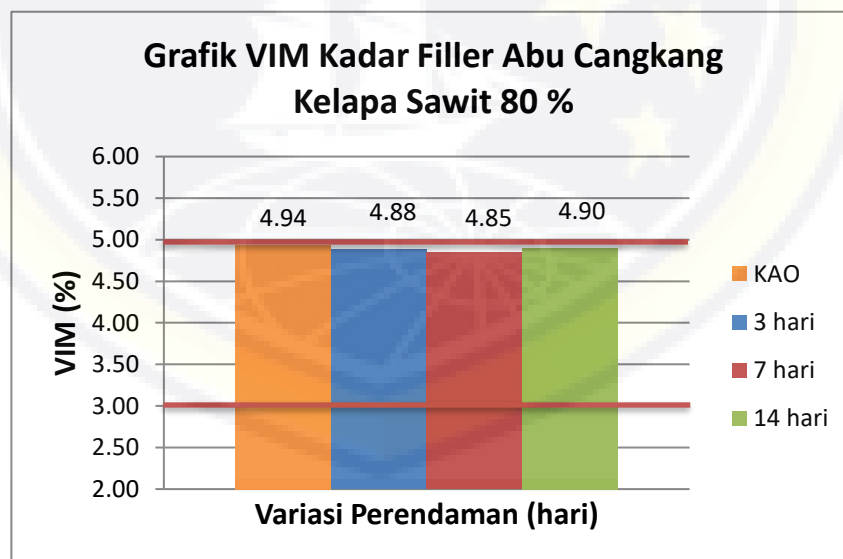
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quetient mengalami penurunan dimana nilai pada perendaman 3 hari yaitu 546.01 Kg/mm, pada perendaman 7 hari yaitu 498.26 Kg/mm sedangkan pada peredaman yang ke 14 hari yaitu 436.56 kg/mm. Hal ini disebanding dengan perubahan nilai stabilitas yang terjadi akibat lamanya perendaman pada campuran aspal. Secara umum dapat dilihat pula bahwa semakin lama perendaman akan mempengaruhi fleksibilitas dan kelenturan campuran. Penurunan nilai MQ pada campuran aspal dengan variasi filler

abu cangkang kelapa sawit menjadi bersifat plastis dengan semakin lamanya perendaman

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

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

Nilai *VIM* yang tinggi menunjukkan campuran terdapat banyak rongga sehingga campuran kurang kedap terhadap air dan udara. Sedangkan nilai *VIM* yang rendah mengakibatkan nilai kekakuan campuran menjadi tinggi, maka akan bersifat kedap air. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.29



Gambar 4. 28 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VIM dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

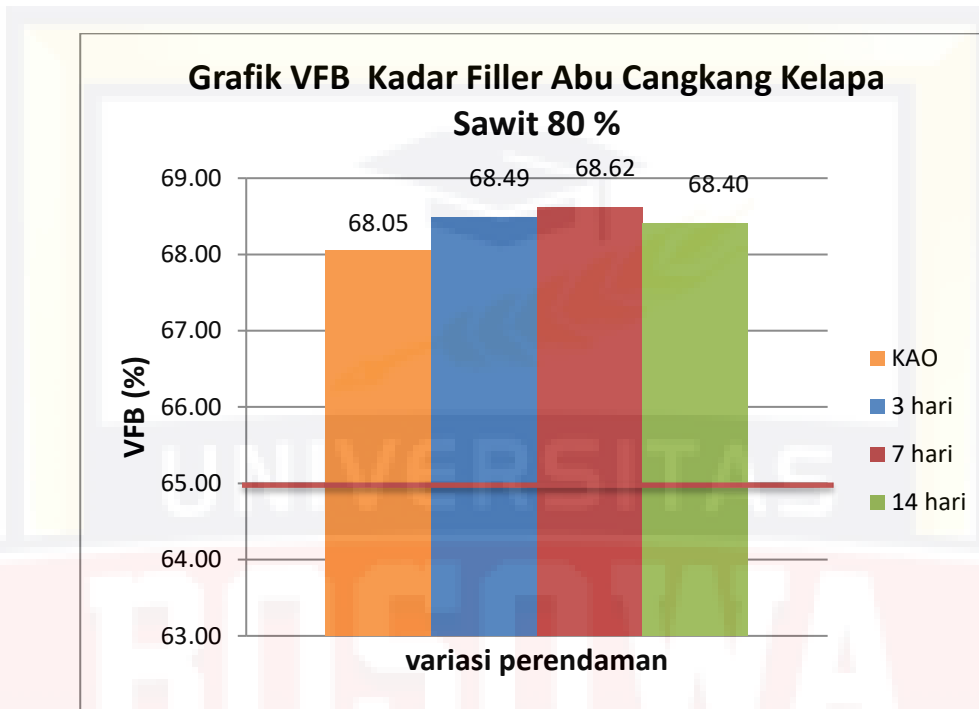
Dari gambar 4.29 menunjukkan bahwa variasi menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit kadar 80% ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai tidak terlalu mengalami perubahan. Dapat dilihat pada perendaman 3 hari yaitu 4.88%, pada perendaman 7 hari yaitu 4.85% dan perendaman 14 hari yaitu 4.90%.

Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Besarnya nilai *VFB* menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai *VFB* yang besar menunjukkan jumlah aspal yang mengisi rongga besar sehingga kekedapan campuran akan meningkat. Sebaliknya, nilai *VFB* terlalu kecil menyebabkan kekedapan campuran perkerasan semakin kecil dan aspal dalam campuran akan teroksidasi dengan udara dan keawetan campuran akan berkurang.

Grafik nilai *VFB* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.30



Gambar 4.30 Diagram hubungan KAO dengan variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80 % terhadap VFB

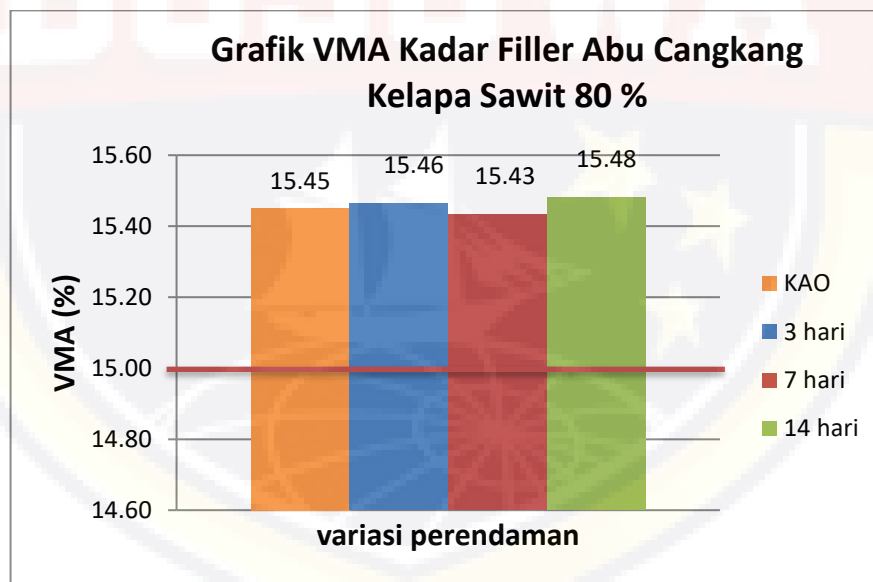
Dari gambar 4.30 menunjukkan bahwa penambahan filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VFB* tidak terlalu mengalami perubahan. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman. Namun dengan demikian, walaupun nilai *VFB* tidak mengalami perubahan nilai tetap memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif.

Semakin tinggi Nilai VMA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, namun Nilai VMA yang terlalu rendah mengakibatkan potensi terjadinya bleeding pada perkerasan pada saat menerima beban.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Diagram hubungan KAO dengan variasi kadar filler abu cangkang kelapa sawit 80 % terhadap VMA.

Dari gambar 4.31 menunjukkan bahwa kadar variasi filler abu cangkang kelapa sawit 80% ke dalam campuran cenderung sama. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.6. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

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

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal AC– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1246.6	1275.8	102.34	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

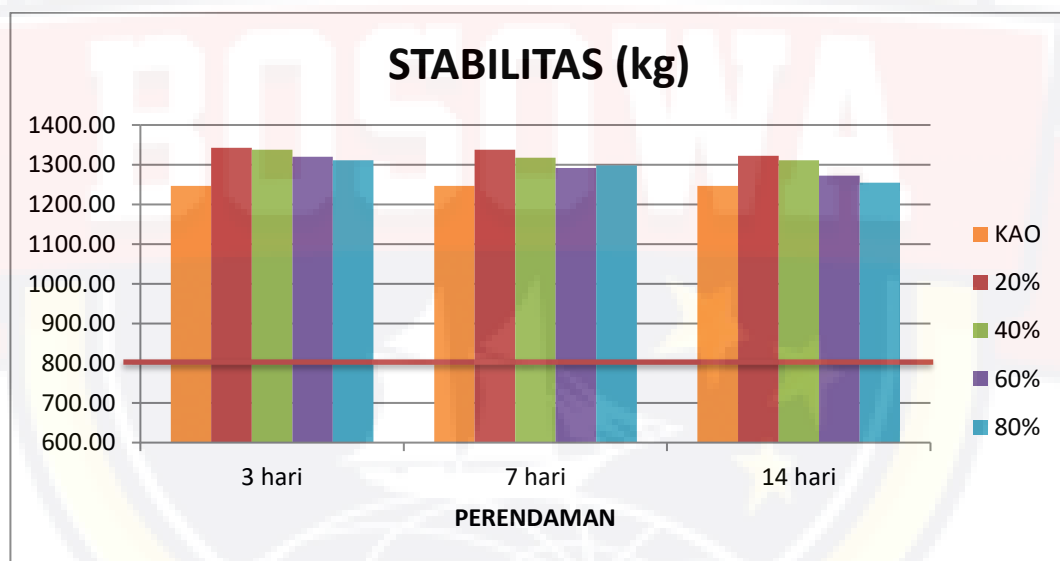
Dari tabel 4.20 menunjukkan menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman

30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24 jam mengalami peningkatan terhadap nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama.

4.7. Resume Hasil – Hasil Analisa Data (Grafik Gabungan Variasi Abu Cangkang Kelapa Sawit)

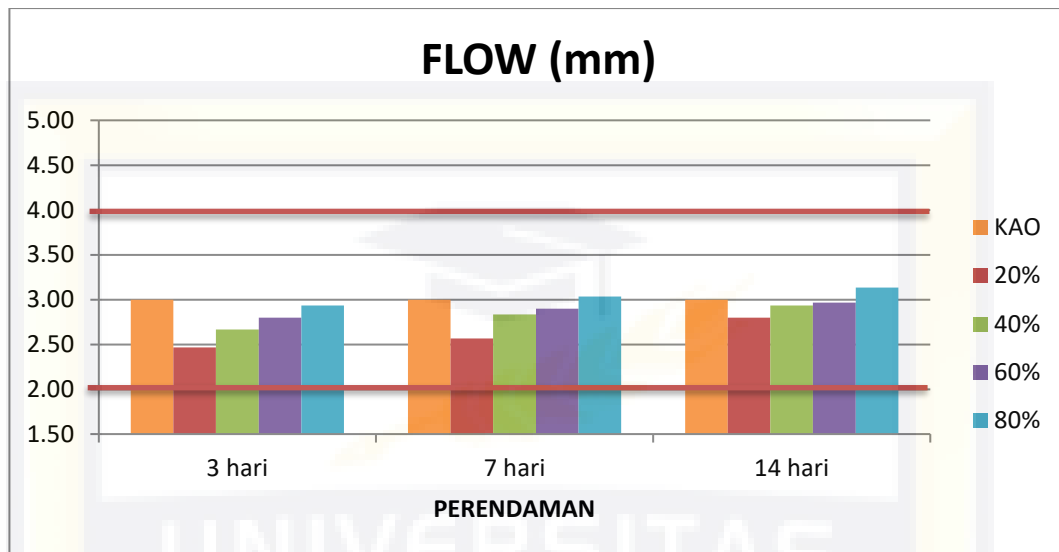
a. Stabilitas (Minimum 800 Kg)

Grafik gabungan nilai *Stabilitas* campuran AC-WC untuk variasi filler abu cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 4.32.



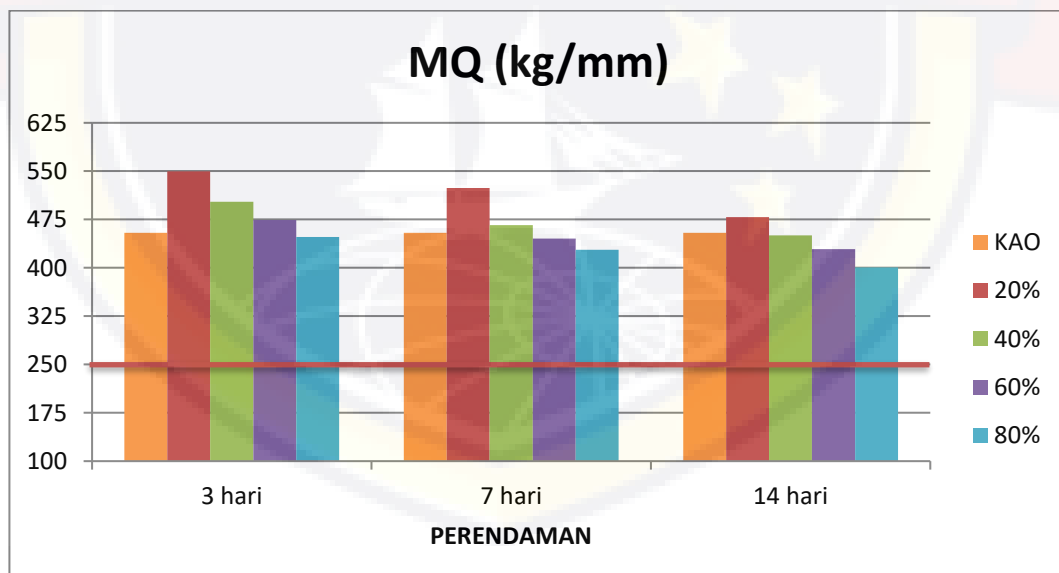
Gambar 4.32 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap Stabilitas

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



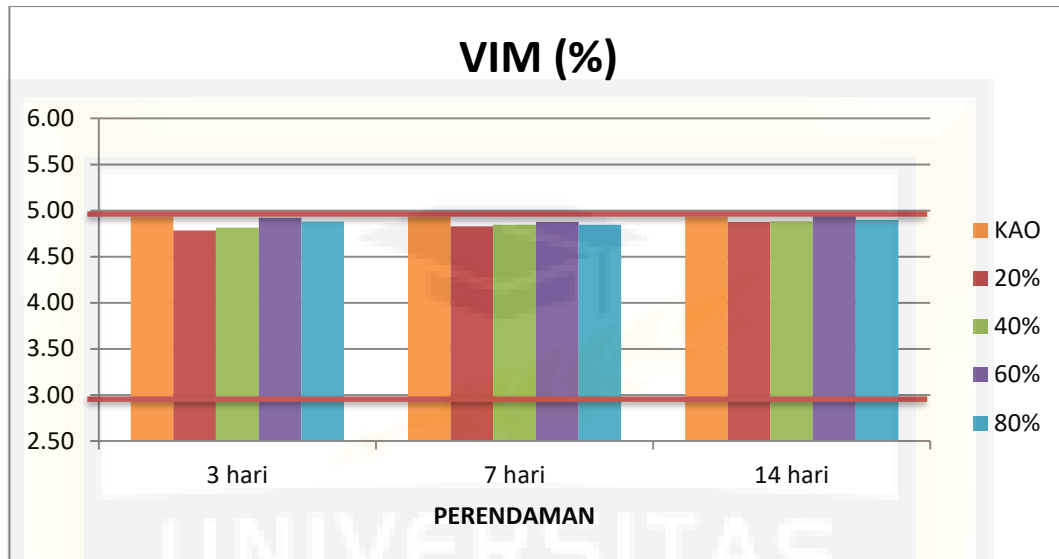
Gambar 4.33 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap Flow

c. Marshall Quotient (Minimum 250 Kg/mm)



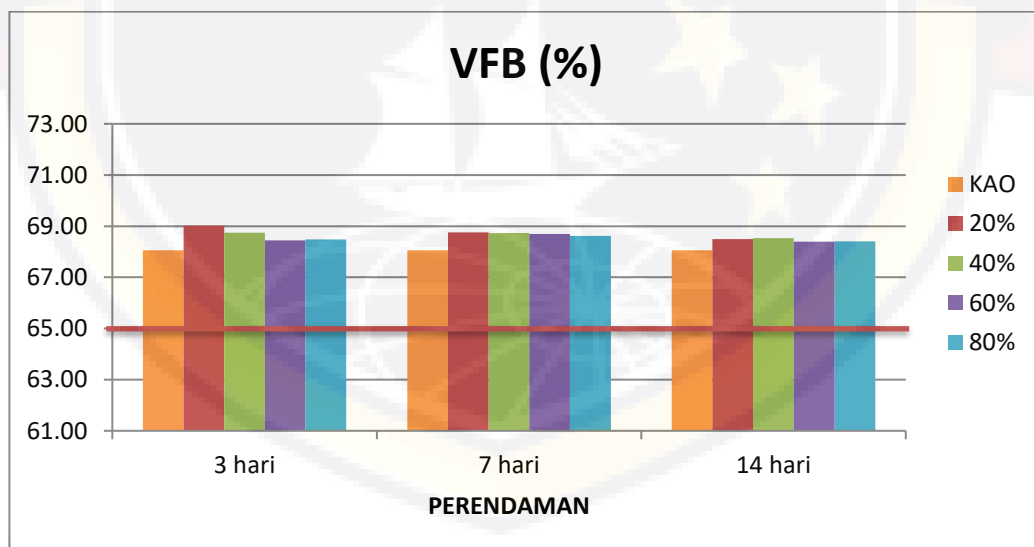
Gambar 4.34 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap Marshall Quotient

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



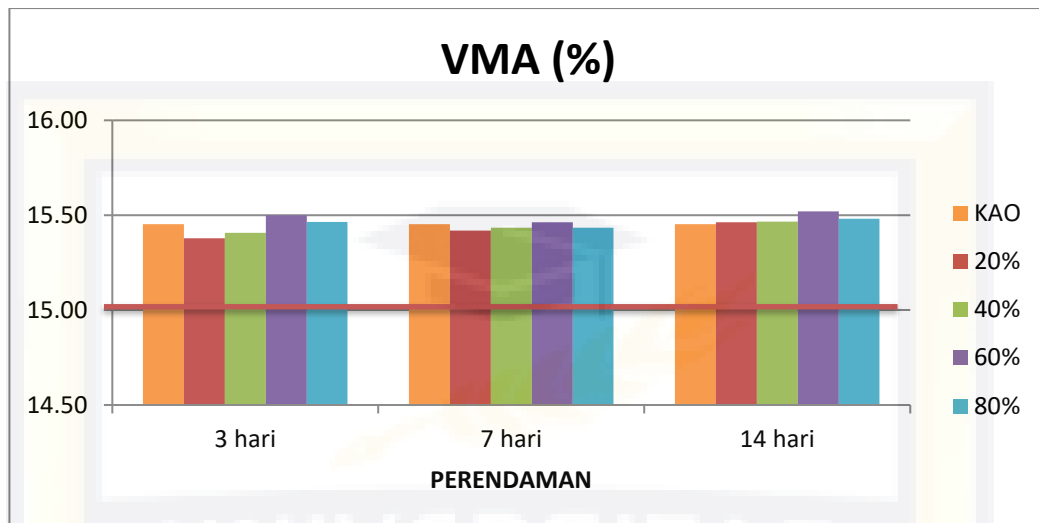
Gambar 4.35 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VIM.

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



Gambar 4.36 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VFB.

f. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%



Gambar 4.37 Diagram gabungan variasi filler abu cangkang kelapa sawit terhadap VMA.

Dari gambar grafik gabungan pada variasi filler abu cangkang kelapa sawit diatas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar variasi filler abu cangkang kelapa sawit ke dalam campuran menyebabkan nilai Stabilitas menurun. Nilai *Flow* mengalami peningkatan pada setiap penambahan kadar filler abu cangkang kelapa sawit. Nilai VIM dan nilai VMA mengalami peningkatan pada setiap penambahan kadar abu cangkang kelapa sawit namun pada penambahan kadar 80% mengalami penurunan. Sedangkan nilai VFB mengalami penurunan pada setiap penambahan kadar abu cangkang kelapa sawit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai *Stabilitas* dan waktu perendaman semakin menurun seiring bertambahnya kadar Abu cangkang kelapa sawit namun masih dalam batas spesifikasi. Nilai *Stabilitas* terbaik pada kadar 20% dengan perendaman 3 hari yaitu 1347.71 Kg, kemudian mengalami penurunan pada perendaman 14 hari dengan nilai *stabilitas* yaitu 1287.36 Kg . Hal ini di sebabkan semakin berkurangnya daya lekat aspal karena lamanya perendaman. Nilai *flow* mengalami peningkatan dimana nilai terendah yaitu 2.47% dan nilai *flow* tertinggi yaitu 2.80%, pada nilai *VIM* mengalami peningkatan dimana nilai tertinggi yaitu 4.88% namun masih masuk dalam nilai spesifikasi, nilai *VMA* mengalami peningkatan dan nilai *VFB* mengalami penurunan pada setiap penambahan kadar abu cangkang kelapa sawit, namun semua nilai tetap masuk dalam batas spesifikasi.
2. Hasil pengujian Marshall Test variasi filler abu cangkang kelapa sawit nilai yang terbaik untuk *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *VMA*, *VFB* dan Marshall Quitient yaitu pada kadar abu cangkang 20% dengan perendaman 3 hari.

5.2. Saran

Beberapa hal yang disarankan sehubungan dengan hasil–hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan penumbuk listrik (*Elektrik Compaction*), agar beban yg diterima pada benda uji tetap sama.
2. Pada penelitian selanjutnya perlu sebaiknya dilakukan pengujian untuk mengetahui keterkaitan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit dengan perendaman.
3. Dengan hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pedoman dalam perencanaan penggunaan variasi filler abu cangkang kelapa sawit dalam campuran beton aspal lapis aus AC-WC.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi N. Hulu R. 2014. *Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Filler Terhadap Karakteristik Marshall Dalam Campuran Ac-Wc* . Riau.
- Anonim. *Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal* , Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar, 2014.
- BALITBANG-PU dan Direktorat Jendral Bina Marga. 2007. *Modul, Training of trainer (TOT)*. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 2018. *Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Kementerian Umum dan Pekerjaan Rumah. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal*, Kementerian Umum dan Pekerjaan Rumah. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Pekerjaan Rumah. Jakarta.
- Departemen Pertanian. 2012. *Info Produksi Kelapa Sawit*. Jakarta
- Dspace, 2016. *Karakteristik Marshall Campuran Beton Aspal*, Universitas Islam Indonesia.
- Nurdin, Rahim, *Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
- Hamirhan S. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Hadiyatmo, Hary Chrystady, 2011, *Perencanaan Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press.
- Rinaldi, S.R. 2016. *Analisis Karakteristik Campuran AC-WC dengan Menggunakan Asbuton Lawele (LGA) Hasil Ekstraksi Dan Abu Sekam Padi Sebagai Filler*. Universitas Bosowa Makassar.

Sukirman, Silvia. 2012. *Beton Aspal Campuran Panas*, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

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

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





L

A

M

P

I

R

A

N



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

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

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

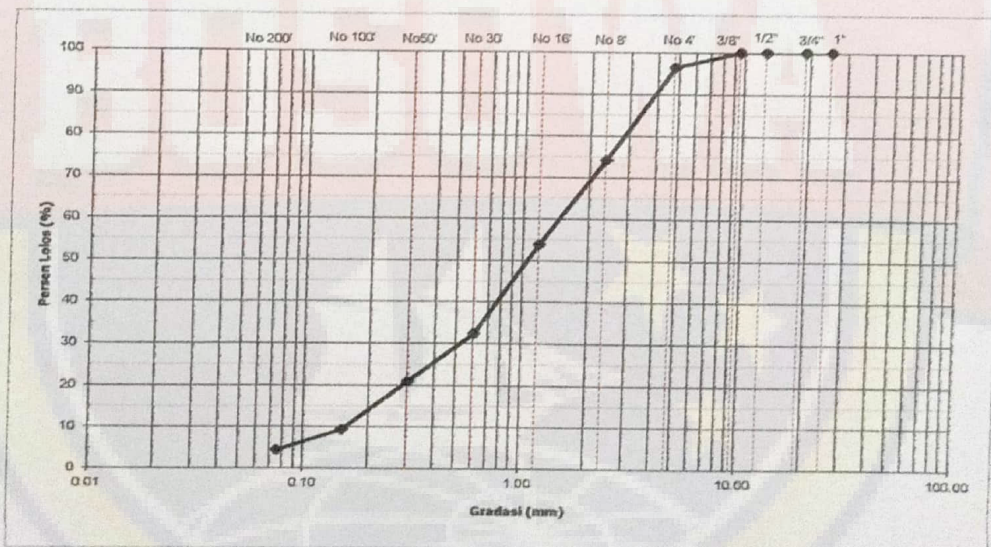
Material : Abu Batu

Nama : Nurul Annisa

Sumber : Bili-bili

Tanggal : 10 Feb 2021

Saringan No	Total :	2600.1		Total :	2600		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
1'	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
3/4"	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
1/2"	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
3/8"	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	76.6	3.06	96.94	101.8	4.07	95.93	96.43
No. 8	642.7	25.71	74.29	645.9	25.84	74.16	74.23
No. 16	1120.9	44.83	55.17	1189.1	47.56	52.44	53.80
No. 30	1626.4	65.05	34.95	1754.5	70.18	29.82	32.38
No. 50	1891.2	75.64	24.36	2058.8	82.35	17.65	21.00
No. 100	2145.8	85.83	14.17	2387.4	95.50	4.50	9.34
No. 200	2365.4	94.61	5.39	2416.2	96.65	3.35	4.37
Pan	2495.3	99.81	0.2	2491.8	99.67	0.33	0.26



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar, Februari 2021
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.

Marlina Alwi, S.T.



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

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

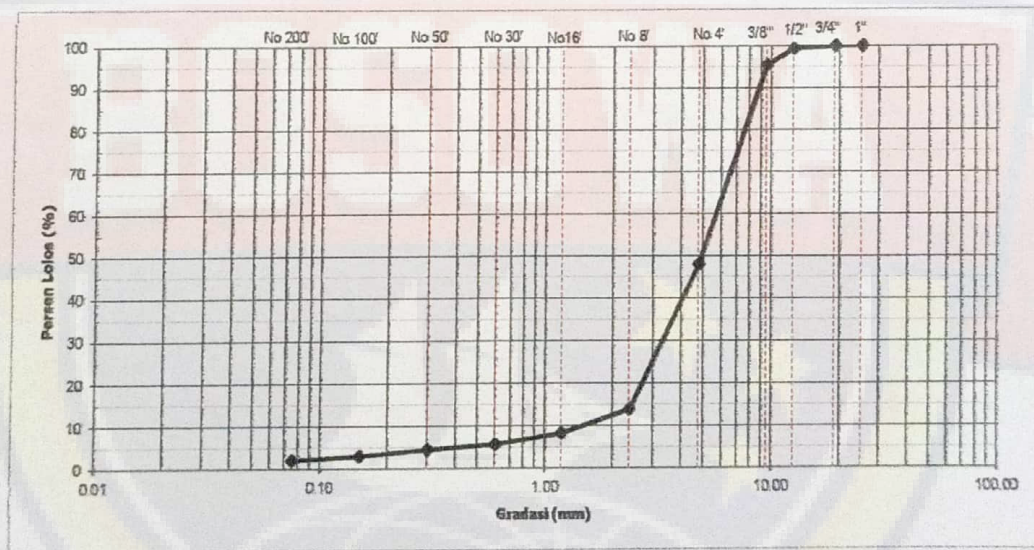
Material : BP 0,5-1

Nama : Nurul Annisa

Sumber : Bili-bili

Tanggal : 10 Feb 2021

Saringan No	Total :	2500.0			Total :	2500		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%	
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos	
1"	0.0	0.00	100.00	0.0	0.00	100.00	100.00	
3/4"	0.0	0.00	100.00	0.0	0.00	100.00	100.00	
1/2"	13.3	0.53	99.47	18.1	0.72	99.28	99.37	
3/8"	111.5	4.46	95.54	113.1	4.52	95.48	95.51	
No. 4	1320.8	52.83	47.17	1285.0	51.40	48.60	47.88	
No. 8	2154.2	86.17	13.83	2153.3	86.13	13.87	13.85	
No. 16	2299.7	91.99	8.01	2288.0	91.52	8.48	8.25	
No. 30	2380.2	95.21	4.79	2338.8	93.55	6.45	5.62	
No. 50	2419.1	96.76	3.24	2360.7	94.43	5.57	4.40	
NO. 100	2454.5	98.18	1.82	2395.3	95.81	4.19	3.00	
No. 200	2478.4	99.14	0.86	2423.2	96.93	3.07	1.97	
Pan	2490.8	99.63	0.37	2493.7	99.75	0.25	0.31	



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar,....Februari 2021
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.

Marlina Alwi, S.T.



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

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

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

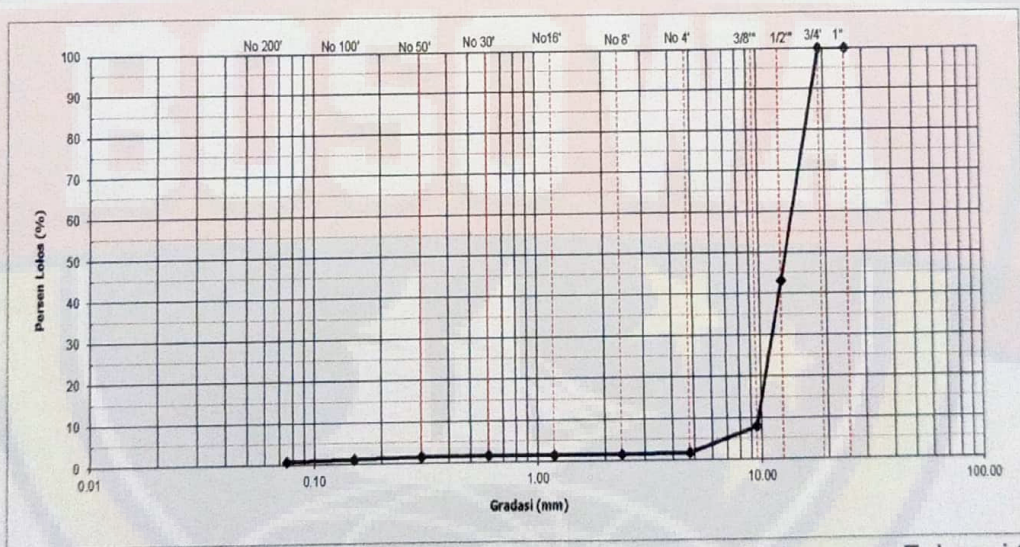
Material : BP 1-2

Nama : Nurul Annisa

Sumber : Bili-bili

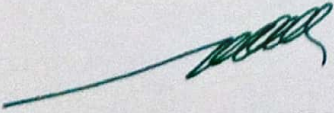
Tanggal : 10 Feb 2021

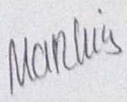
Saringan No	Total :	2500.0		Total :	2500.1		Rata - rata
	Sampel	1		Sampel	2		%
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Lolos
1'	0.0	0.00	100.00	0.0	0.00	100.00	100.00
3/4"	0.0	0.00	100.00	0.0	0.00	100.00	100.00
1/2"	1447.7	57.91	42.09	1398.5	55.94	44.06	43.08
3/8"	2301.4	92.06	7.94	2303.3	92.13	7.87	7.91
No. 4	2451.7	98.07	2.10	2452.9	98.11	1.54	1.82
No. 8	2455.6	98.22	1.78	2460.00	98.40	1.35	1.56
No. 16	2456.9	98.28	1.40	2461.0	98.44	1.56	1.48
No. 30	2457.3	98.29	1.71	2461.4	98.45	1.55	1.63
No. 50	2460.9	98.44	1.56	2464.8	98.59	1.41	1.49
NO. 100	2472.6	98.90	1.10	2471.4	98.85	1.15	1.12
No. 200	2478.2	99.13	0.87	2485.2	99.40	0.60	0.73
Pan	2497.9	99.92	0.08	2499.00	99.96	0.04	0.06



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar,....Februari 2021
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.


Marlina Alwi, S.T.



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

ANALISA SARINGAN FILLER

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

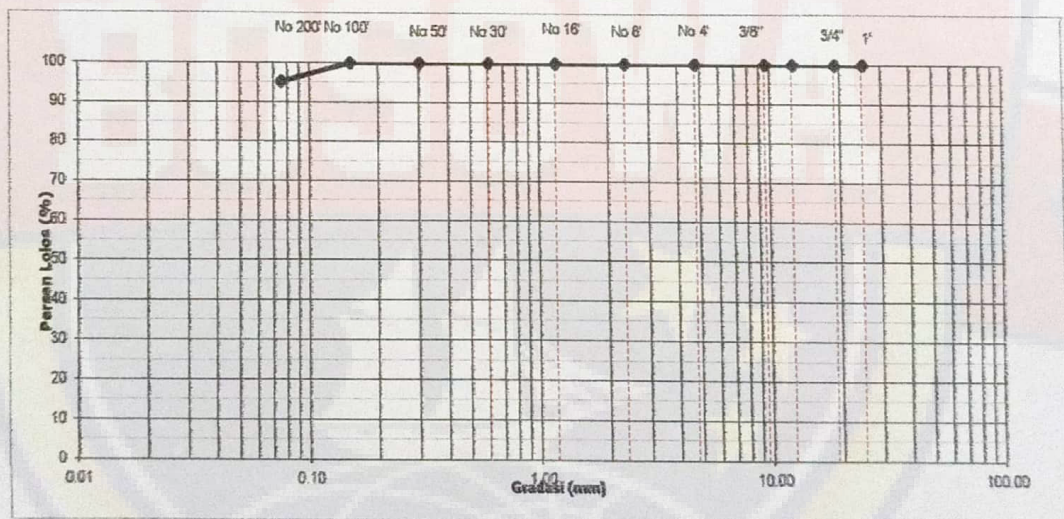
Material : Filler

Nama : Nurul Annisa

Sumber : Bili-bili

Tanggal : 10 Feb 2021

Saringan No	Total :	2000.0		Total :	2000		Rata - rata % Lolos
	Sampel	1		Sampel	2		
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	
1"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
3/4"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
1/2"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
3/8"	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 8	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 30	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 50	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 100	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 200	96.5	4.83	95.18	97.2	4.86	95.14	95.16
Pan							



Mengetahui
Kepala Laboratorium

Makassar,....Februari 2021
Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.

Marlina Alwi, S.T.



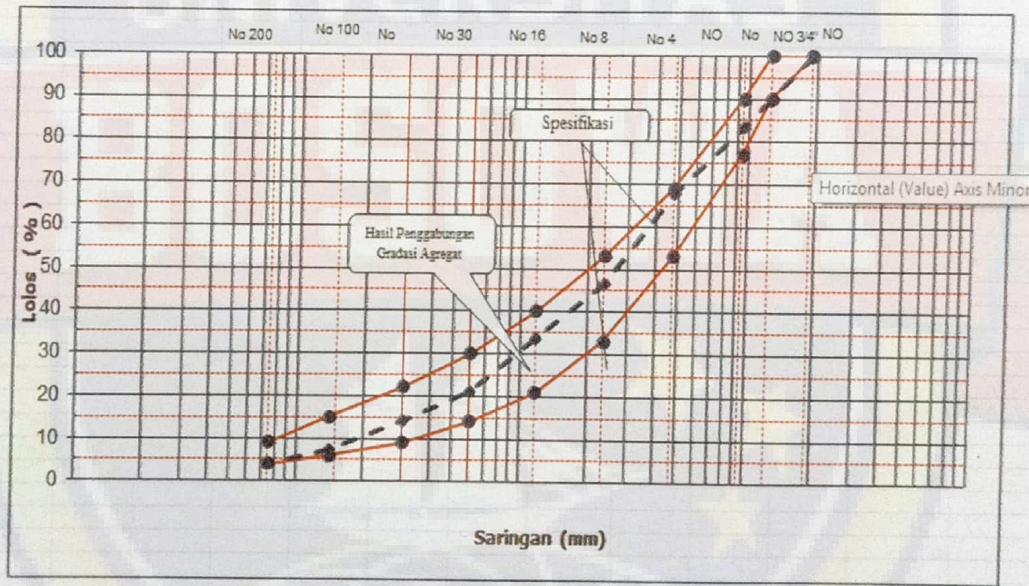
JOB MIX FORMULA AC – WC

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

Nama : Nurul Annisa

No. Saringan	gradasi agregat (rata - rata)				gradasi penggabungan agregat combinee (AC-WC)					Spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V			
1"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00						100	0.41
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00						100	0.41
1/2"	43.08	99.37	100.00	100.00	90.16						90-100	0.41
3/8"	7.91	95.51	100.00	100.00	83.18						77-90	0.41
#4	1.82	47.88	96.43	100.00	67.76						53-69	0.41
#8	1.56	13.85	74.23	100.00	46.43						33-53	0.82
#16	1.48	8.25	53.80	100.00	33.52						21-40	1.64
#30	1.63	5.62	32.38	100.00	20.87						14-30	2.87
#50	1.49	4.40	21.00	100.00	14.16						9-22	6.14
#100	1.12	3.00	9.34	100.00	7.20						6-15	12.29
#200	0.73	1.97	4.37	95.16	4.03						4-9	32.77

a. Batu Pecah 1 - 2	17											
b. Batu Pecah 0,5 - 1	26											
c. Abu Batu	56											
d. Filler	1											
Total Luas Permukaan Agregat (M²/KG)	4.88											



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

$$P_b = 0.035 \times 53.57 + 0.045 \times 42.40 + 0.18 \times 4.03 + 0.75$$

$$= 1.87 + 1.91 + 0.73 + 0.75$$

$$= 5.26 \quad \text{5.5}$$

Mengetahui,
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.

Diperiksa Oleh,
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS


Material : Abu Batu
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili-Bili

Nama : Nurul Annisa

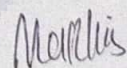
	A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh (SSD) _____ 500	500.1	500.1	500.1
Berat benda uji kering oven _____ B_k	486.6	487.1	486.85
Berat Piknometer diisi air (25°C) _____ B	698.5	691.5	695
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air(25°C) _____ B_t	1002.2	995.2	998.7

	A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2.48	2.48	2.48
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2.55	2.55	2.55
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.66	2.66	2.66
Penyerapan (Absorption) $\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\%$	2.77	2.67	2.72

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Diperiksa oleh:
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 0,5 - 1
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili-Bili

Nama : Nurul Annisa

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2436.3	2430.6	2433.45
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500.2	2500.3	2500.25
Berat benda uji didalam air	B_a	1607	1404.6	1505.8

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.73	2.22	2.47
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.80	2.28	2.54
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.94	2.37	2.65
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.62	2.87	2.75

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Diperiksa oleh:
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST



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

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Batu Pecah 1-2
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili-Bili

Nama : Nurul Annisa

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	B_k	2440.8	2442.7	2441.75
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	B_j	2500	2500.1	2500.05
Berat benda uji didalam air	B_a	1458.1	1497.8	1477.95

		A	B	Rata - rata
Berat jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.34	2.44	2.39
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.40	2.49	2.45
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.48	2.59	2.53
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2.43	2.35	2.39

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Diperiksa oleh:
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, ST



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

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI 03-4142-1996)

Material : Abu Batu

Nama : Nurul Annisa

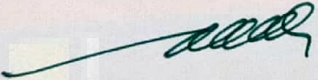
Tanggal : 10 Februari 2021

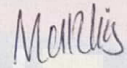
Sumber : Bili -Bili

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	1500	1500
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	1175.7	1166.4
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	21.62	22.24
4	Hasil Rata - rata	21.93	

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT


Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

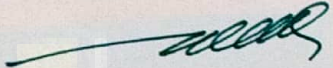
PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200

Material : 0.5-1
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili -Bili

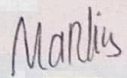
Nama : Nurul Annisa

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.9	2500.6
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2475.9	2474.2
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	1.00	1.06
4	Hasil Rata - rata	1.03	

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM REKAYASA TRANSPORTASI
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45" MAKASSAR

PENGUJIAN JUMLAH BAHAN DALAM AGREGAT YANG LOLOS SARINGAN NO. 200
(SNI 03-4142-1996)

Material : 1-2

Nama : Nurul Annisa

Tanggal : 10 Februari 2021

Sumber : Bili -Bili

No.	Uraian	I	II
1	Berat Kering contoh semula (A), gram	2500.2	2500
2	Berat kering contoh sesudah pencucian dengan saringan No. 200 (B), gram	2474.9	2475.5
3	Persentase material lolos No. 200 (A-B/A) x 100%	1.01	0.98
4	Hasil Rata - rata	1.00	

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Diperiksa Oleh
Asisten Laboratorium

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKLTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL


Nama : : Nurul Annisa

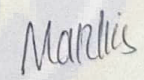
Material : Aspal
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili-bili

Uraian		I (gram)	II (gram)
Berat Piknometer	A	53.50	51.90
Berat Piknometer + Air	B	116.30	111.80
Berat Air / Isi Piknomete	B-A	62.80	59.90
Berat Piknometer + Aspal	C	86.60	84.30
Berat Aspal	C-A	33.10	32.40
Berat + air + Aspal	D	116.50	111.90
Berat Air	D-C	29.90	27.60
Berat Jenis Aspal	C-A	1.006	1.003
	$((B-A) - (D-C))$		
Rata - Rata		1.005	

Mengetahui
Kepala Lab. Bahan dan Jalan

Diperiksa oleh:
Asisten Laboratorium


Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT


Marlina Alwi, ST



LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKLTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PEMERIKSAAN BERAT JENIS FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT

Nama : : Nurul Annisa

Material : Abu cangkang kelapa sawit
Tanggal : 10 Februari 2021
Sumber : Bili-bili

Uraian		I (gram)	II (gram)
Berat Piknometer	A	53.50	51.90
Berat Piknometer + Air	B	116.30	111.80
Berat Air / Isi Piknomete	B-A	62.80	59.90
Berat Piknometer + Abu Cangkang K. Sawit	C	65.80	64.30
Berat Abu Cangkang K. Sawit	C-A	12.30	12.40
Berat air + Abu Cangkang K. Sawit	D	121.40	120.90
Berat Air	D-C	55.60	56.60
Berat Jenis Abu Cangkang K. Sawit	$\frac{C-A}{(B-A) - (D-C)}$	1.708	3.758
Rata - Rata		2.733	



RUMUS KOMPOSISI CAMPURAN AC – WC

Kadar Aspal	=	4 %		100 %	-	4 %	=	96	
Hasil Combine									
EP 1-2	17 %	x	96 %	=	0.1632	x	1200	=	195.84 gram
EP 0,5-1	26 %	x	96 %	=	0.2496	x	1200	=	299.52 gram
Abu Batu	56 %	x	96 %	=	0.5376	x	1200	=	645.12 gram
Filler	1 %	x	96 %	=	0.0096	x	1200	=	11.52 gram
Aspal	4 %			X			1200	=	48 gram
									<u>1200</u> gram

Kadar Aspal	=	4.5 %		100 %	-	4.5 %	=	95.5	
Hasil Combine									
EP 1-2	17 %	x	95.5 %	=	0.1624	x	1200	=	194.82 gram
EP 0,5-1	26 %	x	95.5 %	=	0.2483	x	1200	=	297.96 gram
Abu Batu	56 %	x	95.5 %	=	0.5348	x	1200	=	641.76 gram
Filler	1 %	x	95.5 %	=	0.0096	x	1200	=	11.46 gram
Aspal	4.5 %			X			1200	=	54 gram
									<u>1200</u> gram

Kadar Aspal	=	5 %		100 %	-	5 %	=	95	
Hasil Combine									
EP 1-2	17 %	x	95 %	=	0.1615	x	1200	=	193.8 gram
EP 0,5-1	26 %	x	95 %	=	0.247	x	1200	=	296.4 gram
Abu Batu	56 %	x	95 %	=	0.532	x	1200	=	638.4 gram
Filler	1 %	x	95 %	=	0.0095	x	1200	=	11.4 gram
Aspal	5 %			X			1200	=	60 gram
									<u>1200</u> gram



Kadar Aspal	=	55 %		100%	-	55 %	=	94.5
Hasil Combine								
EP1-2	17 %	x	94.5 %	=	0.1607	x	1200	= 192.78 gram
EP0.5-1	26 %	x	94.5 %	=	0.2457	x	1200	= 294.84 gram
Abu Batu	56 %	x	94.5 %	=	0.5292	x	1200	= 635.04 gram
Filler	1 %	x	94.5 %	=	0.0095	x	1200	= 11.34 gram
Aspal	55 %			X			1200	= 66 gram
								<u>1200</u> gram

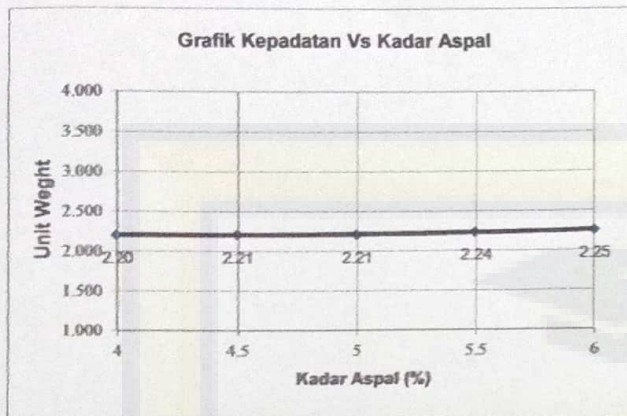
Kadar Aspal	=	6 %		100%	-	6 %	=	94
Hasil Combine								
EP1-2	17 %	x	94 %	=	0.1598	x	1200	= 191.76 gram
EP0.5-1	26 %	x	94 %	=	0.2444	x	1200	= 293.28 gram
Abu Batu	56 %	x	94 %	=	0.5264	x	1200	= 631.68 gram
Filler	1 %	x	94 %	=	0.0094	x	1200	= 11.28 gram
Aspal	6 %			X			1200	= 72 gram
								<u>1200</u> gram



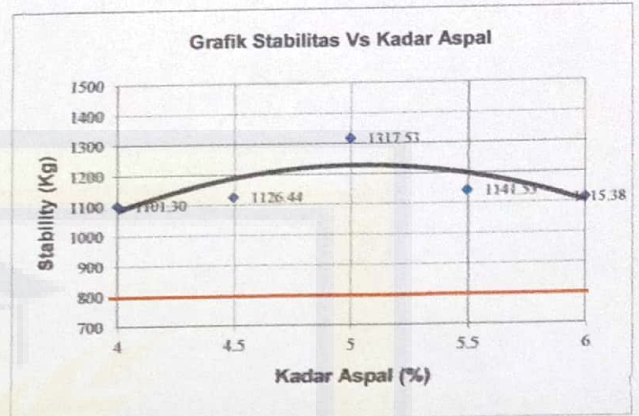
GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC

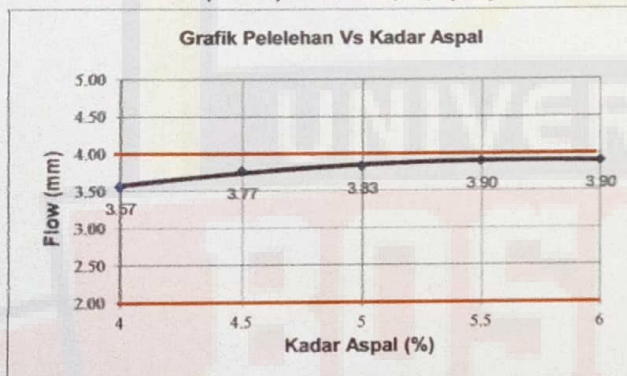
KEPADATAN (UNIT WEIGHT)



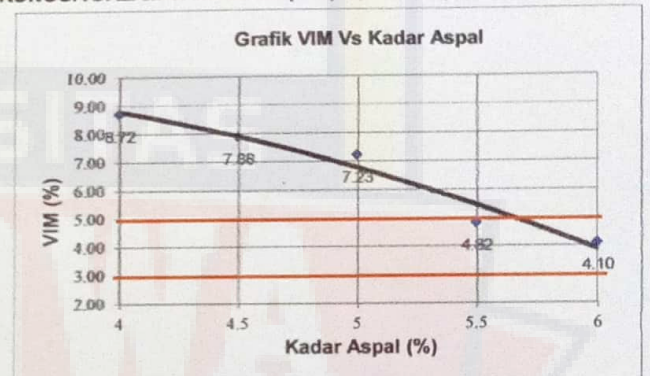
STABILITAS MARSHALL (STABILITY) Minimum 800 (KG)



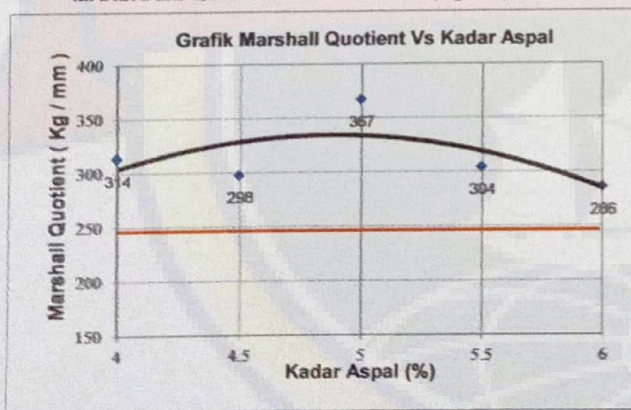
PELELEHAN (FLOW) MINIMUM 2,0-4,0 (MM)



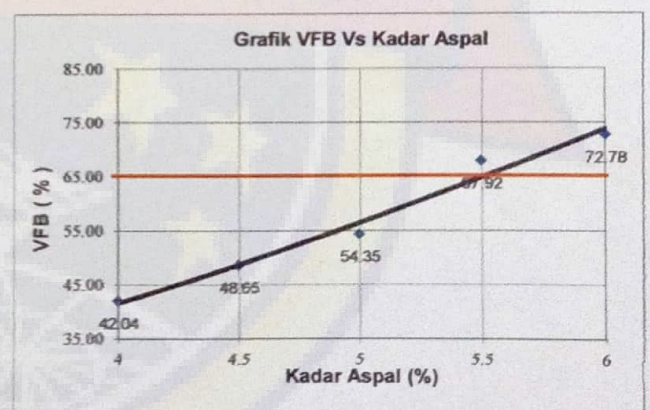
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM) 3,0 - 5,0 (%)



MARSHALL QUOTIENT MINIMUM 250 (Kg/MM)



RONGGA TERISI ASPAL (VFB) MINIMUM 65 (%)



RONGGA DALAM AGREGAT (VMA) MINIMUM 15 (%)

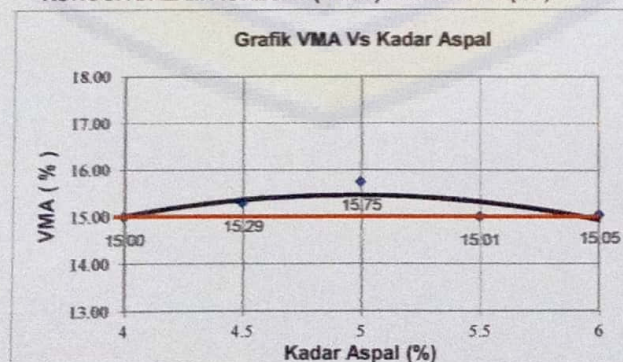
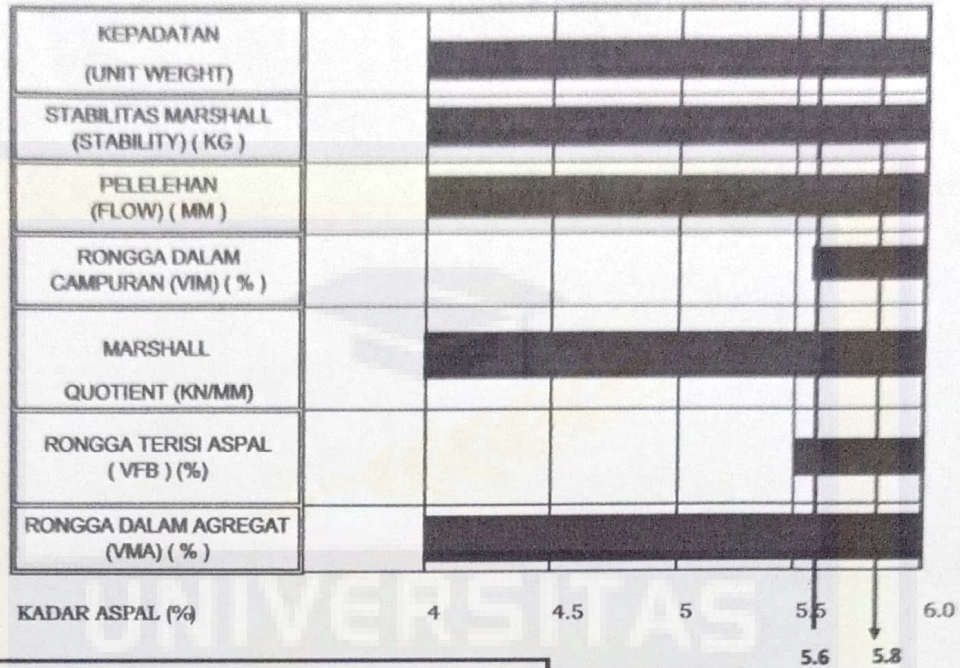




DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



$$\begin{aligned} \text{KADAR ASPAL OPTIMUM} &= \frac{5.6 + 6}{2} \\ &= 5.8 \\ \text{KAO} &= 5.8\% \end{aligned}$$



RUMUS KOMPOSISI CAMPURAN KADAR ABU CANGKANG K. SAWIT

Kadar Aspal		=	5.8 %		100 %	-	5.8 %	=	94.2
Hasil Combine									
BP 1-2	17 %	x	94.2 %	=	0.1601	x	1200	=	192.17 gram
BP 0,5 - 1	26 %	x	94.2 %	=	0.2449	x	1200	=	293.9 gram
Abu Batu	56 %	x	94.2 %	=	0.5275	x	1200	=	633.02 gram
Filler	1 %	x	94.2 %	=	0.0094	x	1200	=	11.304 gram
Aspal	5.8 %			X			1200	=	69.6 gram
1200 gram									
Variasi Filler									
Abu Cangkang Kelapa Sawit			20 %	=	11.304	x	20%	=	2.2608 gram
Semen				=	11.304	-	2.2608	=	9.0432 gram

Kadar Aspal		=	5.8 %		100 %	-	5.8 %	=	94.2
Hasil Combine									
BP 1-2	17 %	x	94.2 %	=	0.1601	x	1200	=	192.17 gram
BP 0,5 - 1	26 %	x	94.2 %	=	0.2449	x	1200	=	293.9 gram
Abu Batu	56 %	x	94.2 %	=	0.5275	x	1200	=	633.02 gram
Filler	1 %	x	94.2 %	=	0.0094	x	1200	=	11.304 gram
Aspal	5.8 %			X			1200	=	69.6 gram
1200 gram									
Variasi Filler									
Abu Cangkang Kelapa Sawit			40 %	=	11.304	x	40%	=	4.5216 gram
Semen				=	11.304	-	4.5216	=	6.7824 gram

Kadar Aspal		=	5.8 %		100 %	-	5.8 %	=	94.2
Hasil Combine									
BP 1-2	17 %	x	94.2 %	=	0.1601	x	1200	=	192.17 gram
BP 0,5 - 1	26 %	x	94.2 %	=	0.2449	x	1200	=	293.9 gram
Abu Batu	56 %	x	94.2 %	=	0.5275	x	1200	=	633.02 gram
Filler	1 %	x	94.2 %	=	0.0094	x	1200	=	11.304 gram
Aspal	5.8 %			X			1200	=	69.6 gram
1200 gram									
Variasi Filler									
Abu Cangkang Kelapa Sawit			60 %	=	11.304	x	60%	=	6.7824 gram
Semen				=	11.304	-	6.7824	=	4.5216 gram

Kadar Aspal		=	5.8 %		100 %	-	5.8 %	=	94.2
Hasil Combine									
BP 1-2	17 %	x	94.2 %	=	0.1601	x	1200	=	192.17 gram
BP 0,5 - 1	26 %	x	94.2 %	=	0.2449	x	1200	=	293.9 gram
Abu Batu	56 %	x	94.2 %	=	0.5275	x	1200	=	633.02 gram
Filler	1 %	x	94.2 %	=	0.0094	x	1200	=	11.304 gram
Aspal	5.8 %			X			1200	=	69.6 gram
1200 gram									
Variasi Filler									
Abu Cangkang Kelapa Sawit			80 %	=	11.304	x	80%	=	9.0432 gram
Semen				=	11.304	-	9.0432	=	2.2608 gram



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

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

Penetrasi : 60 / 70
Berat Jenis Aspal (T) : 1.005 gr/cc

Campuran
Tanggall Test

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif	Kadar Aspal	Efektif Gab.	Bj Bulk Gab.	Bj Efektif Gab.	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
	a	b	c	d																										
	Bj bulk				Bj Semu				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)			
	Batu Pecah 1 - 2				Batu Pecah 0.5 - 1				Abu Batu				Filler				Di Dalam Air (In Water)		Kering Permukaan Jenuh (SSD)		Di Udara (In Air)		Di Dalam Air (In Water)		Di Dalam Air (In Water)		Di Dalam Air (In Water)		Di Dalam Air (In Water)	
	100				$100 - \frac{A}{C} + \frac{A}{T}$				100 - (D-I)		D		Pembacaan x Kalibrasi Alat x (Angka Korelasi)		Dissuailkan (Kalibrasi Alat dan Angka Korelasi)		L		M		N		O		R		S			
I	17	26	56	1	2.91	4	2.49	2.56	2.56	2.41	2.41	1187.0	652.4	1191.3	538.9	2.20	8.7	80.0	1208.9	3.2	377.2	4.89	1.1	5.891	15.02	41.85				
II	17	26	56	1	2.91	4	2.49	2.56	2.56	2.41	2.41	1188.0	659.2	1191.5	532.3	2.23	7.7	74.0	1116.4	3.5	319.0	4.89	1.1	5.891	14.04	45.30				
III	17	26	56	1	2.91	4	2.49	2.56	2.56	2.41	2.41	1187.0	647.6	1192.5	544.9	2.18	9.7	85.0	980.6	4.0	245.2	4.89	1.1	5.891	15.95	38.97				
										2.41					538.70	2.20	8.7	73.0	1101.3	3.6	313.8	4.89	1.1	5.891	15.00	42.04				
I	17	26	56	1	3.42	4.5	2.49	2.56	2.56	2.40	2.40	1184.0	655.7	1198.7	541.0	2.19	8.7	84.0	985.5	3.4	284.0	4.89	1.1	6.968	18.00	45.92				
II	17	26	56	1	3.42	4.5	2.49	2.56	2.56	2.40	2.40	1184.5	655.8	1196.1	540.3	2.19	8.5	70.0	1056.0	3.9	270.8	4.89	1.1	6.968	15.88	48.41				
III	17	26	56	1	3.42	4.5	2.49	2.56	2.56	2.40	2.40	1183.9	663.7	1192.2	528.5	2.24	6.5	90.0	1357.8	4.0	339.4	4.89	1.1	6.968	14.02	53.83				
										2.40					538.80	2.21	7.9	74.7	1126.4	3.8	298.1	4.89	1.1	6.968	16.29	48.65				
I	17	26	56	1	3.94	5	2.49	2.56	2.56	2.38	2.38	1182.8	652.5	1197.6	545.1	2.17	8.8	134.0	2021.6	3.2	631.7	4.89	1.1	8.053	17.15	48.83				
II	17	26	56	1	3.94	5	2.49	2.56	2.56	2.38	2.38	1170.0	656.8	1184.3	527.5	2.22	6.8	79.0	1191.8	4.0	298.0	4.89	1.1	8.053	15.31	55.91				
III	17	26	56	1	3.84	5	2.49	2.56	2.56	2.38	2.38	1189.7	667.3	1200.3	533.0	2.23	6.2	49.0	739.2	4.3	171.9	4.89	1.1	8.053	14.78	58.31				
										2.38					538.20	2.21	7.2	87.3	1317.6	3.8	387.2	4.89	1.1	8.053	15.75	54.35				
I	17	26	56	1	4.63	5.5	2.49	2.56	2.56	2.35	2.35	1182.5	663.5	1191.4	527.9	2.24	4.7	58.0	875.0	4.0	218.8	4.89	0.9	9.546	14.82	66.31				
II	17	26	56	1	4.63	5.5	2.49	2.56	2.56	2.35	2.35	1181.8	664.5	1195.1	530.6	2.23	5.3	88.0	1327.6	3.1	428.3	4.89	0.9	9.546	15.41	65.80				
III	17	26	56	1	4.63	5.5	2.49	2.56	2.56	2.35	2.35	1180.7	663.6	1189.2	525.6	2.25	4.5	81.0	1222.0	4.6	265.6	4.89	0.9	9.546	14.68	69.64				
										2.35					528.03	2.24	4.8	78.7	1141.6	3.9	304.2	4.89	0.9	9.546	15.01	67.92				
I	17	26	56	1	4.98	6	2.49	2.56	2.56	2.34	2.34	1188.8	665.9	1192.5	526.6	2.28	3.7	64.8	977.6	4.0	244.4	4.89	1.1	10.261	14.71	74.67				
II	17	26	56	1	4.98	6	2.49	2.56	2.56	2.34	2.34	1183.7	673.3	1198.7	525.4	2.25	3.9	68.0	1025.9	3.5	283.1	4.89	1.1	10.261	14.89	73.66				
III	17	26	56	1	4.98	6	2.49	2.56	2.56	2.34	2.34	1194.7	672.0	1208.4	534.4	2.24	4.7	89.0	1342.7	4.2	319.7	4.89	1.1	10.261	15.54	70.01				
										2.34					528.80	2.25	4.1	73.9	1116.4	3.9	285.7	4.89	1.1	10.261	15.05	72.78				
SPESIFIKASI																							Min 4.3	Min 3.0 - 5.0	Min 800	Min 2-4	Min 350	Max 1.2	Min 15	Min 65



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

MARSHALL TEST

(AASHTO T. 245 - 97 (2003))

Pencetakan Aspal
Berkas Aspal
di Tes Dihal

Comparan
Test
Fillet
Tanggal Tes

: AC-VC
: Kadar Aspal Optimum
: Semu
: 25 Mei 2021

No	Agregat	Bi Bulk	Bi Semu
a	Batu Pecah 1-2	2,40	2,55
b	Batu Pecah 0,5-1	2,47	2,65
c	abu batu	2,48	2,66
d	Fillet	3,14	3,14

No.	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)	Kadar Aspal Efektif	Bi Bulk Gabungan	Bi Efektif Gabungan	Bi Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)			Volume Benda Uji	% Rongga Dalam Campuran (VVB)	Stabilitas (Kg)		Leas Permisian Agregat	Absorpsi Aspal Terdapat Berkas Total	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Terdapat (VFB)		
						Di Udas (In Air)	Dalam Air (In Water)	Kering Pamulaan (SSD)			Pembacaan & Angka Koreksi	Dibaca (Kalibrasi Atas)						Combined	100-A B 100-T D
a	b	c	d	A	B	C	E	F	G	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
I	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1186,10	660,30	1192,10	5,01	87	1296,3	3,20	405,1	4,93	1,07	10,22	15,52	67,71
II	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1175,00	658,70	1184,70	4,91	79	1171,1	2,90	405,3	4,93	1,07	10,22	15,43	68,18
III	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1175,50	658,00	1185,00	4,83	85	1266,5	2,90	436,7	4,93	1,07	10,22	15,41	68,28
Perendaman 30 Menit dengan Suhu 60°																			
					2,349		1179,7	659,0	1197,3	4,94	85,67	1246,6	3,00	415,3	4,93	1,07	10,22	15,43	68,05
I	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1183,30	660,70	1192,00	5,15	86	1332,7	2,50	533,1	4,63	1,07	10,22	15,54	67,70
II	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1181,40	660,40	1189,60	4,97	77	1193,2	3,40	503,3	4,83	1,07	10,22	15,48	67,90
III	26	56	1	4,75	2,43	2,36	1179,50	659,80	1188,10	4,96	84	1301,7	3,00	433,3	4,83	1,07	10,22	15,47	67,94
Perendaman 24 Jam dengan Suhu 60°																			
					2,349		1181,6	660,3	1189,9	5,03	82,3	1275,0	2,97	439,3	4,93	1,07	10,22	15,33	67,84
SPEKIFIKASI																			
											Mila 800	Mila 2-4	Mila 250			Mila 15	Mila 65		

Mengetahui
Kepala Laboratorium

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.



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

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)			Kadar Aspal		Kadar Aspal Elektrolit	Kadar Abu Cangkang	Bil. Buk. Gabungan	Bil. Elektrolit Gabungan	Bil. Maks. Campuran	Berat (gram) Di Dalam Ujana	Volume Benda Uji	Bil. Buk. Campuran (Kepadatan)	% Hingg. Dalam Campuran	Stabilitas (Kg) Pembacaan	Pelelehan (mm)	Marshali Quentient	Lus Permukaan	Absorsi Terhadap Berat	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tenisi (VFB)
	a	b	c	d	A																	
IC	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1182,3	531,80	2,22	5,4	30	2,9	480,31	4,89	1,04	10,28	15,89	66,25
IIC	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1178,4	531,70	2,22	5,7	88	2,2	536,00	4,89	1,04	10,28	16,15	64,38
IIIC	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1190,1	526,30	2,26	3,7	85	2,2	538,71	4,89	1,04	10,28	14,45	74,11
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																					
ID	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1185,7	535,20	2,22	5,7	85	2,9	436,72	4,89	1,04	10,28	16,19	64,82
ID	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1180,6	531,10	2,22	5,4	85	2,8	452,32	4,89	1,04	10,28	15,90	66,21
IID	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1188,3	524,80	2,27	3,6	90	2,2	603,55	4,89	1,04	10,28	14,30	75,06
	Perendaman 7 Hari 30 Menit Suhu 60°C																					
IA	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1185,3	530,37	2,235	4,9	86,67	2,6	499,53	4,89	1,04	10,28	15,46	68,70
IA	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1183,3	523,10	2,24	4,6	85	3	422,17	4,89	1,04	10,28	15,25	69,59
IIA	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1190,1	527,40	2,26	3,9	88	2,5	524,48	4,89	1,04	10,28	14,63	73,05
IIIA	17	26	56	1	4,82	5,8	60	2,49	2,56	2,35	1179,2	535,40	2,20	6,2	80	3,0	413,23	4,89	1,04	10,28	16,69	62,55
	Perendaman 14 Hari 30 Menit Suhu 60°C																					
IB	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1185,0	533,50	2,22	5,4	87	2,8	462,96	4,89	1,04	10,28	15,97	65,86
IIB	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1189,7	530,40	2,24	4,5	90	2,4	558,75	4,89	1,04	10,28	15,14	70,16
IIIB	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1188,0	530,50	2,24	4,7	97	2,2	656,95	4,89	1,04	10,28	15,28	63,42
	Perendaman 3 Hari 30 Menit Suhu 60°C																					
IC	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1188	531,47	2,236	4,9	91,33	2,8	453,29	4,89	1,04	10,28	15,46	68,49
IC	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1185,4	531,80	2,23	5,1	84	3	433,69	4,89	1,04	10,28	15,67	67,37
IIC	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1183,8	528,20	2,24	4,6	90	2,5	536,40	4,89	1,04	10,28	15,21	69,78
IIIC	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1190,8	532,50	2,24	4,8	95	2,5	566,20	4,89	1,04	10,28	15,42	68,70
	Perendaman 7 Hari 20 Menit Suhu 60°C																					
ID	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1187	530,97	2,235	4,8	89,67	2,7	512,16	4,89	1,04	10,28	15,43	68,62
ID	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1187,2	532,70	2,23	5,1	91	2,6	521,50	4,89	1,04	10,28	15,69	67,29
ID	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1185,9	532,80	2,23	5,3	85	3,2	411,61	4,89	1,04	10,28	15,90	66,75
IID	17	26	56	1	4,82	5,8	80	2,49	2,56	2,35	1190,0	529,40	2,25	4,3	86	3,0	444,22	4,89	1,04	10,28	14,36	71,16
	Perendaman 14 Hari 20 Menit Suhu 60°C																					
	SPESIFIKASI															Maks. 4	Min 800	Min 3.0 - 5.0	Min 15	Min 65		

Mengetahui
Kelapa Laboratorium

IR. H. ABD. RAHIM NURDIN, M.T.

**TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPASAWIT
PERENDAMAN 3 HARI**

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit				Spesifikasi 2018
		5.8%	20%	40%	60%	80%	
1	kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1347.71	1342.68	1341.00	1360.87	Min. 800
3	Flow	3.00	2.47	2.67	2.43	2.47	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.78	4.82	4.92	4.88	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.38	15.41	15.50	15.46	Min. 15
6	VFB	68.05	69.02	68.75	68.45	68.49	Min. 65
7	MQ	415.90	554.80	507.07	558.54	559.56	Min. 250

**TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT
PERENDAMAN 7 HARI**

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit				Spesifikasi 2018
		5.8%	20%	40%	60%	80%	
1	kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	2.24	-
2	Stabilitas	1246.63	1312.50	1317.53	1291.33	1352.72	Min. 800
3	Flow	3.00	2.57	2.83	2.63	2.67	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.83	4.85	4.88	4.85	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.42	15.43	15.46	15.43	Min. 15
6	VFB	68.05	68.75	68.73	68.70	68.62	Min. 65
7	MQ	415.90	514.74	466.36	499.53	512.16	Min. 250

**TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT
PERENDAMAN 14 HARI**

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Kadar Filler Abu Cangkang K.Sawit				Spesifikasi 2018
		5.8%	20%	40%	60%	80%	
1	kepadatan	2.23	2.23	2.23	2.23	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1287.36	1311.00	1272.46	1335.24	Min. 800
3	Flow	3.00	2.80	2.93	2.83	2.93	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.88	4.88	4.94	4.90	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.46	15.47	15.52	15.48	Min. 15
6	VFB	68.05	68.49	68.53	68.40	68.40	Min. 65
7	MQ	415.90	467.51	450.23	453.29	459.11	Min. 250

**TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 20%**

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Abu Cangkang K. Sawit			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1347.71	1312.50	1287.36	Min. 800
3	Flow	3.00	2.47	2.57	2.80	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.78	4.83	4.88	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.38	15.42	15.46	Min. 15
6	VFB	68.05	69.02	68.75	68.49	Min. 65
7	MQ	415.90	554.80	514.74	467.51	Min. 250

TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 40%

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Abu Cangkang K. Sawit			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	kepadatan	2.23	2.24	2.24	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1342.68	1317.53	1311.00	Min. 800
3	Flow	3.00	2.67	2.83	2.93	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.82	4.85	4.88	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.41	15.43	15.47	Min. 15
6	VFB	68.05	68.75	68.73	68.53	Min. 65
7	MQ	415.90	507.07	466.36	450.23	Min. 250

TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 60%

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Abu Cangkang K. Sawit			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	kepadatan	2.23	2.23	2.23	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1341.00	1291.33	1272.46	Min. 800
3	Flow	3.00	2.43	2.63	2.83	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.92	4.88	4.94	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.50	15.46	15.52	Min. 15
6	VFB	68.05	68.45	68.70	68.40	Min. 65
7	MQ	415.90	558.54	499.53	453.29	Min. 250

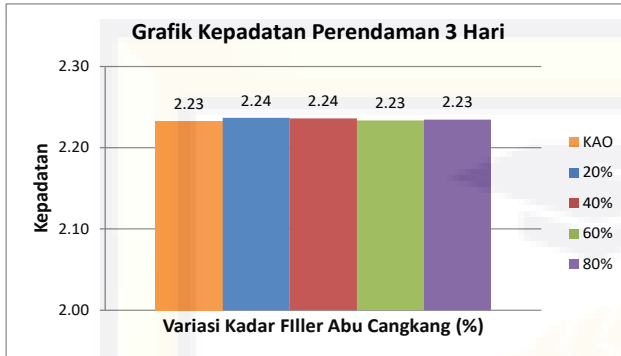
TABEL PERBANDINGAN ANTARA NILAI KAO DENGAN VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 20%

NO	PEMERIKSAAN	KAO	Abu Cangkang K. Sawit			Spesifikasi 2018
		5.8%	3 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	kepadatan	2.23	2.23	2.24	2.23	-
2	Stabilitas	1246.63	1360.87	1352.72	1335.24	Min. 800
3	Flow	3.00	2.47	2.67	2.93	Min. 2-4
4	VIM	4.94	4.88	4.85	4.90	Min. 3-5
5	VMA	15.45	15.46	15.43	15.48	Min. 15
6	VFB	68.05	68.49	68.62	68.40	Min. 65
7	MQ	415.90	559.56	512.16	459.11	Min. 250

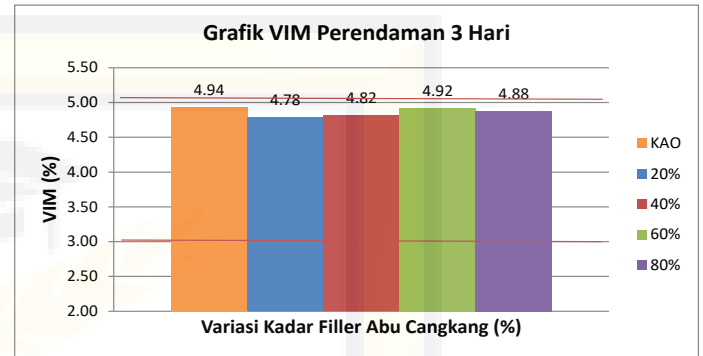


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PERENDAMAN 3 HARI

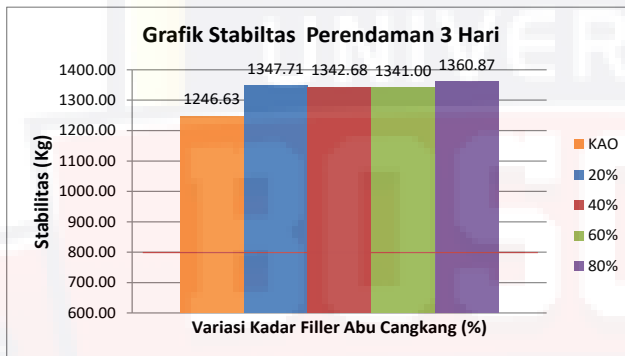
KEPADATAN



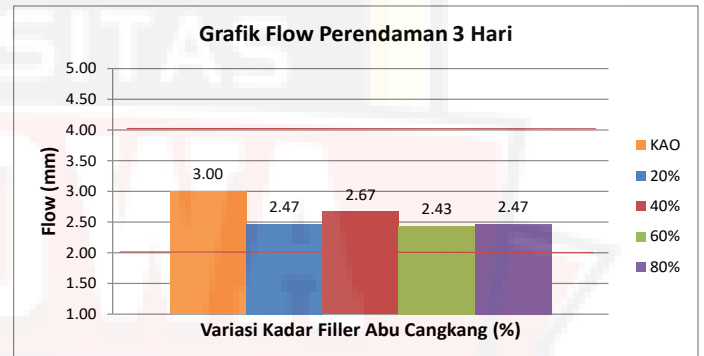
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



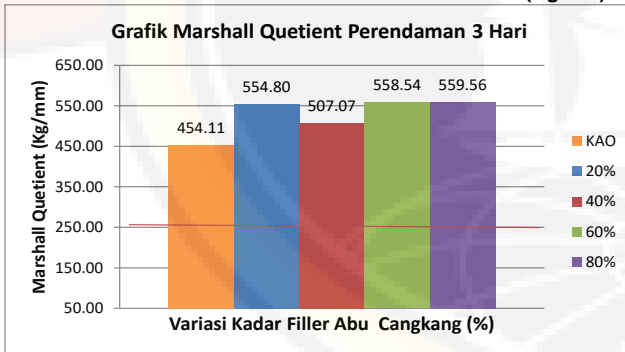
STABILITAS Minimum 800 (KG)



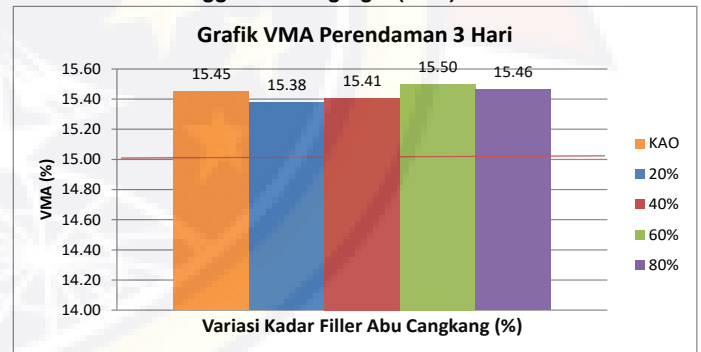
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



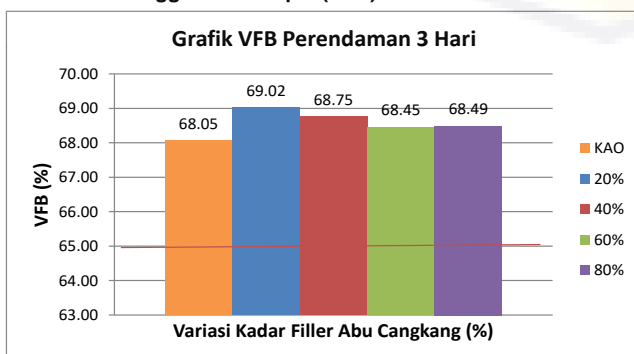
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



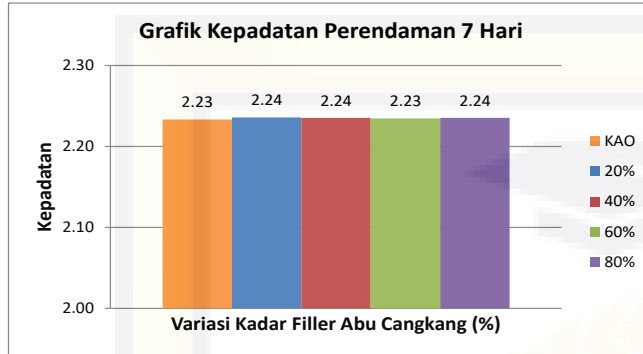
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



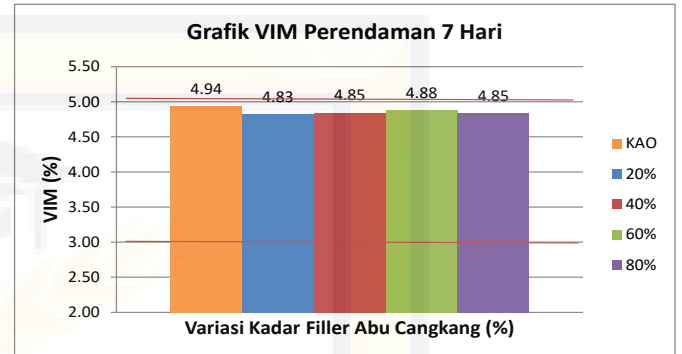


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PERENDAMAN 7 HARI

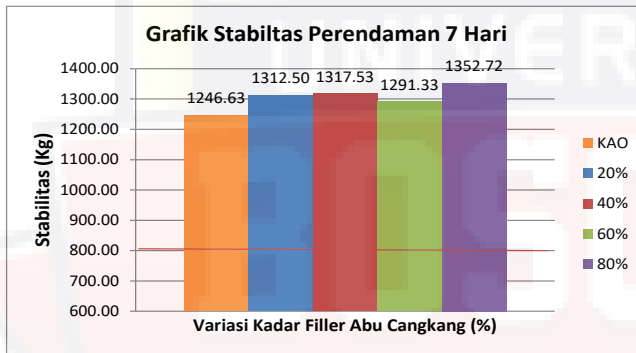
KEPADATAN



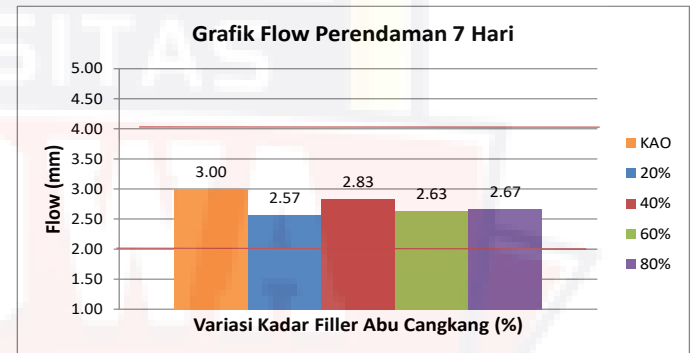
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



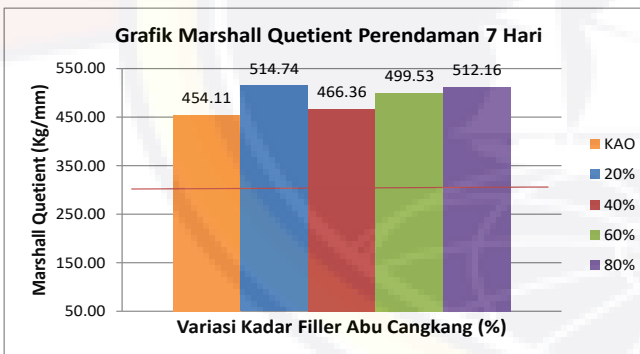
STABILITAS Minimum 800 (KG)



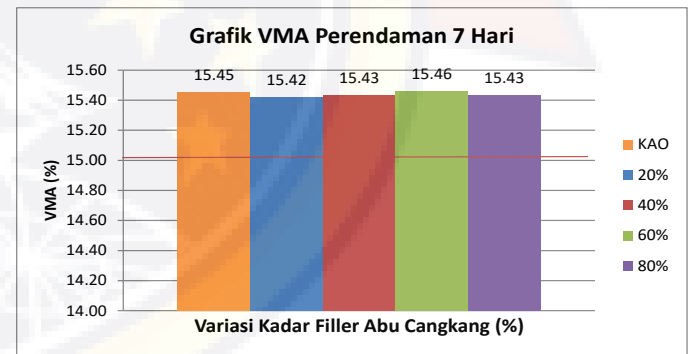
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



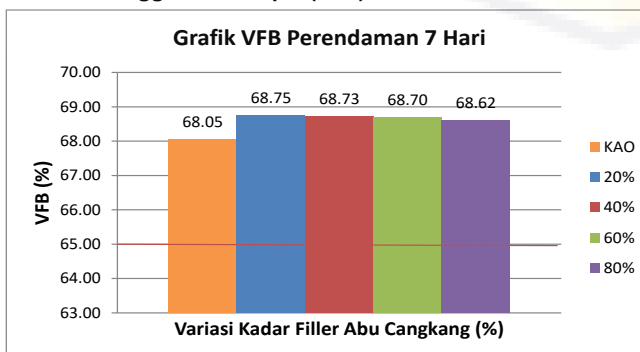
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



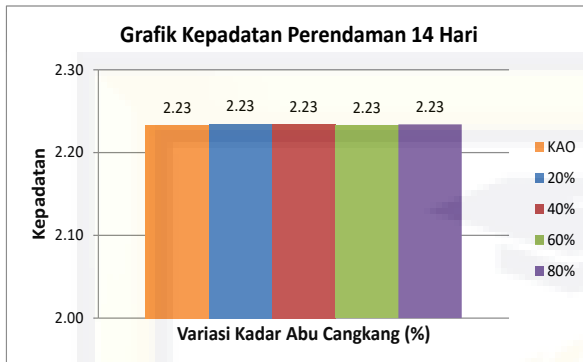
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



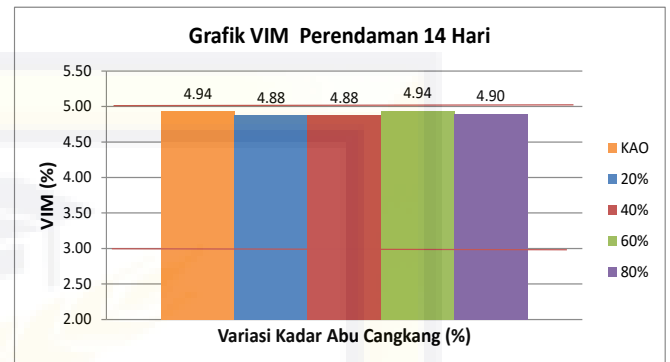


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT PADA PERENDAMAN 14 HARI

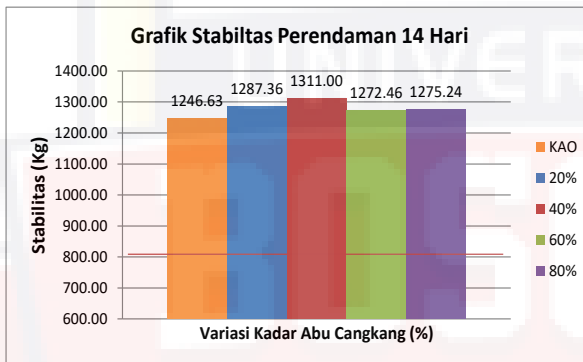
KEPADATAN



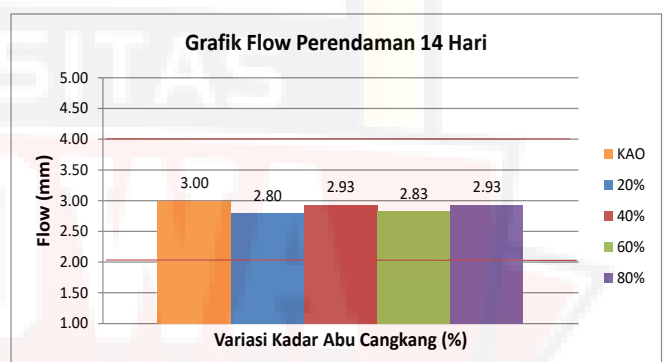
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



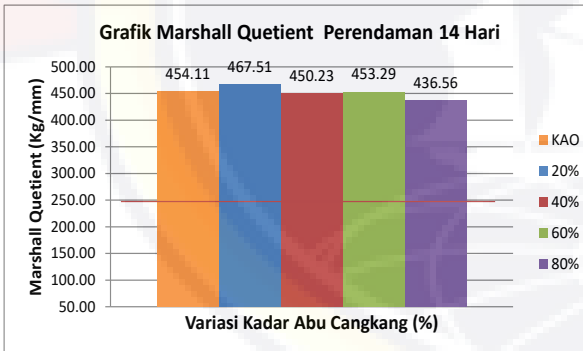
STABILITAS Minimum 800 (KG)



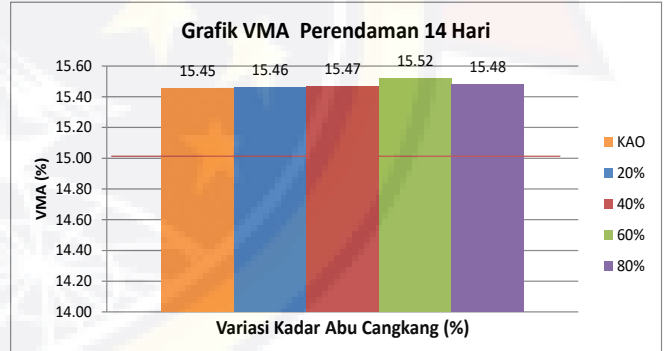
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



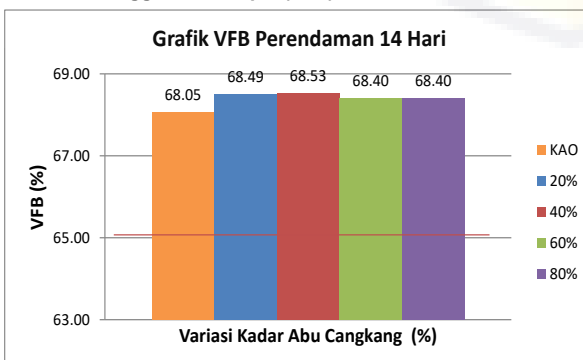
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



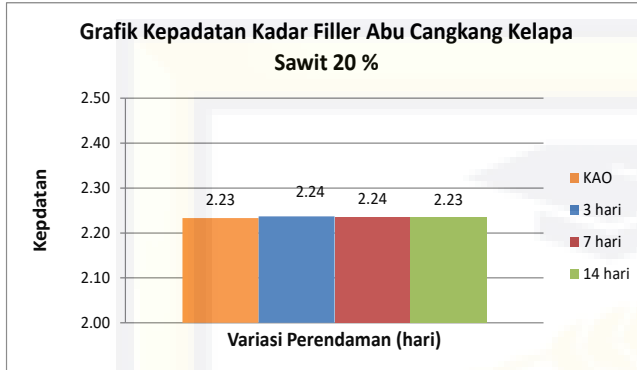
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



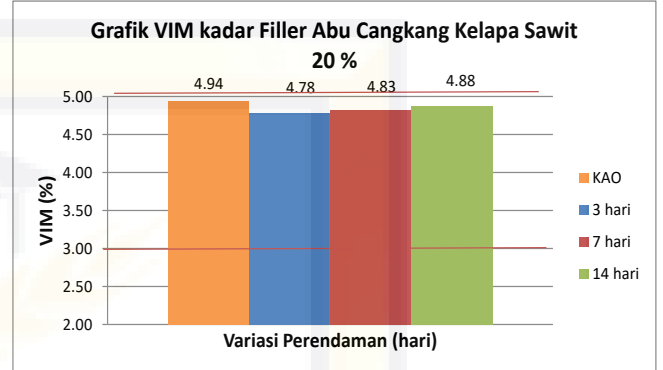


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 20% PADA PERENDAMAN BERULANG

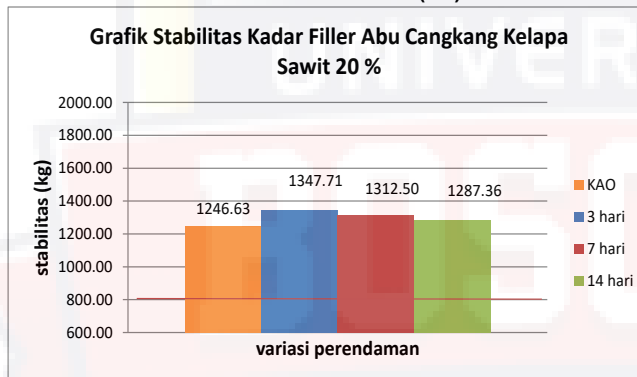
KEPADATAN



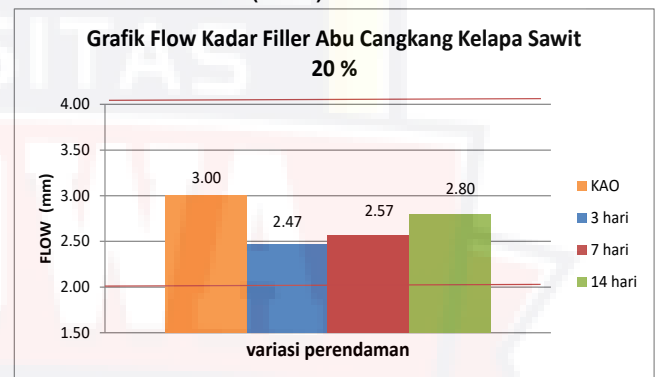
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



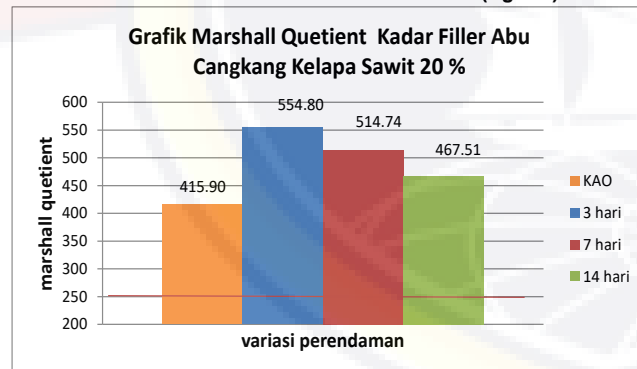
STABILITAS Minimum 800 (KG)



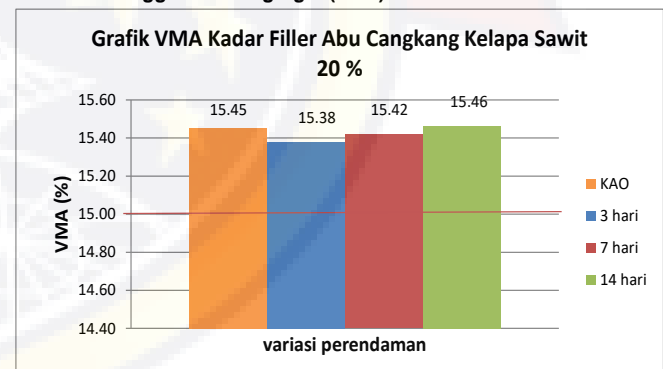
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



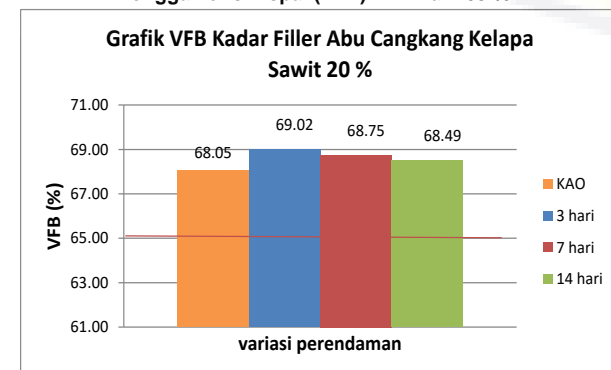
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



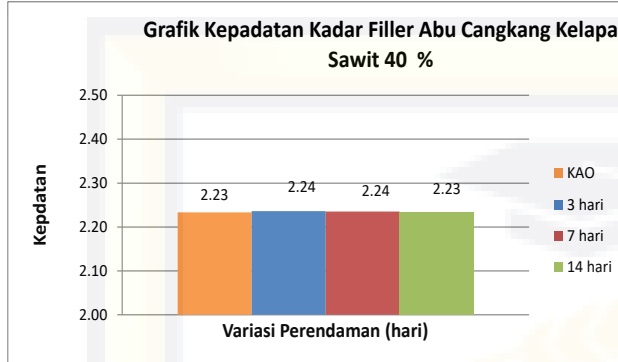
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



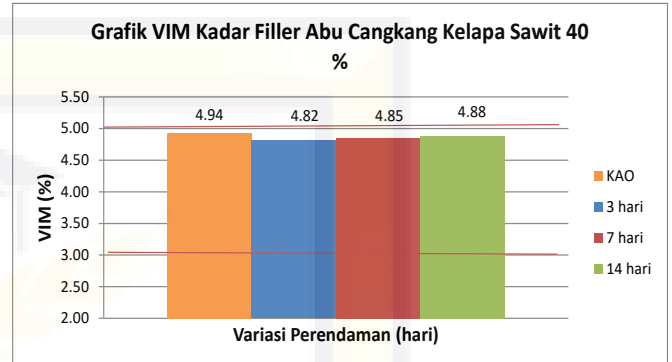


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 40% PADA PERENDAMAN BERULANG

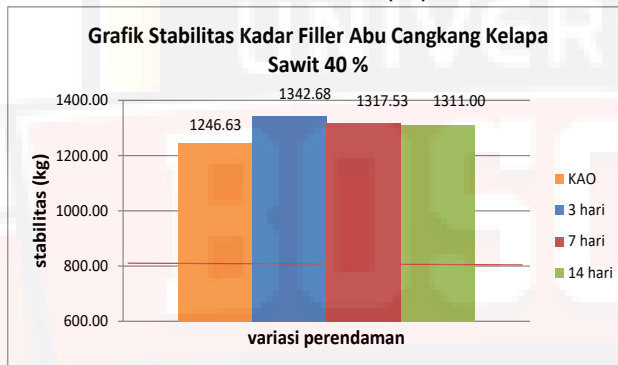
KEPADATAN



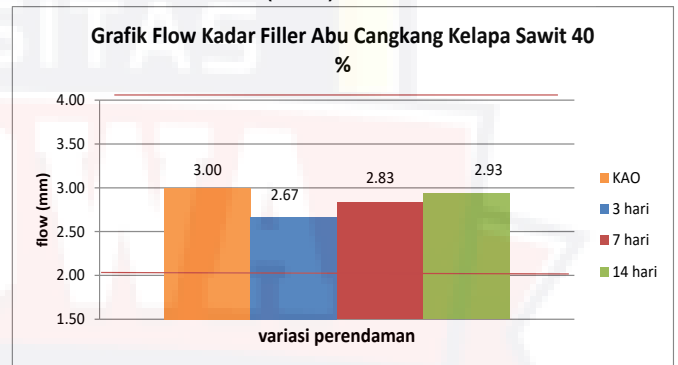
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



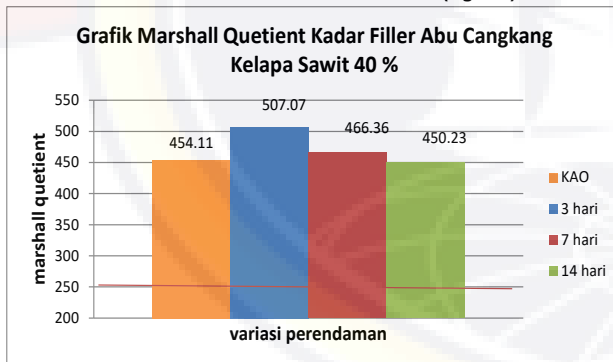
STABILITAS Minimum 800 (KG)



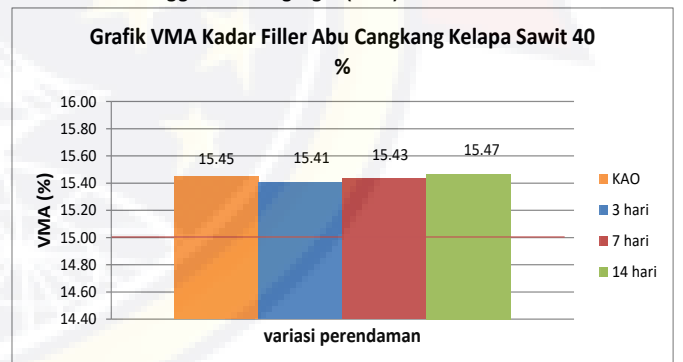
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



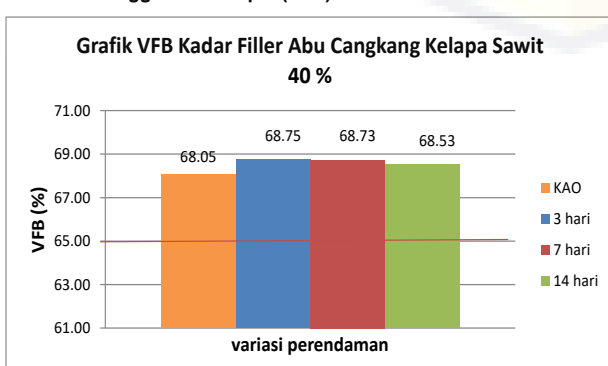
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



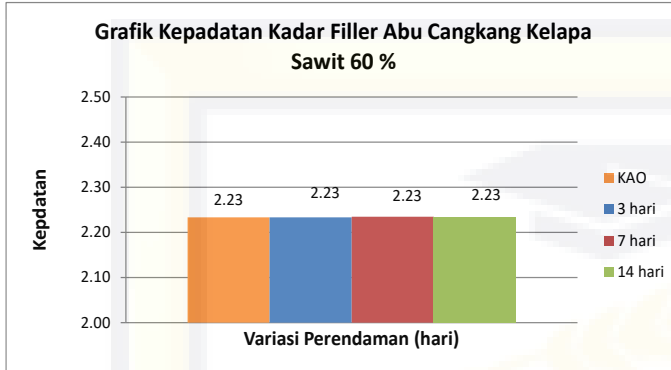
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



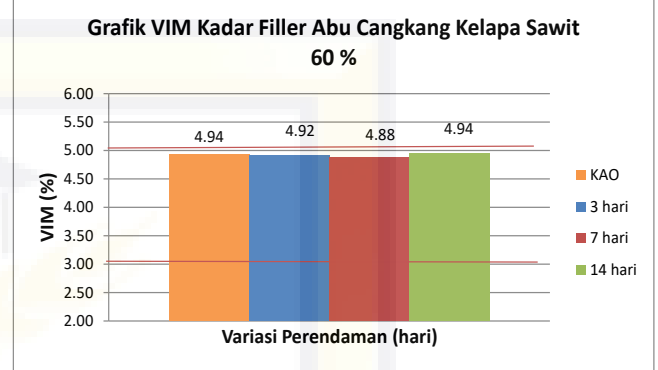


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 60% PADA PERENDAMAN BERULANG

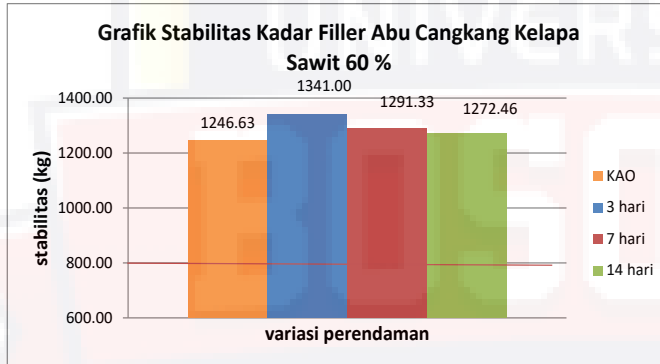
KEPADATAN



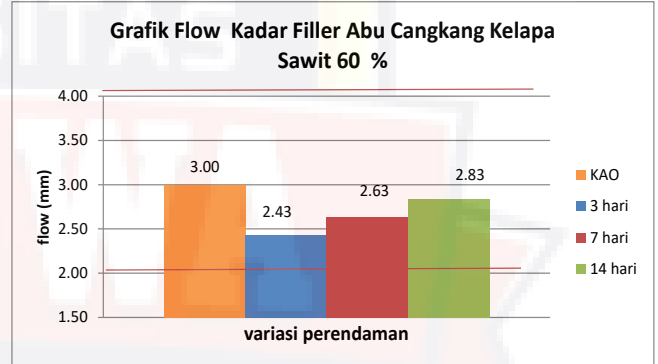
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



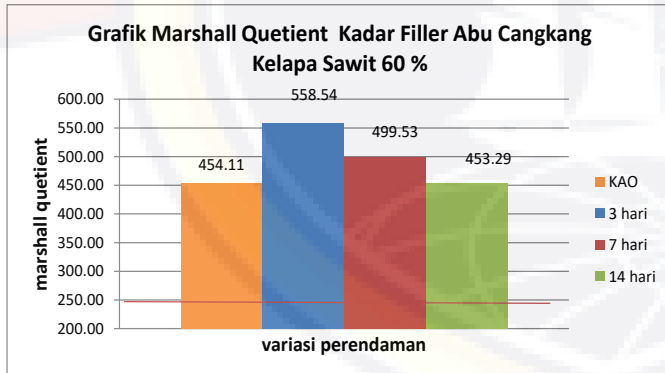
STABILITAS Minimum 800 (KG)



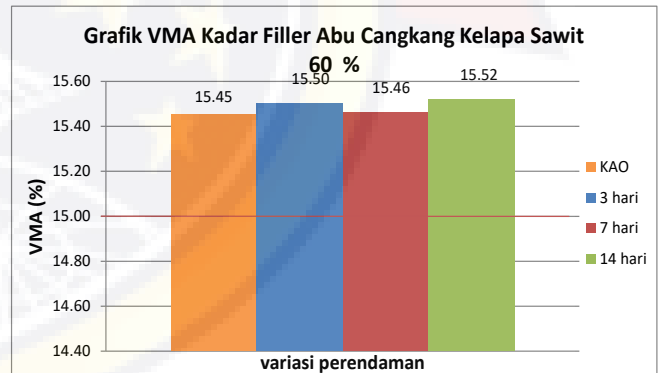
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



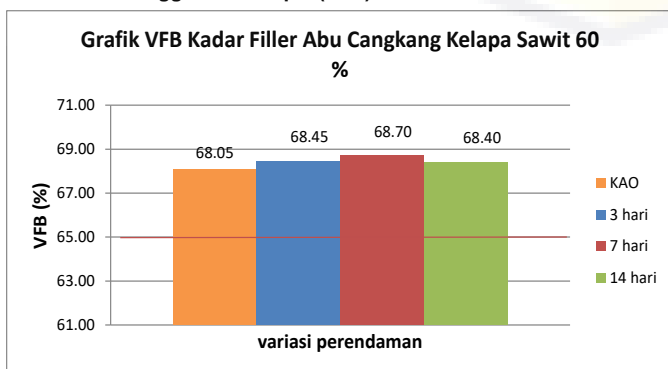
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



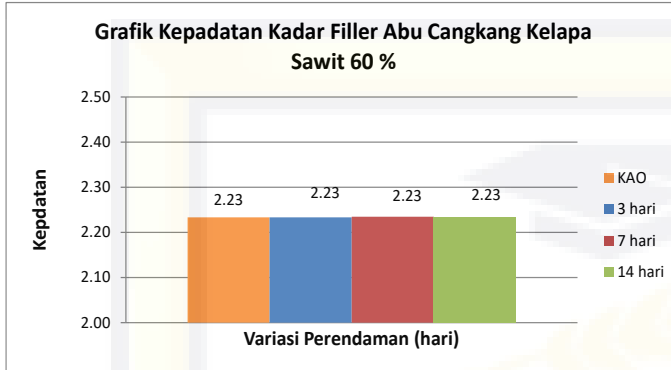
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



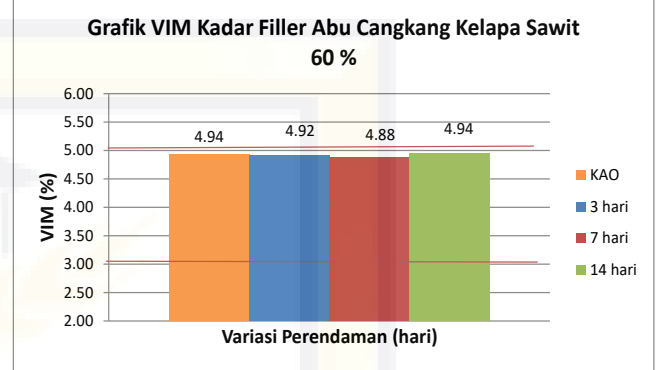


GRAFIK HASIL UJI MARSHALL DENGAN VARIASI ABU CANGKANG KELAPA SAWIT KADAR 80% PADA PERENDAMAN BERULANG

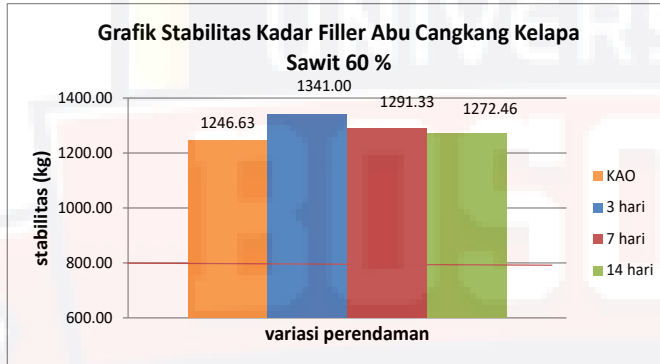
KEPADATAN



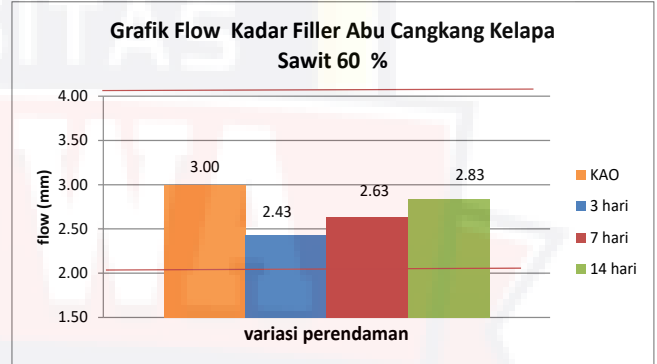
Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3.0 % - 5.0 %



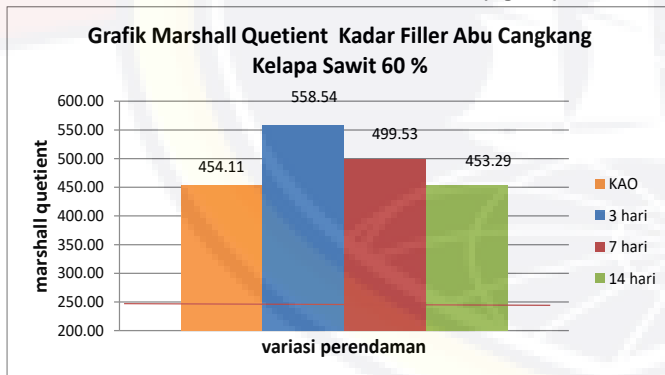
STABILITAS Minimum 800 (KG)



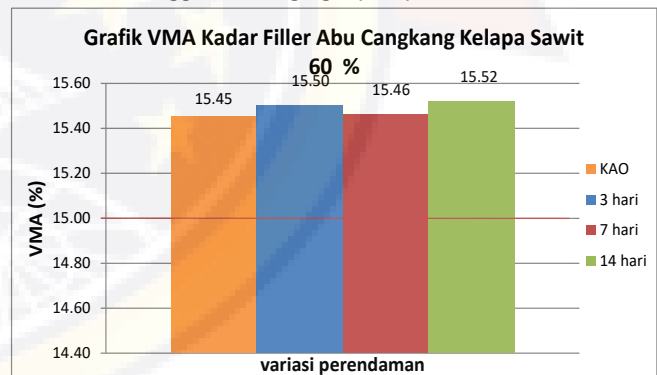
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



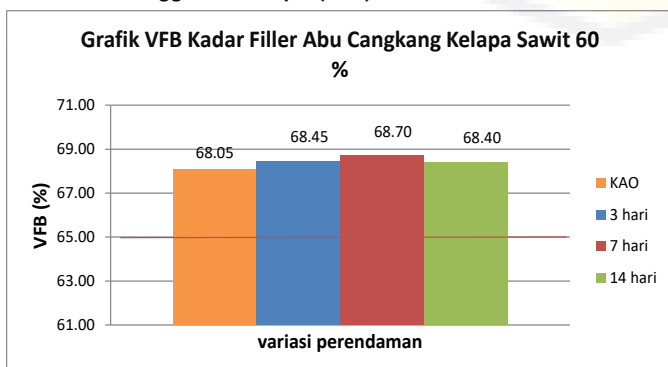
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



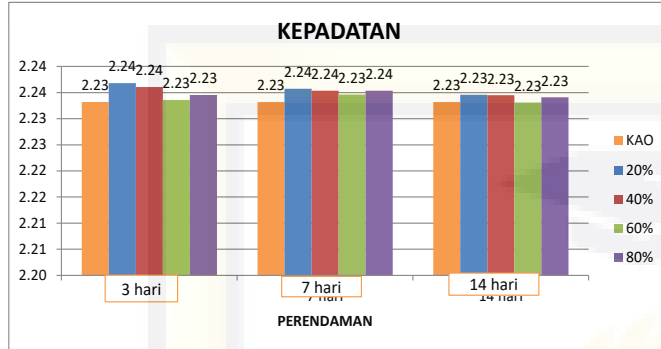
Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



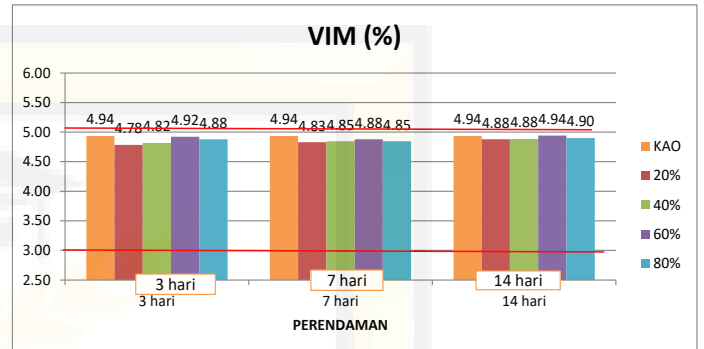


GRAFIK GABUNGAN HASIL UJI MARSHALL VARIASI FILLER ABU CANGKANG KELAPA SAWIT DENGAN PERENDAMAN BERULANG

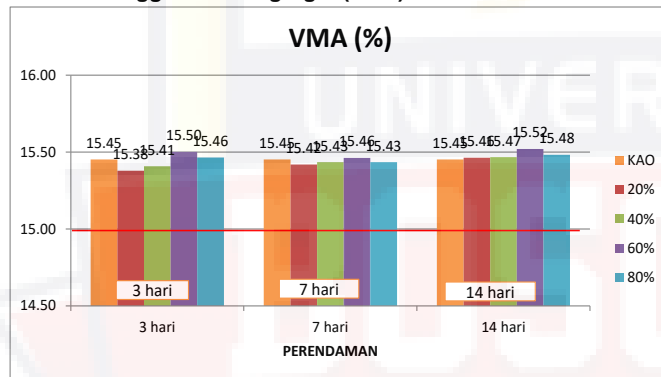
KEPADATAN



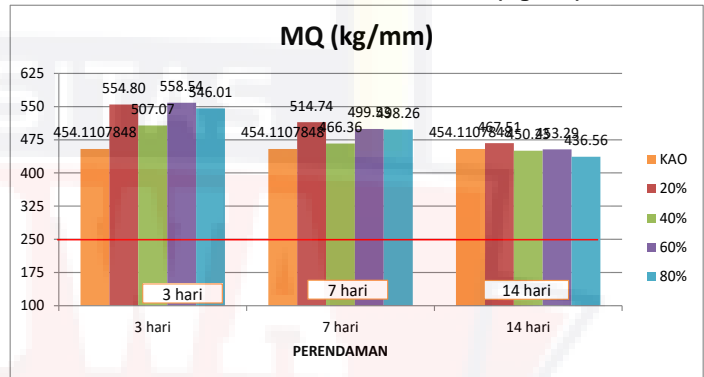
Rongga Dalam Campuran Minimum 3.0 % - 5.0 %



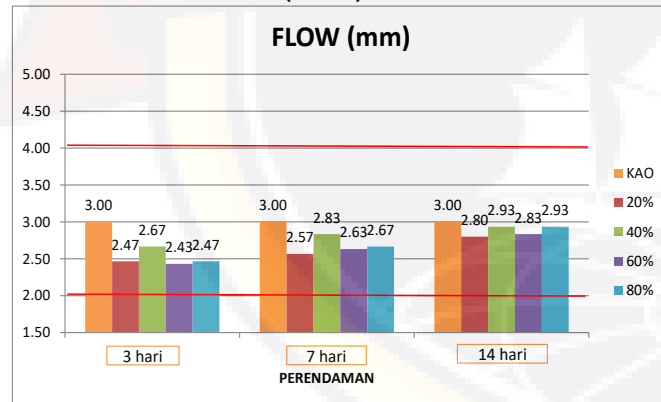
Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 %



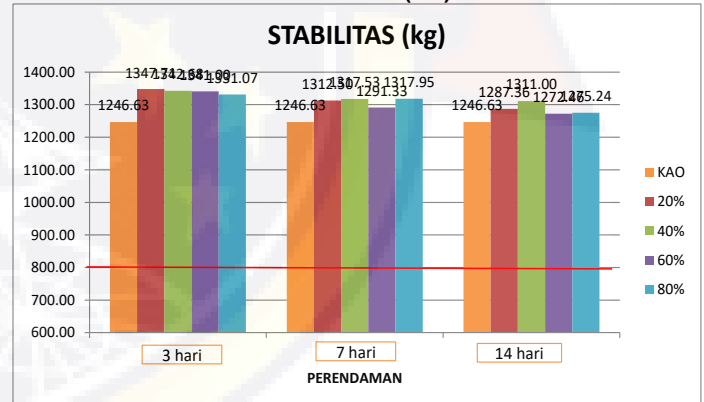
MARSHALL QUOTIENT Minimum 250 (Kg/MM)



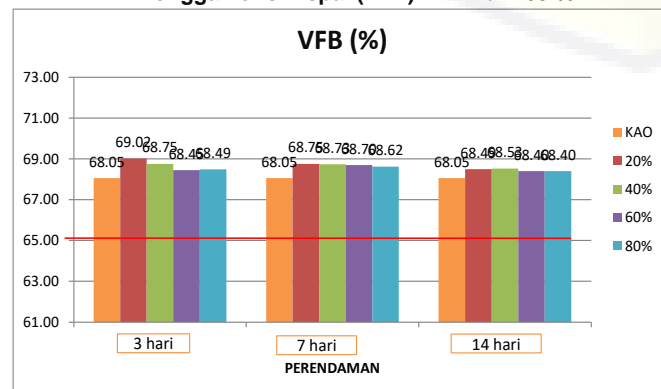
PELELEHAN (FLOW) Minimum 2.0-4.0 %



STABILITAS Minimum 800 (KG)



Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 %



DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Penimbangan Agregat



Proses Pengujian Berat Jenis Aspal

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pengujian Berat Jenis Halus



Proses Pengujian Berat Jenis Kasar

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pengujian Kadar Lumpur



Proses Penimbangan Analisa Saringan

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Penimbangan Abu Cangkang Kelapa Sawit



Proses Penimbangan Kadar Aspal Cair

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pencampuran Aspal Cair dan Agregat



Proses Pembuatan Sampel

DOKUMENTASI PENELITIAN



Sampel Variasi



Proses Penimbangan Sampel

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Perendaman Berulang Sampel Variasi



Proses Penimbangan Sampel Dalam Air

DOKUMENTASI PENELITIAN



Proses Pengukuran Suhu Waterbarth



Pengujian Marshall Test