

**“TUGAS AKHIR”**

**PENGGUNAAN *FLY ASH* COKLAT SEBAGAI PENGGANTI**

***FILLER* PADA LAPISAN ASPAL AC-WC**



**Disusun Oleh :**

**SULFACHRI AGUSYAMDHI M  
45 10 041 049**

**JURUSAN SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**2017**

**"TUGAS AKHIR"**

**PENGGUNAAN *FLY ASH* COKLAT SEBAGAI PENGGANTI  
*FILLER* PADA LAPISAN ASPAL AC-WC**

**Diajukan untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana S-1  
Jurusan Teknik Sipil**



**Disusun Oleh :**

**SULFACHRI AGUSYAMDHI M**

**45 10 041 049**

**JURUSAN SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

**2017**



UNIVERSITAS  
BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km.4  
Telp.( 0411 ) 452901 – 452789 Fax. 452949  
MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

**LEMBAR PENGESAHAN SEMINAR HASIL  
TUGAS AKHIR**

Judul : **“Penggunaan *Fly Ash* Coklat Sebagai Pengganti *Filler* pada Lapisan  
Aspal AC - WC “**

Disusun dan diajukan oleh :

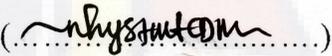
N a m a : **SULFACHRI AGUSYAMDHI M**

No.Stambuk : **45 10 041 049**

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 : **Nur Hadijah Yunianti, ST. MT** (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

  
**Dr. Hanisha, ST., M.Si**  
NIDN.09-2406-7601

Ketua Program Studi / Jurusan Sipil

  
**Savitri Prasandi, M.ST.MT**  
NIDN. 09-050873-04



**LEMBAR PENGESAHAN**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar (nomor SK ujian meja No. 382 / SK / FT / UNIBOS / IX / 2017, tanggal SK keluar Tanggal 26 September 2017, perihal Pengangkatan Panitia dan tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :P

Hari / Taggal : Kamis / 05 Oktober 2017 tgl ujian

Nama : Sulfachri Agusyamdhi M

Nomor Stambuk : 45 10 041 049

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir: **“PENGUNAAN FLY ASH COKLAT SEBAGAI PENGGANTI FILLER PADA LAPISAN ASPAL AC - WC“**

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

**TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

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

Sekretaris/ Ex Officio : **Nur hadijah Yunianti, ST, MT** (.....)

Anggota : **Ir. A. Rumpang Yusuf, MT** (.....)

: **Ir. H. Syahrul Sariman, MT** (.....)

Makassar,

2017

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Univ. Bosowa Makassar



**(Dr. H. H. H. H., ST, M,si)**

NIDN : 09 240676 01

Ketua Jurusan Sipil  
Univ. Bosowa Makassar



**(Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT)**

NIDN : 09 050873 04

## KATA PENGANTAR



**Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatu**

Salam sejahtera

Segala puji bagi ALLAH, Tuhan yang rahmat-Nya selalu tercurahkan kepada setiap Hamba-nya, dengan kasih dan sayang-Nya, telah memperkenankan Penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini walaupun dalam bentuk sederhana yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna menyelesaikan studi pada jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Dalam tulisan ini penulis menyajikan pokok bahasan menyangkut masalah dibidang transportasi, dengan judul :

**“PENGARUH FLY ASH COKLAT SEBAGAI PENGGANTI FILLER  
PADA LAPIS ASPAL AC-WC”**

Terwujudnya tugas ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dan pada kesempatan ini penulis menghanturkan ucapan rasa terima kasih atas segala petunjuk dan bimbingan dari :

1. Bapak Prof. Dr. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng, Selaku Rektor Universitas Bosowa Makassar
2. Ibu Dr. Hamsina,ST.,MSi.,selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

3. Ibu Savitri Prasandi Mulyani, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
4. Bapak Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT.,selaku dosen pembimbing I, atas bimbingan dan arahnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Nur Hadijah Yuniarti, ST., MT.,selaku dosen pembimbing II, atas bimbingannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT, selaku Kepala Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
7. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT yang telah memberikan dorongan moril dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Bapak Muh. Hamdan, ST., Selaku Asisten Laboratorium yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan penelitian ini.
9. Seluruh Staf Dosen Jurusan sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
10. Seluruh Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS) Dan Forum Komunikasi Mahasiswa Teknik Sipil Indonesia (FKMTSI), yang memberikan motivasi yang tiada henti serta bantuan fasilitas dalam penyelesaian tugas akhir ini.
11. Kedua orang tua, saudara serta segenap keluarga besar secara khusus penulis ucapkan terima kasih atas do'a dan dukungannya baik materi maupun moril, sehingga dapat menyelesaikan studi pada Universitas Bosowa Makassar.

12. Saudara-saudari seperjuangan Mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya untuk **SIPIIL 010**, **TEKNIK 010**, rekan-rekan seperjuangan di laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa Makassar (Kakanda Ikram Umar, Kakanda Fajar Nugraha, Saudara Akmal Irsanto).

Akhir Kata, sebagai manusia biasa, menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna karena kesempurnaan hanya milik ALLAH semata, olehnya itu mengharapakan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak, demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan sumbangsi pemikiran yang positif bagi pembaca. Amin

Makassar, September 2017

Penulis

***PENGGUNAAN FLY ASH COKLAT SEBAGAI PENGGANTI  
FILLER PADA LAPISAN ASPAL AC-WC***

Oleh :

SULFACHRI AGUSYAMDHI M

Email : [sulfachriagusyamdhim@gmail.com](mailto:sulfachriagusyamdhim@gmail.com)

***DEPARTMENT OF CIVIL FAKULTY OF ENGINEERING  
UNIVERSITY BOSOWA MAKASSAR***

***Counselor :***

Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT

Email : [rahimnurdiin@yahoo.co.id](mailto:rahimnurdiin@yahoo.co.id)

Nur Hadijah Yunianti, ST. MT

Email : [nurhadijahyunianti@gmail.com](mailto:nurhadijahyunianti@gmail.com)

**ABSTRACT**

In this case I chose brown fly ash waste instead of filler. In this research, the examination method of material characteristics includes examination of coarse aggregate, fine agregt, asphalt and cement filler test and fly ash brown filler. The design of briquette making is done two stages, that is making normal briquettes without fly ash chocolate and briquette making by replacing filler with 100% fly ash chocolate. The result of this research shows that KAO value of AC-WC mixture with rock ash filler is 6,5%. For characteristic result of AC-WC mixture with fly ash brown filler got density value, VFB, stability and marshall coefficient decreased, while for VIM and VMA value increased. The residual marshall stability value of AC-WC mixture with brown filler fly ash variation decreased by 2.8% from the residual marshal stability value in AC-WC mixture with cement filler.

***Keywords:*** AC-WC; Marshall Test; Filler Fly Ash Chocolate; Marshall Time

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengajuan .....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Abstrak .....	vii
Daftar isi .....	viii
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Notasi .....	xviii
Daftar Lampiran .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>I-1</b>
1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan.....	I-3
1.3. Metode Penelitian .....	I-4
1.4. Batasan Masalah .....	I-5
1.5. Sistematika Penulisan .....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>II-1</b>
2.1. Tinjauan Umum Perkerasan Jalan Raya.....	II-1
2.2. Pembebanan Pada Perkerasan Jalan.....	II-5
2.3. Beton Aspal .....	II-7
2.3.1. Pengertian Beton Aspal .....	II-7

2.3.2. Jenis Beton Aspal .....	II-9
2.3.3. Karakteristik Campuran Beton Aspal .....	II-11
2.3.4. Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal	
Yang Telah Dipadatkan .....	II-14
2.4. Material Beton Aspal .....	II-17
2.4.1. Agregat .....	II-17
2.4.2. Aspal .....	II-30
2.5. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan .....	II-31
2.6. Spesifikasi Aspal Untuk Perkerasan Jalan .....	II-33
2.7. Sifat-Sifat Aspal .....	II-34
2.7.1. Sifat Kimia Aspal .....	II-34
2.7.2. Sifat Fisik Aspal .....	II-36
2.8. Tes Standar Bahan Aspal.....	II-38
2.9. Metode Rancangan Campuran Beton Aspal .....	II-41
2.10. Pengujian Marshall .....	II-43
2.11. Karakteristik Marshall.....	II-44
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Bagan Alur 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 Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Kasar .....	III-5
3.5.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Halus .....	III-7
3.6. Pemeriksaan Aspal .....	III-9
3.6.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal .....	III-9
3.6.2. Pemerisaan Titik Nyala dan Titik Bakar .....	III-11
3.6.3. Pemerisaan Titik Lembek Aspal .....	III-13
3.6.4. Pemerisaan Daktilitas .....	III-14
3.6.5. Pemerisaan Penetrasi Aspal .....	III-16
3.6.6. Pemerisaan Viskositas .....	III-18
3.7. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji .....	III-19
3.7.1. Penentuan Jumlah Benda Uji .....	III-19
3.7.2. Rancangan Agregat Gabungan .....	III-19
3.7.3. Pembuatan Benda Uji I Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	III-21
3.8. Pengujian Benda Uji I Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	III-22
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1. Penyajian Data .....	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat .....	IV-1

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak .	IV-4
4.2. Analisa Rancangan Campuran.....	IV-4
4.2.1. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan .....	IV-4
4.3. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan KAO.....	IV-7
4.3.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)	IV-7
4.3.2. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran .....	IV-7
4.3.3. Data Uji Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-8
4.3.3. Grafik Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO .....	IV-10
4.4. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Dalam Campuran Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum .....	IV-13
4.5. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum .....	IV-14
4.6. Analisa Pembahasan Hasil Pengujian Perencanaan Campuran AC-WC Standar Dan AC-WC Menggunakan <i>Filler Fly Ash Coklat</i> .....	IV-16
4.7. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS .....	IV-22
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>V-1</b>
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-3

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN – LAMPIRAN**

**DOKUMENTASI**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar .....	II-22
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus .....	II-23
Tabel 2.3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal.....	II-29
Tabel 2.4 Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras .....	II-33
Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) .....	II-42
Tabel 3.1 Perhitungan Benda Uji .....	III-19
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27) .....	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2) .....	IV-2
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu .....	IV-3
Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70 .....	IV-4
Tabel 4.5 Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC .....	IV-5
Tabel 4.6 Gradasi Penggabungan Agregat .....	IV-6
Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	

Agregat ..... IV-8

Tabel 4.8 Rumus Komposisi Untuk Campuran AC-WC Standar . IV-14

Tabel 4.9 Hasil Uji Marshall KAO Aspal Standar dan Aspal Standar

Menggunakan Bahan Pengisi *Filler Fly Ash* Coklat

Dengan Perendaman Selama 30 Menit Pada Suhu

60 °C ..... IV-15

Tabel 4.9 Hasil Uji Marshall KAO Aspal Standar dan Aspal Standar

Menggunakan Bahan Pengisi *Filler Fly Ash* Coklat

Dengan Perendaman Selama 24 Jam Pada Suhu

60 °C ..... IV-15

Tabel 4.14 Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS Beton

Aspal AC-WC Standar dan Beton Aspal Menggunakan

*Filler Fly Ash* Coklat ..... IV-23

## 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	Sistematika Berbagai Jenis Volume Beton Aspal ....	II-16
Gambar 2.8	Pengertian Tentang, VIM, Selimut Aspal, Aspal Yang Terabsorpsi .....	II-17
Gambar 2.9	Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM .....	II-17
Gambar 2.10	<i>Fly Ash</i> Coklat .....	II-26
Gambar 2.11	Ilustrasi Gradasi Agregat .....	II-28
Gambar 2.12	Grafik Gradasi Gabungan AC-WC .....	II-29
Gambar 2.13	Skema Terjadinya Aspal .....	II-30
Gambar 2.14	Proses Destilasi Minyak Bumi .....	II-31

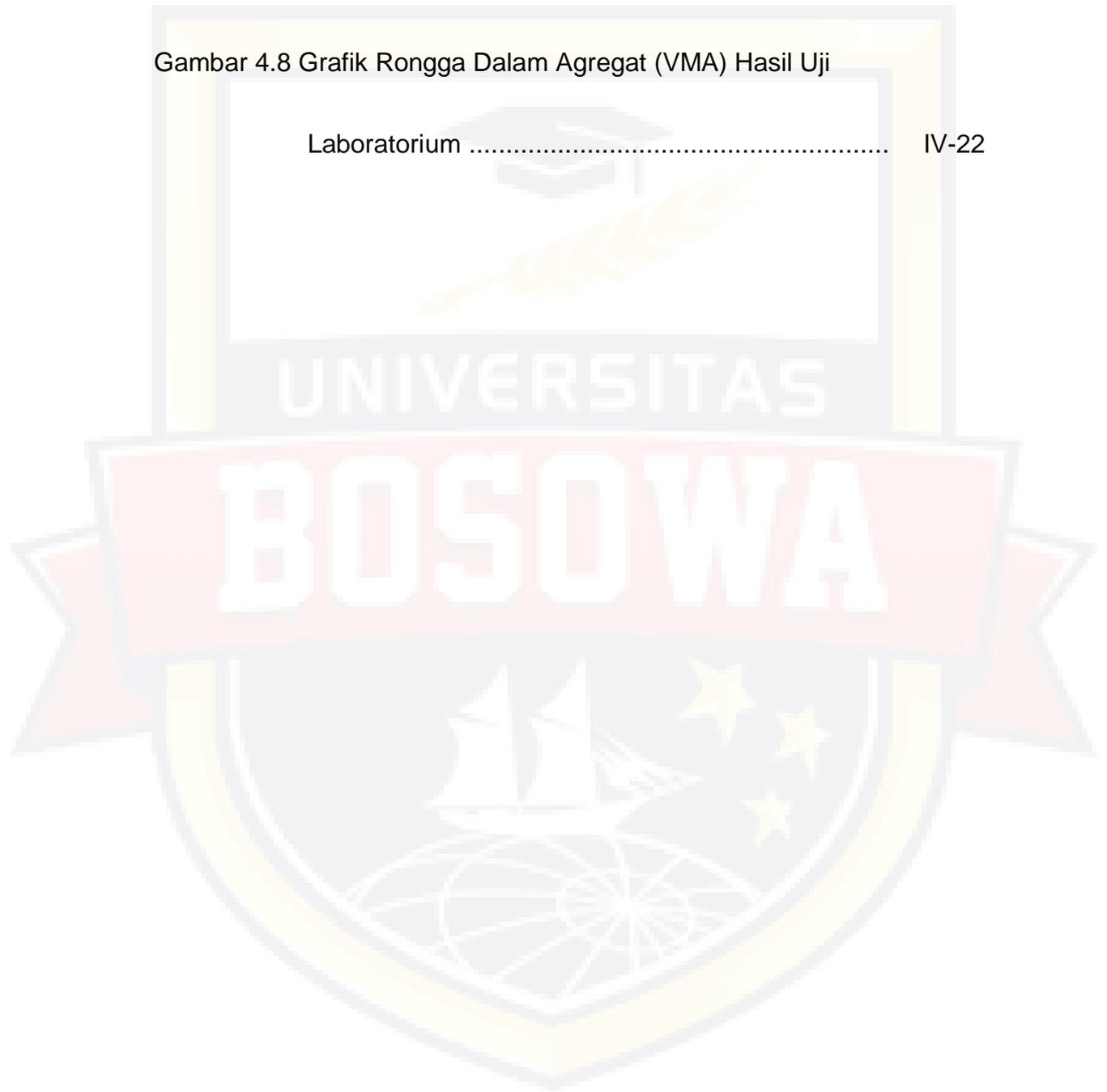
Gambar 2.15 Kandungan kimia dari aspal .....	II-36
Gambar 2.16 Alat Uji Marshall .....	II-44
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian .....	III-2
Gambar 3.2 Satu Set Sarinagn .....	III-4
Gambar 3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar .....	III-6
Gambar 3.4 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus .....	III-9
Gambar 3.5 Pengujian Berat Jenis Aspal.....	III-11
Gambar 3.6 Pengujian Daktalitas .....	III-15
Gambar 3.7 Pengujian Penetrasi .....	III-17
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC.....	IV-6
Gambar 4.2 Grafik Kepadatan Hasil Uji Laboratorium .....	IV-16
Gambar 4.3 Grafik Stabilitas Hasil Uji Laboratorium .....	IV-17
Gambar 4.4 Grafik Pelelehan (Flow) Hasil Uji Laboratorium .....	IV-18
Gambar 4.5 Grafik Rongga Dalam Campuran (VIM) Hasil Uji Laboratorium .....	IV-19
Gambar 4.6 Grafik Marshall Quetien Hasil Uji Laboratorium .....	IV-20

Gambar 4.7 Grafik Rongga Terisi Aspal (FVB) Hasil Uji

Laboratorium ..... IV-21

Gambar 4.8 Grafik Rongga Dalam Agregat (VMA) Hasil Uji

Laboratorium ..... IV-22



## DAFTAR NOTASI

AMP	= Asphalt Mixing Plant
$\gamma_{dmax}$	= Kepadatan Maksimum
$W_{opt}$	= Kadar Air Optimum
LGA	= Lawele Granular Asphalt
LPA	= Lapis Pondasi Atas
LPB	= Lapis Pondasi Bawah
LTD	= Lapis Tanah Dasar
AASHTO	= <i>American Association Of State Highway and Transportation Officials</i>
AC	= <i>Asphalt Concrete</i>
AC – BC	= <i>Asphalt Concrete Bearing Course</i>
AC – Base	= <i>Asphalt Concrete Base</i>
AC - WC	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
ASBUTON	= <i>Aspal Batu Buton</i>
SS	= <i>Sand Sheer</i>
HRS	= <i>Hot Rolled Sheet</i>
HRS – WC	= <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i>
ASTM	= <i>American Society For Testing and Materials</i>
MC	= <i>Medium Curing Cut Back</i>
RC	= <i>Rapid Curing Cut Back</i>
SC	= <i>Slow Curing Cut Back</i>

EVA	= <i>Ethylene Vinyle Acetate</i>
Ba	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air
BFT	= <i>Bitumen Film Thickness</i>
Bj	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
cP	= <i>Centipoise</i>
DMF	= <i>Design Mix Formula</i>
Filler	= Berupa Abu batu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan200
Flow	= Pelelehan
Ga	= Berat Jenis Aspal
Gsa	= Berat Jenis Semu
Gsb	= Berat Jenis curah dari total Agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif
H	= Hidrokarbon
Vmb	= Volume Bulk
VFB	= <i>Voids Filled With Bitumen</i>
VIM	= <i>Void In Mixed (%)</i>
VMA	= <i>Void In Mineral Agregates (%)</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
MPBJ	= Manual Pemeriksaan Bahan Jalan
MQ	= Marshall Quetiont ( kg / mm )
Pa.s	= Pascal sekon
Pb	= Kadar Aspal Dalam Persentase dari Total Berat Campuran
Pba	= Penyerapan Aspal
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
SI	= Standar Internasional
SMA	= Split Mastic Asphalt
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSD	= <i>Surface Saturated Dry</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I : Data Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus
- Lampiran II : Data Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Halus
- Lampiran III : Data Hasil Gradasi Penggabungan Agregat
- Lampiran IV : Data Hasil Penentuan PB
- Lampiran V : Data Hasil Marshall KAO
- Lampiran VI : Data Hasil AC-WC Menggunakan *Filler Fly Ash* Coklat
- Lampiran VII : Data Hasil rumus Untuk Komposisi Campuran AC-WC Standar
- Lampiran VIII : Angka Korelasi Stabilitas
- Lampiran IX : Dokumentasi Penelitian

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan salah satu prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam pembangunan di segala bidang. Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Kekuatan utama aspal beton ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir / *filler* / bitumen. Ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton, yaitu *stabilitas*, *durabilitas* (keawetan), *fleksibilitas*, dan mempunyai tahanan terhadap selip

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Kementrian Bina Marga dan Pemukiman adalah AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) / Lapis Aus Aspal Beton. Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Bahan dalam campuran aspal beton terdiri dari : agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Salah satu hambatan yang kadangkala ditemukan pada penggunaan produk ini adalah penyediaan bahan *filler* sebagai bahan pengisi campuran yang sesuai spesifikasi. Bahan

*filler* yang sering digunakan adalah abu batu, *portland cement* (PC) dan abu batu halus yang lolos saringan no. 200 yang telah disyaratkan.

*Portland cement* (PC) berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, Definisi *Portland cement* adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan - bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum *portland cement* diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan - bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat.

Penggunaan *portland cement* (PC) sebagai bahan tambahan *filler* sangat baik, namun menjadikan produk ini lebih mahal. Sedangkan penggunaan abu batu halus perlu dibatasi oleh karena efek negatif yang ditimbulkan oleh adanya gumpalan kapur yang bersifat *hidroskopis*.

Dalam hal ini saya memilih limbah *fly ash* dari kulit biji buah coklat sebagai pengganti *filler*. Limbah kulit buah kakao yang dihasilkan dalam jumlah banyak akan menjadi masalah jika tidak ditangani dengan baik. Limbah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Salah satu cara untuk

memanfaatkan limbah pertanian adalah dengan dijadikan kompos, seperti halnya dengan kulit buah kakao. Limbah kulit buah kakao yang dihasilkan dalam jumlah banyak akan menjadi masalah jika tidak ditangani dengan baik. Kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara tanaman dalam bentuk kompos. Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Kadar air untuk kakao lindak sekitar 86 %, dan kadar bahan organiknya sekitar 55,7% (Vivi).

1. Biji kakao dibersihkan untuk menghilangkan semua bahan yang asing.
2. Biji kakao selanjutnya akan dipanggang/disangrai untuk membawa keluar rasa coklat dan warna biji (roasted). Suhu, waktu dan tingkat kelembaban pada saat penyangraian (roasted) tergantung pada jenis biji yang digunakan dan jenis coklat atau produk yang akan dihasilkan.
3. Sebuah mesin penampi (winnowing machine) akan digunakan untuk memisahkan kulit biji yang menjadi limbah dan biji kakao yang diambil untuk diolah.
4. Biji kakao kemudian akan mengalami proses alkalisasi, biasanya menggunakan kalium karbonat, untuk mengembangkan rasa dan warna.
5. Setelah di alkalisasi, biji kakao kemudian memasuki proses penggilingan untuk membuat cocoa liquor (kakao partikel tersuspensi dalam cocoa butter). Suhu dan tingkat penggilingan bervariasi sesuai dengan jenis mesin penggilingan yang digunakan dan produk yang

akan dihasilkan. 6. Setelah biji kakao menjadi cocoa liquor, biasanya produsen akan menambahkan bahan pencampur, seperti kacang untuk menambah cita rasa coklat. Umumnya menggunakan lebih dari satu jenis kacang dalam produk mereka, yang dicampur bersama-sama dengan formula yang dibutuhkan. 7. Tahapan selanjutnya adalah mengekstrak the cocoa liquor dengan cara dipress/ditekan untuk mendapatkan lemak coklat (cocoa butter) dan kakao dengan massa padat yang disebut cocoa presscake. Persentasi lemak kakao yang dipress disesuaikan dengan keinginan produsen sehingga komposisi lemak coklat (cocoa butter) dan cocoa presscake berbeda-beda, 8. Pengolahan sekarang menjadi dua arah yang berbeda. Lemak coklat akan digunakan dalam pembuatan coklat. Sementara cocoa presscake akan dihaluskan menjadi coklat dalam bentuk bubuk, 9. Lemak coklat (cocoa butter) selanjutnya akan digunakan untuk memproduksi coklat melalui penambahan cocoa liquor. Bahan-bahan lain seperti gula, susu, pengemulsi agen dan cocoa butter ditambahkan dan dicampur. Proporsi bahan akan berbeda tergantung pada jenis coklat yang dibuat, 10. Campuran kemudian mengalami proses pemurnian sampai pasta yang halus terbentuk (refining). Refining bertujuan meningkatkan tekstur dari coklat, 11. Proses selanjutnya, conching, untuk mengembangkan lebih lanjut rasa dan tekstur coklat. Conching adalah proses menguleni atau smoothing.

Kecepatan, durasi dan suhu conching akan mempengaruhi rasa. Sebuah alternatif untuk conching adalah proses pengemulsi menggunakan mesin yang bekerja seperti pengocok telur, 12. Campuran ini kemudian melewati pemanasan, pendinginan dan proses pemanasan kembali. Hal ini mencegah perubahan warna dan lemak coklat dalam produk tersebut. Hal ini untuk mencegah perubahan warna dan melelehnya coklat dalam produk, 13. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam cetakan atau digunakan untuk pengisi enrobing dan didinginkan di ruang pendingin, dan 14. Cokelat ini kemudian dikemas untuk distribusi ke outlet ritel.

Bahan ini banyak ditemukan di tempat pengolahan tanaman kakao dan tersedia cukup banyak yaitu sekitar 8 m<sup>3</sup> perhari, pengolahan biji kakao tersebut dapat kita jumpai di berbagai daerah dan salah satu pengolahan tanaman biji kakao yang menyediakan limbah tersebut terdapat di PT.MARS INDONESIA, yang beralamat di KIMA 10 Makassar Sulawesi Selatan.

*Fly ash* coklat (shell) adalah limbah *fly ash* yang berasal dari hasil pembakaran biji kakao.

Dari latar belakang dan permasalahan di atas, maka dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi limbah industri tersebut. Oleh karena itu saya mengambil

judul “**PENGGUNAAN FLY ASH COKLAT SEBAGAI PENGGANTI FILLER PADA LAPISAN ASPAL AC-WC**”

### **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mendesain campuran penggunaan *fly ash* coklat sebagai pengganti *filler* dari *portland cement* pada campuran aspal panas (AC/WC), untuk mengetahui karakteristik campuran tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menguji bahan *fly ash* coklat memenuhi syarat teknis sebagai pengganti *filler*.
2. Untuk menganalisis karakteristik campuran aspal panas (AC-WC) menggunakan *fly ash* coklat sebagai pengganti *filler*.
3. Untuk menguji bahan material memenuhi syarat teknis sebagai bahan campuran aspal panas (AC-WC).

### **1.3 Metode Penelitian**

Yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini adalah pengaruh *filler fly ash* coklat (kulit biji cacao) terhadap kinerja campuran aspal beton AC/WC.

Secara garis besar mempunyai empat tahap pokok yang

harus dilalui dalam pelaksanaan pengujian di laboratorium yaitu :

➤ **Persiapan**

Persiapan ini dilakukan agar alat dan bahan tersedia dan siap digunakan.

➤ **Pemeriksaan Bahan**

Pemeriksaan ini digunakan untuk memastikan bahwa bahan-bahan yang akan digunakan untuk membentuk benda uji nantinya benar-benar sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

➤ **Formulasi Campuran**

Formulasi campuran bertujuan menentukan proporsi agregat dan mencari variasi kadar aspal panas (AC-WC) dan *filler*.

➤ **Pengujian Benda Uji**

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap peralatan yang akan dipakai untuk pengujian. Pemeriksaan meliputi kondisi fisik peralatan dan kalibrasi.

➤ **Analisis**

Analisis bertujuan menganalisis hasil dari penelitian.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari meluasnya evaluasi kinerja campuran aspal AC / WC menggunakan *Fly Ash* coklat sebagai pengganti filler maka penulis membatasi penelitian ini yaitu :

- Material agregat ( Agregat kasar dan Agregat halus ) berasal dari PT . MAKASSAR INDAH yang beralamat di Gowa Sulawesi Selatan.
- Pengujian benda uji dilakukan dengan menggunakan alat Marshall Test.
- Penentuan kadar aspal optimum menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70
- Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar.
- Waktu yang digunakan dalam penulisan ini direncanakan sekitar dua sampai tiga bulan dan tempat penelitian dan pengolahan data dilaksanakan di makassar.
- Filler yang digunakan adalah *Fly Ash* coklat dan Portland cement sebagai pembanding.
- Pada *Fly Ash* coklat mengandung zat kimia berupa getah yang agak lengket.

### 1.5 Sistematika Penulisan

**BAB I. PENDAHULUAN**, merupakan bab yang isinya menguraikan mengenai latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, metode penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**, merupakan uraian secara umum serta studi literatur tentang Perkerasan Jalan Aspal menyangkut pengertian, jenis dan sifat *fly ash* coklat.

**BAB III. METODE PENELITIAN**, merupakan bab yang menjelaskan tentang metode : Sumber Material, pengumpulan data, pengambilan sampel, pengujian serta proses penelitian.

**BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**, merupakan bab yang menguraikan hasil dan pembahasan pelaksanaan penelitian di laboratorium yang menyangkut penyajian data, analisa data, analisa marshall dengan perendaman air.

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**, merupakan bab yang berisi kesimpulan dari keseluruhan tulisan dan penelitian yang di sertai dengan saran-saran.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

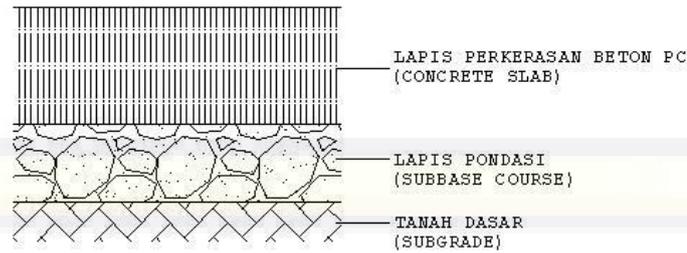
#### **2.1. Tinjauan Umum Perkerasan Jalan Raya**

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 (Silvia Sukirman, 2003).

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

- a. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



**Gambar 2.1. komponen perkerasan kaku**

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

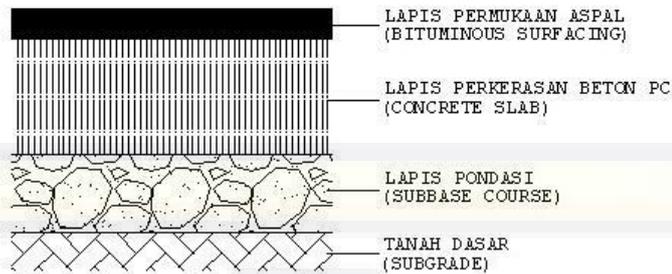
- b. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).



**Gambar 2.2. komponen perkerasan lentur**

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

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

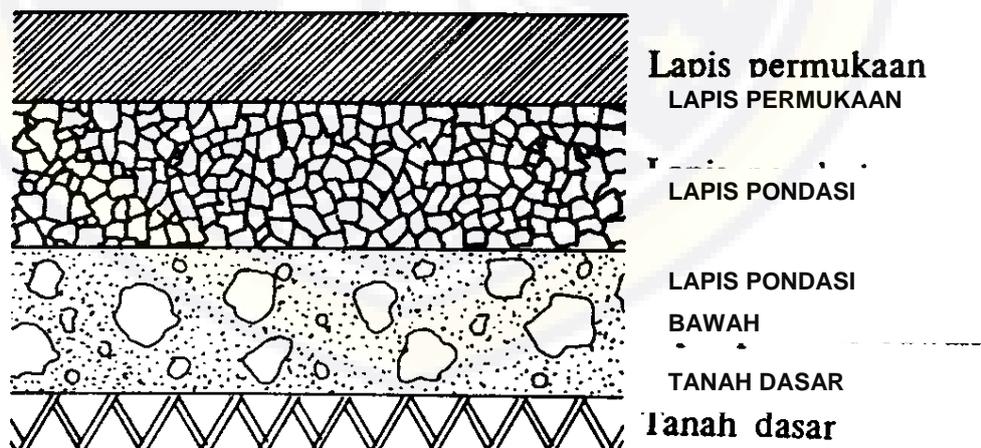


**Gambar 2.3. komponen perkerasan komposit**

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

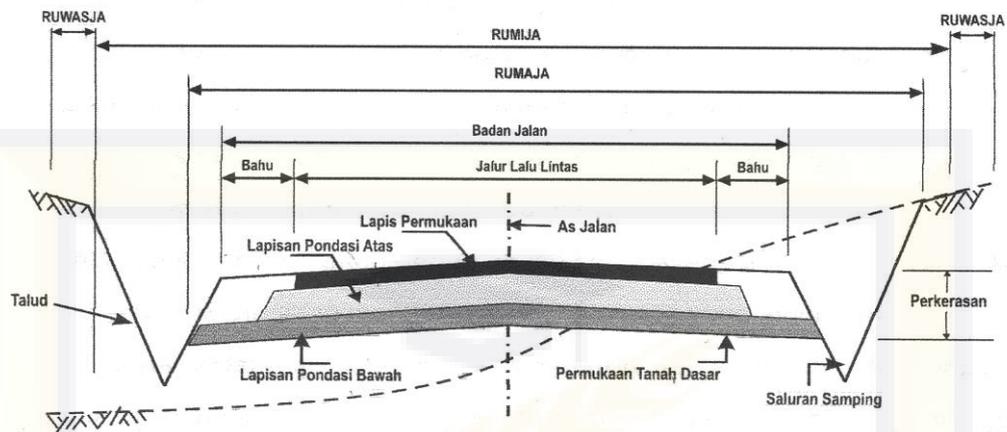
Konstruksi perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan bagian bawah, karena tekanan makin menyebar maka tekanan yang ditimbulkan pada perkerasan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

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



**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 *SubbaseCourse*

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

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

✓ Lapisan Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

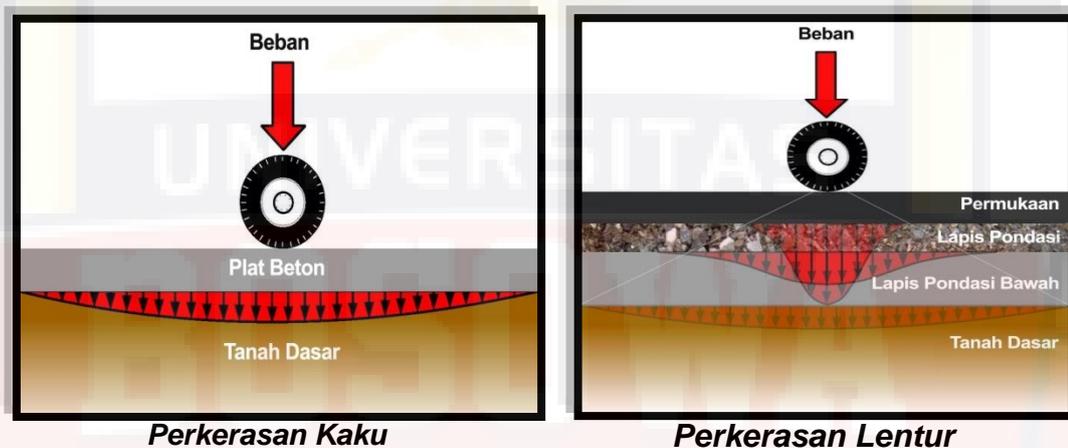
Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

## 2.2. 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 kepermukaan 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 Beton Aspal**

### **2.3.1 Pengertian Beton Aspal**

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

Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara

145<sup>0</sup> – 155<sup>0</sup>C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix*.

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

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course). Menurut Sukirman (1999:10), Laston dikenal dengan nama *Asphal Concrete (AC)*, merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara beberapa agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filler) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Ada pula pendapat lain yang mengatakan bahwa laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan, yang dapat diperhitungkan mempunyai nilai struktural bila kadar agregat kasar lebih dari 30% dan mempunyai tebal nominal minimum 40 mm. Aspal ini terdiri atas agregat bergradasi senjang dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Adapun fungsi dari laston(AC-WC) sebagai lapisan aus dan mempunyai ketebalan minimal 4 cm.

### 2.3.2 Jenis Beton Aspal

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

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

- a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course). Tebal nominal minimum AC – WC adalah 4 cm
  - b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm
  - c. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-base (Asphalt Concrete – Base). Tebal minimum AC-Base adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (Hot Rolled Sheet).

Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
  - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan – jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (rutting) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa juga disebut SS (Sand Sheet) atau HRSS (Hot Rolled Sand Sheet). Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:
- a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 1,5 cm
  - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 2 cm. Gradasi agregat HRSS-B lebih kasar
4. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama.
- Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf

L (Leveling). Jadi ada jenis campuran AC – WC (L), AC – BC (L), AC – base (L), dan seterusnya.

### **2.3.3 Karakteristik Campuran Beton Aspal**

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

#### **1) Stabilitas**

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

#### **2) Keawetan (Durabilitas)**

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan

antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara , air , atau perubahan temperatur.

Faktor–faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis perkerasan adalah sebagai berikut :

**a. Selimut Aspal ( Film Asphalt)**

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

**b. Rongga Potensial**

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

**c. Rongga - rongga antar butiran agregat (Voids In Mineral Agregat, VMA)**

VMA adalah rongga–rongga antar butiran agregat, jika VMA besar maka selimut aspal dapat di buat lebih tebal, jika VMA dan rongga potensial kecil dan kadar aspal tinggi kemungkinan akan terjadi bleeding.

Untuk mencapai VMA yang besar dapat digunakan agregat bergradasi terbuka.

**3) Kelenturan ( Fleksibilitas )**

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

terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang di buat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi. Perubahan volume nilai fleksibilitas ditunjukkan oleh *Marshall Quotient (MQ)*.

4) Ketahanan Terhadap Kelelahan (fatigue resistance )

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

5) Kekesatan / tahanan geser (skid resistance )

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

Faktor–faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu :

a. Kekasaran permukaan dari butir – butir.

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

b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir

c. Gradasi agregat

d. Kepadatan campuran

e. Tebal film aspal

f. Ukuran maksimum butir agregat

6) Kedap Air (impermeabilitas )

Kedap air (impermeabilitas) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal.

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

7) Kemudahan pelaksanaan ( workability )

Kemudahan pelaksanaan ( workability ) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan.

Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

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

#### **2.3.4 Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal Yang Telah Dipadatkan**

Secara analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan dilaboratorium, maupun dilapangan.

Parameter yang biasa digunakan adalah:

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

VMA = volume pori di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (void in the mineral aggregate)

VIM = volume pori beton aspal padat (void in mix)

VFA = volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (volume of voids filled with asphalt)

Tebal film aspal atau tebal selimut aspal seringkali digunakan pula untuk menentukan karakteristik beton aspal.

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir – butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal.

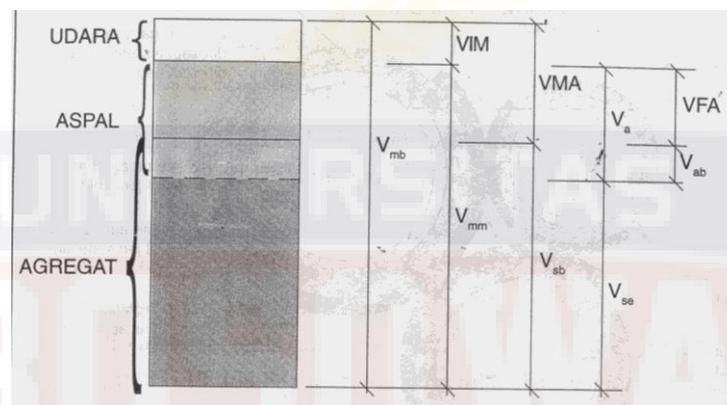
VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding jika temperatur meningkat.

VMA adalah volume pori didalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. Tidak termasuk dalam VMA volume pori di dalam masing – masing butir agregat. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka.

VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal.

Secara skematis berbagai jenis volume yang terdapat didalam campuran beton aspal padat ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.

Pada **Gambar 2.8** dan **Gambar 2.9** dapat dilihat apa yang dimaksud dengan lapisan aspal efektif atau film aspal, VIM dan aspal terabsorpsi.



**Gambar 2.7. Skematis berbagai jenis volume beton aspal**  
(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, hal. 81)

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

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

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

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

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

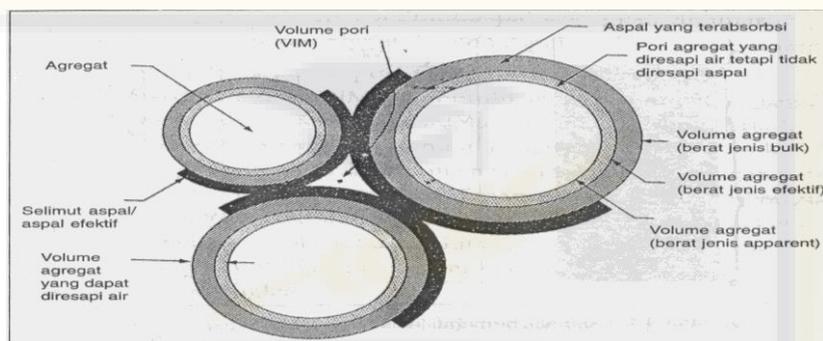
$VIM$  = volume pori dalam beton aspal padat.

$V_a$  = volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

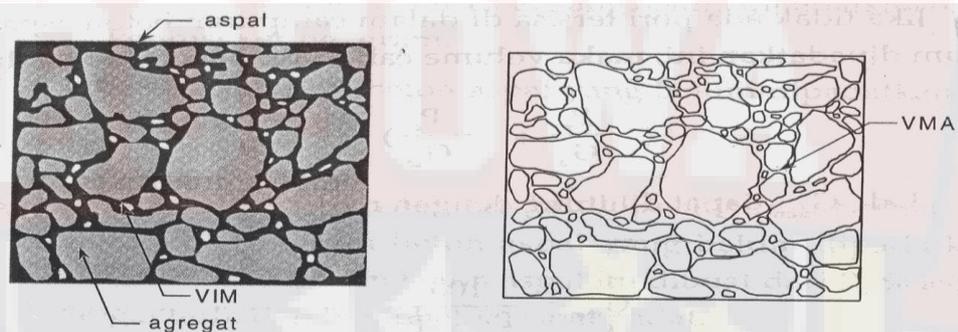
$V_{ab}$  = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal

padat.



**Gambar 2.8. Pengertian tentang VIM, selimut aspal, aspal yang terabsorpsi,**

(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas, hal. 82)



**Gambar 2.9. Ilustrasi pengertian VMA dan VIM**

(Sumber : Buku Beton Aspal Campuran )

## 2.4 Material Beton Aspal

### 2.4.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun fragmen-fragmen. Agregat merupakan suatu komponen utama

dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

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

- ✓ Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir yang tertahan di saringan No. 8 (=2,36 mm).
- ✓ Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir yang lolos di saringan No. 8 (=2,36 mm), dan tertahan di saringan No. 200.
- ✓ Bahan pengisi adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.200.

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

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

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

rongga udara atau rongga kosong diantara agregat kasar dan mortar. Semakin padat struktur beton maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Hal inilah yang membuat pemilihan agregat kasar yang baik menjadi faktor yang penting dalam pembuatan atau perencanaan beton. Ilmu teknologi bahan mengklasifikasikan agregat kasar dan halus berdasarkan ukuran butirnya. Untuk agregat kasar (selanjutnya disebut 'agregat' saja) ukuran butirnya diatas 4,75 mm sedangkan agregat halus dibawah nilai tersebut. Fisik agregat yang baik untuk beton dapat dibagi menjadi beberapa kriteria.

#### 1. Berbentuk Kebulatan atau Hampir Bulat

Agregat dengan butir-butir bulat umumnya lebih baik daripada agregat dengan butir-butir yang berbentuk pipih atau panjang. Hal ini dikarenakan butir-butir bulat menghasilkan tumpukan butir yang yang erat jika dikonsolidasikan, sehingga hanya membutuhkan pasta semen yang sedikit dengan kemudahan pengerjaan yang sama.

#### 2. Tekstur Permukaan Kasar

Tekstur yang kasar mungkin akan mengurangi derajat kemudahan pengerjaan. Namun, tekstur kasar pada agregat dapat meningkatkan rekatan agregat-semen sampai 1,75 kali dan meningkatkan kuat tekan beton hingga 20 persen.

#### 3. Berat Jenis Ringan

Agregat dengan berat jenis yang rendah biasa disebut dengan agregat ringan. Agregat ringan mempunyai berat jenis dibawah 2,0. biasanya dipakai untuk beton non-struktural. Akan tetapi agregat ini juga bisa digunakan sebagai beton struktural dengan beberapa perlakuan khusus. Struktur yang menggunakan agregat ringan akan mengurangi berat struktur tersebut sehingga membutuhkan dimensi fondasi yang lebih kecil.

#### 4. Ukuran Butir Maksimal

Adukan beton dengan kemudahan pengerjaan dan rencana kekuatan yang sama, akan membutuhkan jumlah semen yang lebih sedikit dengan ukuran butir agregat yang besar-besar. Semakin sedikit semen, maka beton akan semakin hemat dan dapat mengurangi dampak panas hidrasi yang menyebabkan beton menjadi retak akibat kembang susutnya. Namun, tetap penggunaan agregat terdapat batasan ukuran butir maksimal. Hal ini dapat dilihat di berbagai referensi.

##### a. **Sifat Agregat**

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

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh :

- a) Gradasi
- b) Ukuran maksimum
- c) Kadar lempung
- d) Kekerasan dan ketahanan
- e) Bentuk butir
- f) Tekstur permukaan

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik dipengaruhi oleh :

- b) Porositas
- c) Kemungkinan basah
- d) Jenis agregat

3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :

- a) Tahan geser (*skid resistant*)
- b) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

**b. Spesifikasi Agregat**

**1. Agregat Kasar (Chipping)**

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8. Dimana agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, bersih dari lempung, kotoran-kotoran, bahan organik,

atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki, dan mendekati gradasi seperti tabel dibawah.

**Tabel 2.1. Ketentuan Agregat kasar**

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas agregat Kasar	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel pipih dan lonjong (**)	RSNI T-01-2005	Maks. 10%
Material lolos saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

*Catatan:*

(\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(\*\*) pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

*Sumber: Spesifikasi Khusus seksi 6.3c*

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

## **2. Agregat Halus**

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

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

Berkenaan dengan hal ini, sifat-sifat khas yang diperlukan dari agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik. Agregat halus tersebut memenuhi persyaratan sebagai berikut :

**Tabel 2.2. Ketentuan Agregat halus**

Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

Sumber: Spesifikasi Khusus seksi 6.3c

### 3. Bahan Pengisi (Filler)

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

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

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

#### **2.3.4.1 *Fly ash* coklat / kakao (*theobroma cacao* l) sebagai pengganti *filler***

Kulit biji kakao (*shell*) merupakan hasil samping bagi industri coklat , karena itu pihak pabrik lebih menyukai biji yang kadar kulitnya rendah namun cukup kuat melindungi biji agar tidak pecah. Apabila kandungan kulit tinggi maka kandungan bahan yang dapat dimakan rendah. Proses pencucian yang dilakukan setelah fermentasi dapat menurunkan kadar kulit biji kakao. Menurut Soenaryo dan Sulistyowati (1985) besarnya

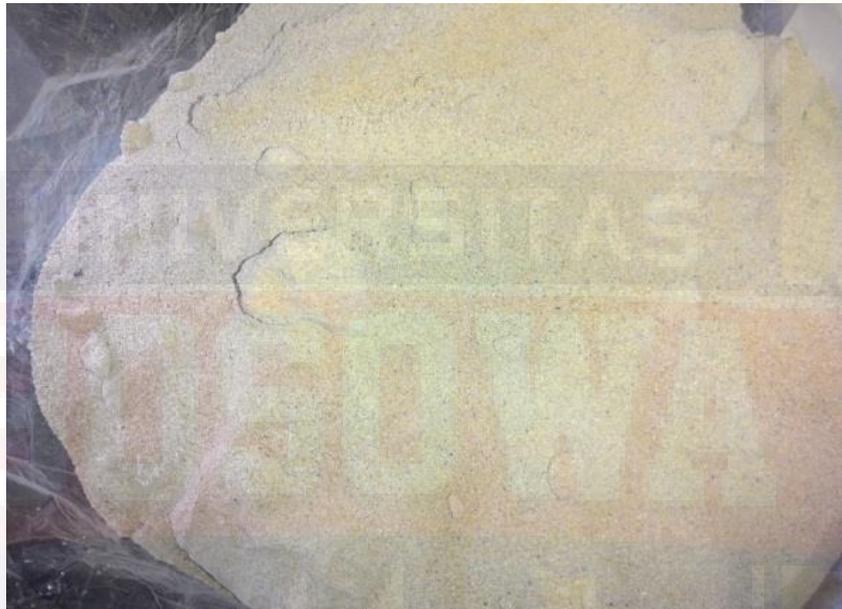
penurunan kadar kulit sesuai dengan tingkat pencucian yang dilakukan. Tetapi pencucian dapat menyebabkan kulit biji menjadi rapuh serta menunjukkan sifat higroskopis.

Pemisahan kulit dilakukan dengan mesin pemisah atau mesin *winning*. Prinsip pemisahan kulit dari *nib* pada alat tersebut adalah pemisahan kulit dan *nib* berdasarkan perbedaan berat jenisnya, yang dapat dipisahkan dengan kombinasi ayakan dan hembusan udara.

Limbah padat pabrik buah coklat/kakao berupa abu (*fly ash*) dari hasil pembakaran kulit biji buah kakao. Proses pembakaran kulit biji kakao adalah sebagai berikut:

- 1) Buah kakao yang sudah dipanen, dikumpulkan ke dalam suatu ruangan, dan dipecahkan untuk memisahkan biji kakao dari kulit buah dan placentanya. Buah kakao dipecahkan dengan kayu pemukul atau sesama buah kakao. Biji kakao dikeluarkan bersama pulpnya dan dimasukkan ke dalam kotak fermentasi untuk difermentasi.
- 2) Buah kakao yang telah difermentasi dikeringkan selama 3-5 hari
- 3) Setelah dikeringkan dilakukan penyangraian pada suhu 120°C selama 10 menit
- 4) Kemudian buah kakao didinginkan selama  $\pm 5$  menit setelah itu dimasukkan kedalam mesin pengupas biji. Setelah itu didapatkan biji dan kulit biji terpisah.

- 5) Kulit biji yang telah terpisah dari bijinya, dibakar di dalam tungku kristalisator sampai diperoleh abu atau *fly ash*. Kristalisator merupakan alat untuk menghasilkan senyawa oksida K<sub>2</sub>O.
- 6) *Fly ash* yang sudah diperoleh, diayak agar tidak terdapat kotoran pada sampel.



**Gambar. 2.7 *Fly ash* coklat**

**c. Gradasi Agregat**

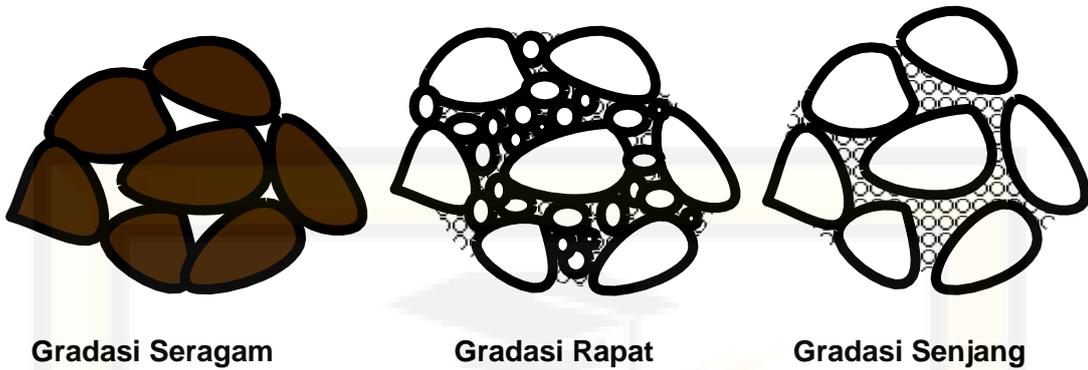
Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan.

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

menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi.

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

- 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 2.10. Ilustrasi Gradasi Agregat**  
( Sumber TOT Lasbutag 2007)

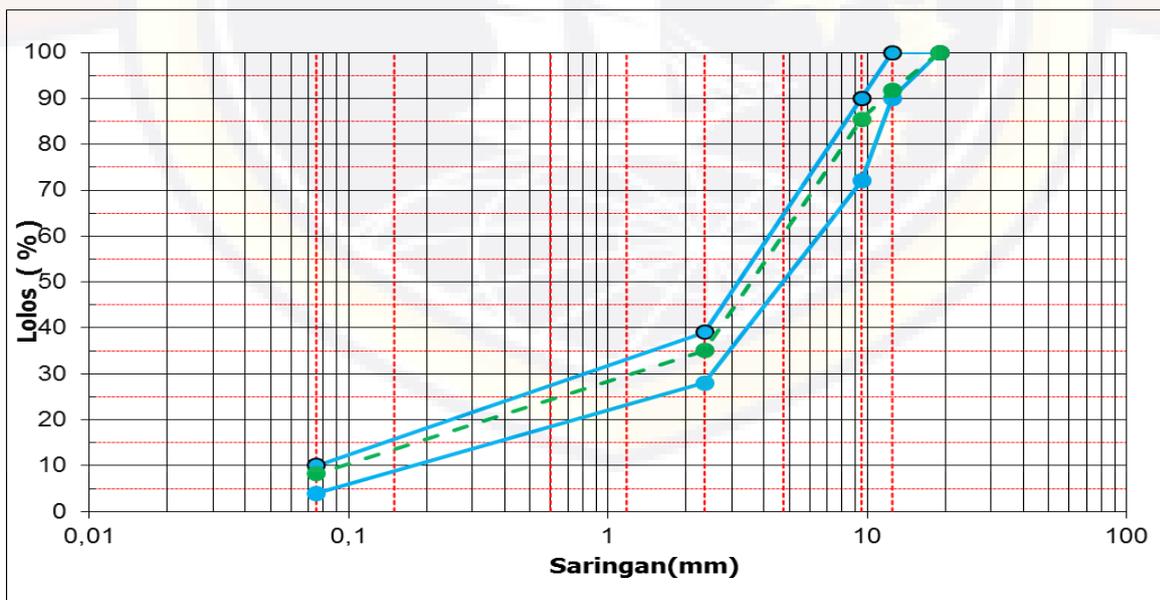
Yang umum di gunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling besar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

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang ditunjukan pada tabel dibawah ini

**Tabel 2.3. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal**

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran											
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)					
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang <sup>3</sup>		Gradasi Semi Senjang <sup>2</sup>		Gradasi Halus			Gradasi Kasar <sup>1</sup>		
			WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5									100			100
25								100	90 - 100		100	90 - 100
19	100	100	100	100	100	100	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5			90 - 100	90 - 100	87 - 100	90 - 100	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	90 - 100		75 - 85	65 - 90	55 - 88	55 - 70	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4,75							54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36		75 - 100	50 - 72 <sup>3</sup>	35 - 55 <sup>3</sup>	50 - 62	32 - 44	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18							31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600			35 - 60	15 - 35	20 - 45	15 - 35	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300					15 - 35	5 - 35	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,150							9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
0,075	10 - 15	8 - 13	6 - 10	2 - 9	6 - 10	4 - 8	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	

Sumber : Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga (Spesifikas Tahun 2010 Divisi 6 hal. 36)



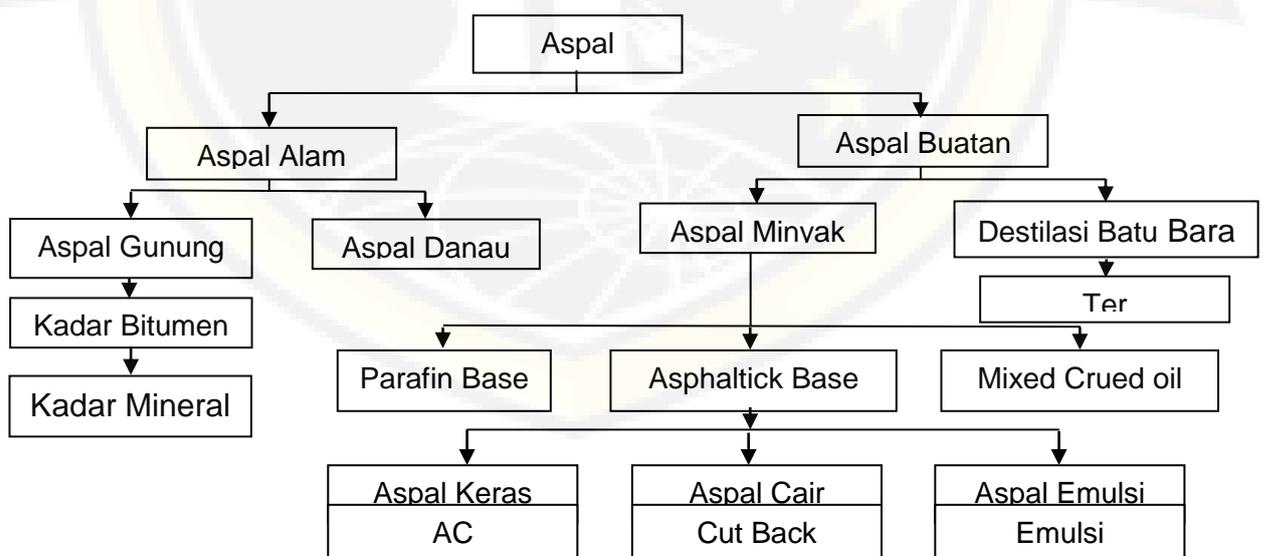
**Gambar. 2.11. Grafik gradasi gabungan AC/WC**

## 2.4.2 Aspal

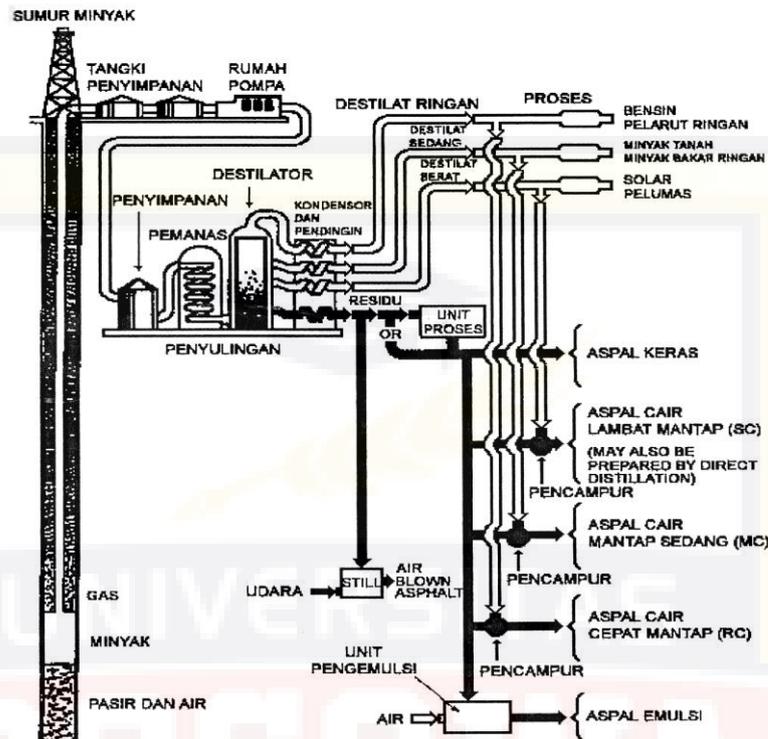
Aspal menurut *American Society For Testing and Materials (ASTM)* sebagai material berwarna hitam, padat atau semi padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Aspal bersifat termoplastis, yaitu mencair jika dipanaskan sampai pada suhu tertentu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

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

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



**Gambar 2.11.** Skema Terjadinya Aspal



**Gambar 2.12**  
Proses Destilasi Minyak Bumi

## 2.5 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai :

- Bahan pengikat, yaitu
  1. memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat antara sesama aspal.
  2. Agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terabrasi akibat lalu lintas.
  3. Sebagai lapisan kedap yang melindungi agregat dan material lain dibawahnya dari pengaruh air.

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

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

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

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar, dan pascahampar itu berbeda.

Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori-pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing-masing butir.

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

mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik.

## 2.6 Spesifikasi Aspal untuk Perkerasan Jalan

Saat ini terdapat beberapa spesifikasi aspal namun yang diuraikan hanya spesifikasi aspal yang ada kaitannya dengan aspal minyak.

**Tabel 2.11. Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras**

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A <sup>(1)</sup>	C
				Asbuton yg diproses	Elastomer Sintetis
1.	Penetrasi pada 25 <sup>o</sup> C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min 50	Min.40
2.	Viskositas Dinamis 60 <sup>o</sup> C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	<u>160-240</u>	240-360	<u>320-480</u>
3.	Viskositas Kinematis 135 <sup>o</sup> C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥300	385-2000	<u>≤3000</u>
4.	Titik Lembek ( <sup>o</sup> C)	SNI-2434:2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5.	Duktilitas pada 25 <sup>o</sup> C, (cm)	SNI-2434:2011	≥100	≥ 100	≥ 100
6.	Titik Nyala ( <sup>o</sup> C)	SNI-2434:2011	≥232	≥232	≥232
7.	Kelarutan dlm Trichloroethylene (%)	AASTHO T44-03	≥99	≥ 90 <sup>(1)</sup>	≥99
8.	Berat Jenis	SNI-2441:2011	≥1,0	≥1,0	≥1,0
9.	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek ( <sup>o</sup> C)	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤2,2	≤2,2
10.	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)			Min. 95 <sup>(1)</sup>	
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :</b>					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8 <sup>2</sup>	≤ 0.8	≤ 0.8

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A <sup>(1)</sup>	C
				Asbuton yg diproses	Elastomer Sintetis
12.	Viskositas Dinamis 60 <sup>0</sup> C (Pa.s)	SNI-03-6441-2000	≤800	≤1200	≤1600
13.	Penetrasi Pada 25 <sup>0</sup> C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	≥ 60
15.	Daktilitas pada 25 <sup>0</sup> C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 50	≥25

Sumber : Spesifikasi umum Dept. PU Direktorat Jenderal Bina Marga,2010(revisi 2014):6.3.2.5

## 2.7 Sifat-Sifat Aspal

### 2.7.1 Sifat Kimia Aspal

#### a. Aspalten

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

#### b. Malten

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

a) Resin

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

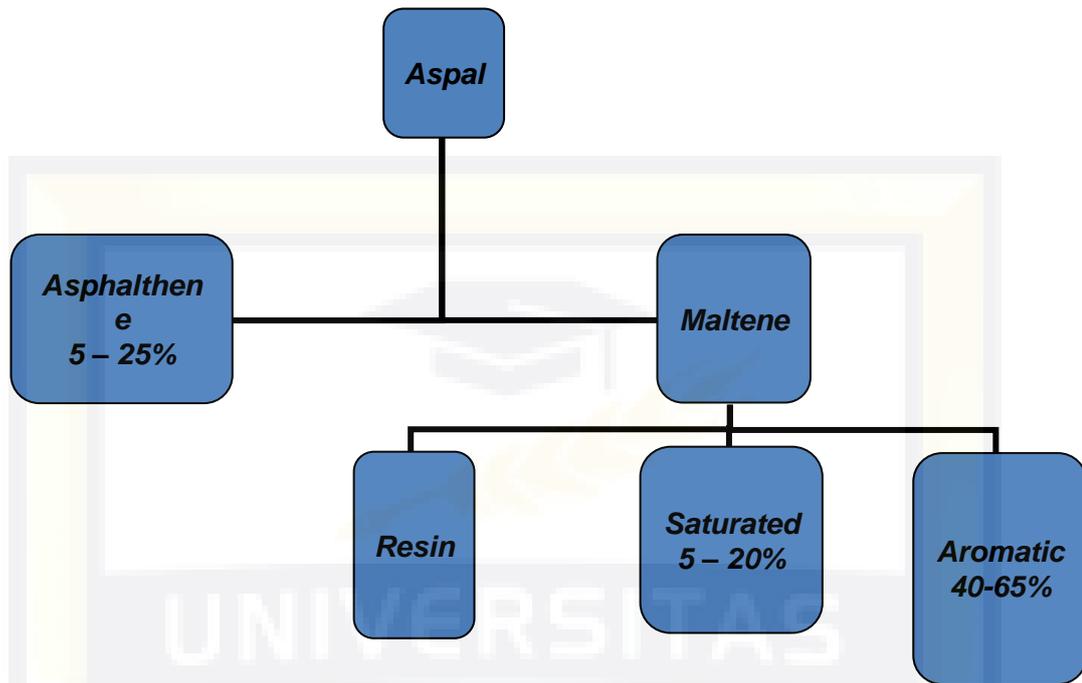
b) Aromatik

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.



**Gambar 2.15**

Kandungan kimia dari aspal

### 2.7.2 Sifat Fisik Aspal

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

#### a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah

secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal 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.

## **2.8 Tes Standar Bahan Aspal**

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (grade) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang paling sesuai dalam rangka mengurangi resiko kegagalan. Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.

### **a. Penetrasi**

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

### **b. Titik Lembek**

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang

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

**c. Titik Nyala**

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

**d. Daktilitas**

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

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

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

**e. Berat Jenis Aspal**

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

**f. Kehilangan Berat**

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

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

## **2.9 Metode Rancangan Campuran Beton Aspal**

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

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

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

Berdasarkan hasil kedua tahap di atas, dilakukan percobaan produksi di instalasi pencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan

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

**Tabel 2.12. Ketentuan Sifat- Sifat Campuran Laston ( AC )**

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4.3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran % <sup>(2)</sup>	Min.	3,0					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800 <sup>(1)</sup>	
	Maks.	-				-	
Pelelehan (mm)	Min.	2				3 <sup>(1)</sup>	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(3)</sup>	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) <sup>(4)</sup>	Min.	2					

Sumber : Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga(Spesifikas Tahun2010 Revisi 2014, Divisi 6 hal. 42).

## 2.10 Pengujian Marshall

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

Marshall Test, adalah tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan. Dari tes Marshall akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang akan menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas Marshall, atau disebut juga sebagai Static Stability test, dinyatakan dalam Kg) dari selinder beton aspal (benda uji), yang telah direndam satu jam pada suhu 60°C.

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.



**Gambar 2.16. Alat Uji Marshall**

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*. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Benda uji Marshall berbentuk selinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (= 6,35 cm). Disamping itu terdapat arloji kelelahan (*flowmeter*) untuk mengukur kelelahan plastis.

## **2.11 Karakteristik Marshall**

### **a. Stabilitas (Stability)**

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur.

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

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

b. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*.

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

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

Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.

c. Rongga Udara dalam Campuran / Void In Mix (VIM)

Void in Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan bleeding) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi / penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet).

d. Rongga Terisi Aspal Void Filled Bitumen (VFB)

Parameter VFB diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan ( durability ) dan tahan air (impermeability) yang cukup memadai.

e. Rongga pada Campuran Agregat / Void Mineral Aggregate (VMA)

Void mineral agregat atau rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam prosentase volume total campuran. Bila rongga udara serta kadar aspal telah diketahui, maka hanya tingkat absorpsi agregat yang belum terungkap. Dengan pertimbangan bahwa penilaian agregat sudah dilakukan pada tahap perencanaan, maka parameter VMA dapat dianggap tidak diperlukan lagi.

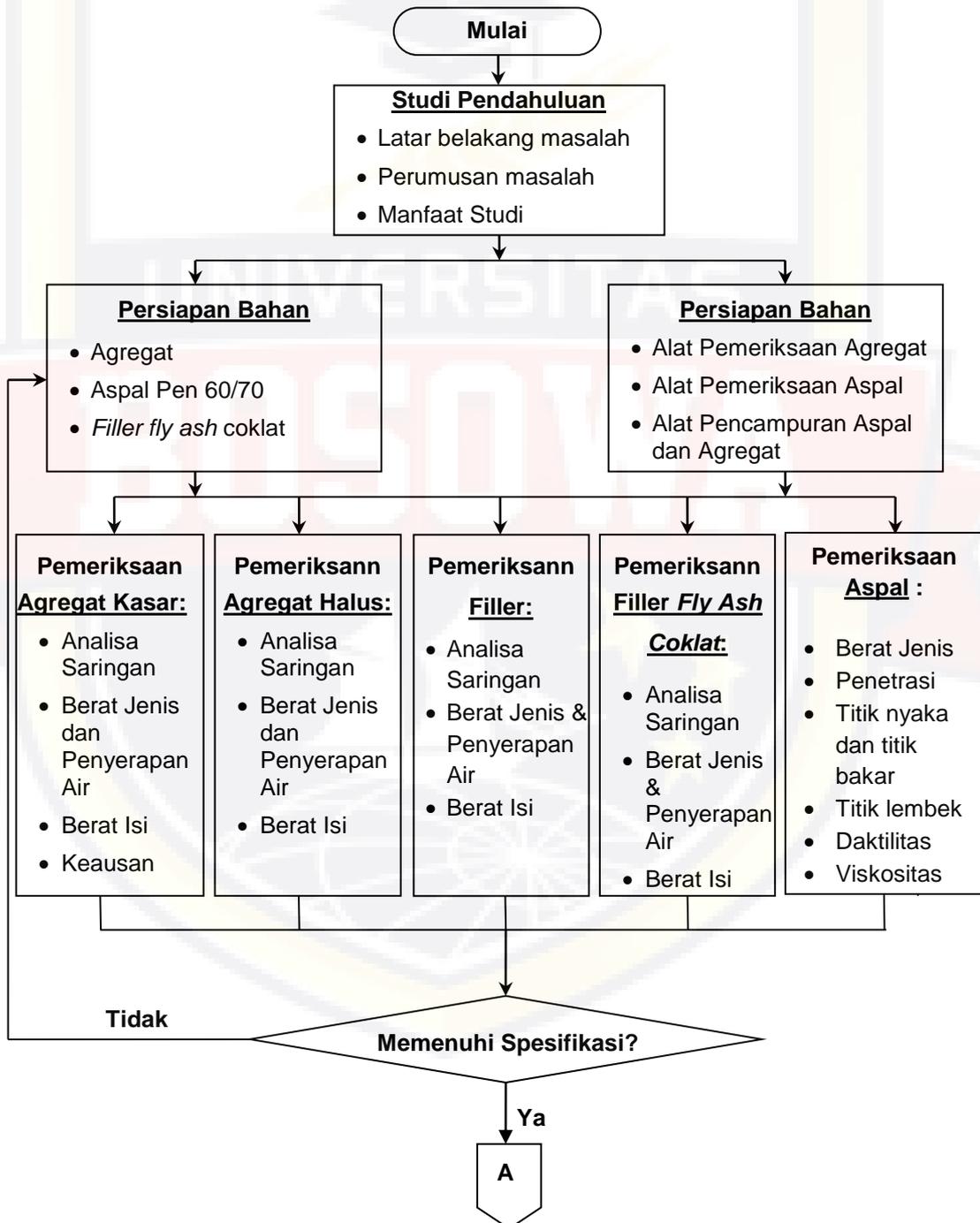
f. Hasil Bagi Marshall / Marshall Quotient (MQ)

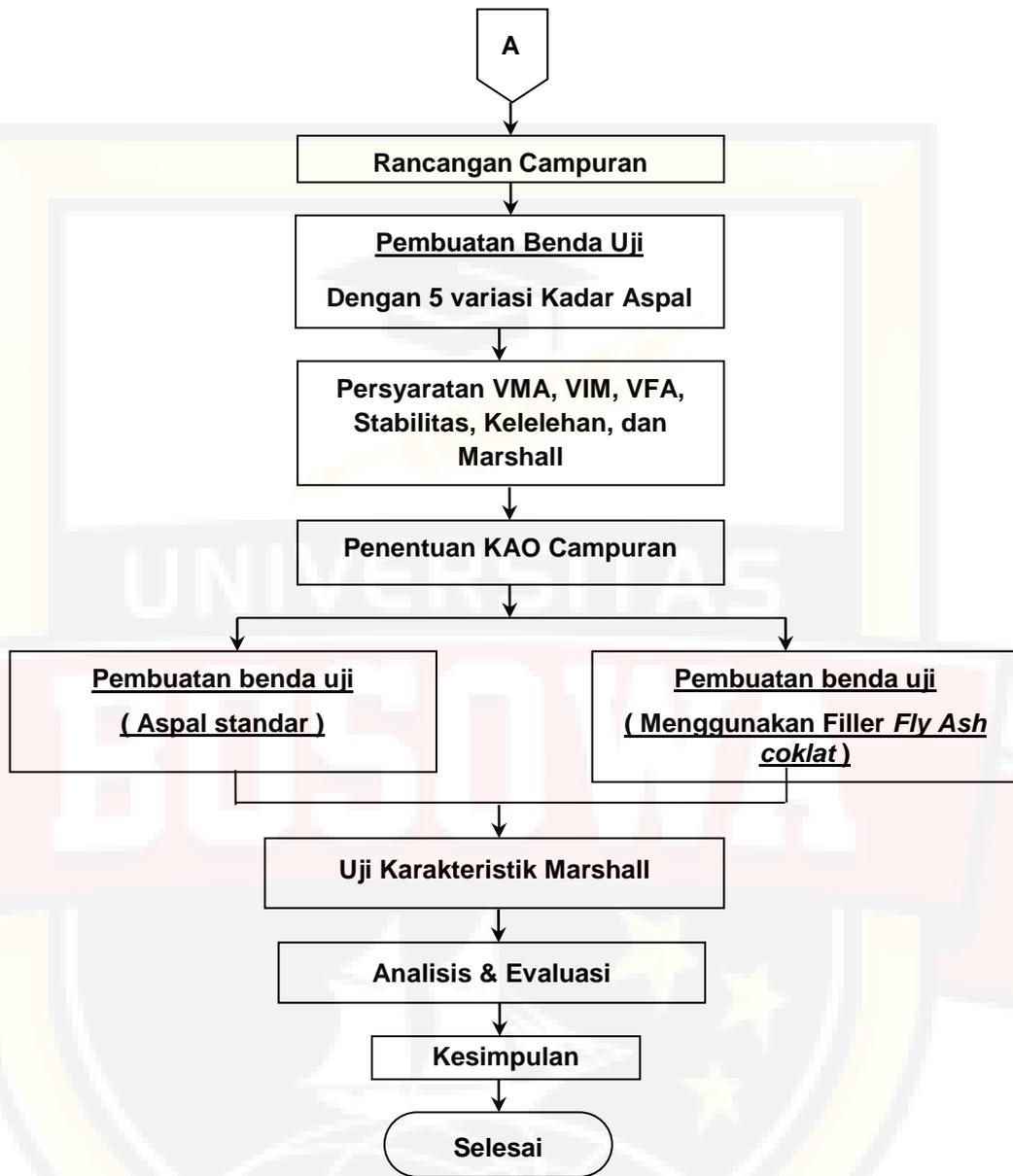
Parameter Marshall Quotient diperlukan untuk dapat mengetahui tingkat kekakuan ( stiffness ) campuran. Pada lapisan overlay tebal  $> 5$  cm, maka kekakuan yang tinggi dapat menahan deformasi dan mendistribusikan beban lalu lintas ke daerah yang lebih luas pada tanah dasar, sedangkan pada pelapisan yang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

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alur Penelitian





Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

### **3.2. Lokasi Material**

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pecah 1 - 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1), abu batu, dan *filler fly ash coklat* bahan bakunya didatangkan dari Bili-Bili dan PT.MARS INDONESIA, jl. Kima 10.

### **3.3. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas "45" Makassar.

### **3.4. Waktu Pelaksanaan**

Waktu pelaksanaan penelitian ini pada bulan Juli 2016 – Oktober 2016.

### **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 dengan menggunakan satu set saringan.

b. Peralatan :

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

c. Bahan :

Batu Pecah 1 – 2, batu Pecah 0,5 – 1, Abu Batu

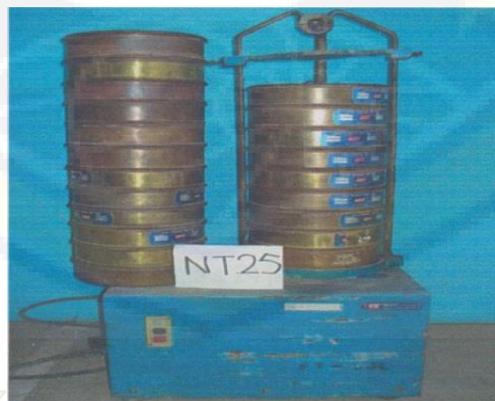
d. Prosedur kerja :

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

e. Rumus :

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

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



Gambar 3.2. Satu Set Saringan

Sumber : <http://pkib-ubi.com/image/Analisa> Saringan resize

### 3.5.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

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

c. Benda Uji :

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

d. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama  $\pm 24$  jam.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan keringkan dengan dilap agar air pada permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab (*Kondisi SSD*).

3. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan kering permukaan jenuh (Bj).
4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (Ba).
5. Keluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian keringkan dalam oven selama ± 24 jam.
6. Keluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan dalam suhu ruangan hingga dingin kemudian timbang, sehingga didapat berat benda uji kering (Bk) .

e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Spesific Gravity)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.3)$$

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

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

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.6)$$



**Gambar 3.3. Pengujian Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar**

Sumber :[http/ Images Berat Jenis Agregat Kasar. Com](http://Images Berat Jenis Agregat Kasar. Com)

### 3.5.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

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

c. Benda Uji :

Abu Batu

d. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama 24 jam.
2. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talang, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.

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

e. Rumus :

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

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

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

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



**Gambar 3.4. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus**

Sumber : <http://imglanding?g=berat+jenis+agregat+halus&ball>

### **3.6. Pemeriksaan Aspal**

#### **3.6.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal**

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Bak perendam
3. Piknometer
4. Air suling sebanyak 1000 cm<sup>3</sup>
5. Timbangan.

c. Benda uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

- Timbang piknometer kosong dalam keadaan bersih dan kering.

- Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm, kemudian mengatur suhu bak perendaman pada suhu 25°C.
- Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg, (A).
- Angkat bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
- Letakkan piknometer kedalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan kedalam bejana berisi piknometer kedalam bak perendam, diamkan bejana tersebut kedalam bak perendam selama 30 menit (B).
- Panaskan contoh bitumen/aspal sejumlah  $\pm 100$  gram, sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit atau pada suhu 111°C di atas titik lembek aspal.
- Tuang benda uji tersebut ke dalam piknometer hingga terisi 3/4 bagian kemudian biarkan piknometer hingga dingin tidak kurang dari 40 menit, lalu menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).
- Isi piknometer yang berisi aspal dengan air suling dan diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar kemudian tekan

penutupnya hingga rapat.

- Masukkan piknometer yang berisi aspal dan air kedalam bak perendam dan diamkan selama 30 menit.
- Angkat lalu timbang piknometer yang berisi aspal dan air (D).

a. Rumus yang digunakan :

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

Keterangan :

$\delta$  = Berat jenis aspal

A = Berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

C = Berat piknometer berisi aspal (gram)

D = Berat piknometer berisi aspal dan air (gram)



**Gambar 3.5. Pengujian Berat Jenis Aspal**

Sumber : <http://www.google.co.id/images=viskositas+aspal&btnG>

### 3.6.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

a. Tujuan :

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

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu

titik diatas permukaan aspal.

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

b. Peralatan :

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

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

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

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

### **3.6.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal**

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cincin Kuningan
3. Bola Baja
4. Bejana gelas tahan panas dengan ketinggian 12 cm
5. Kaca
6. Dudukan benda uji
7. Detergen/Sabun

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

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

**3.6.4. Pemeriksaan Daktilitas**

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

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

c. Benda Uji :

Aspal Minyak, *Glyserin*

d. Prosedur Kerja :

1. Lapsi cetakan dengan campuran *Glyserin* kemudian memasang cetakan daktilitas diatas pelat dasar.
2. Tuang bahan uji kedalam cetakan dari ujung ke ujung hingga penuh berlebih.
3. Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30-40 menit lalu ratakan dengan spatula. Rendam di dalam bak perendam yang bersuhu 25°C selama 30 menit.
4. Lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan.
5. Pasang benda uji pada mesin uji dan tarik dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus.
6. Baca jarak antara pemegang benda uji pada saat benda uji putus.



**Gambar 3.6. Pengujian Daktilitas**

Sumber : <http://www.google.co.id/images=viskositas+aspal&btnG>

### 3.6.5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

a. Tujuan :

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

b. Peralatan :

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

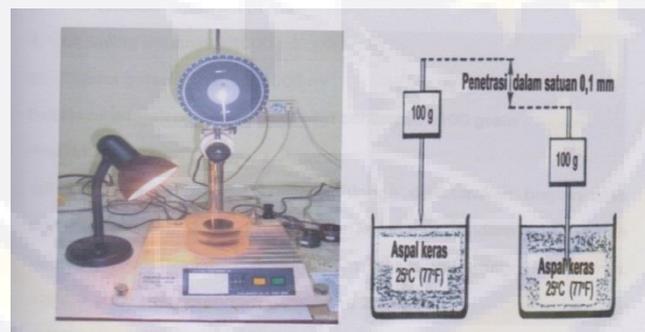
c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut dalam bak perendam yang telah berada pada suhu 25°C.
2. Letakkan pemberat 100 gram diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar ( $110 \pm 0.1$ ) gram.

3. Pindahkan tempat air dari bak perendam tepat di bawah alat penetrasi.
4. Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpik dengannya.
5. Lepaskan pemegang jarum.
6. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
7. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
8. Lakukan pekerjaan 1 sampai dengan 6 diatas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.



**Gambar 3.7. Pengujian Penetrasi**

Sumber : <http://www.google.co.id/images=penetrasi+aspal&btnG>

### 3.6.6. Pemeriksaan Viskositas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pematangan.

b. Peralatan :

1. Satu set alat viskositas
2. Termometer
3. *stopwatch*
4. Labu viskositas

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

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

### 3.7. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji

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

#### 3.7.1. Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Perhitungan benda Uji**

Uraian kegiatan pengujian		Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum		
Variasi Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji	
AC-WC	AC-WC	
5	3	3
5,5	3	3
6	3	3
6,5	3	3
7	3	3
2. Pengujian Marshal Tes ( Aspal Standar )		
Kadar Aspal (%)	AC-WC	Jumlah
Optimum	3	3
Optimum	3	3
3. Pengujian Marshal tes ( Aspal Menggunakan <i>Fly Ash Coklat</i> )		
Kadar Aspal (%)	AC-WC	Jumlah
Optimum	3	3
<b>Total Benda Uji</b>		<b>33</b>

Sumber : Hasil Analisa

#### 3.7.2. Rancangan Agregat Gabungan

Perancangan agregat gabungan adalah penentuan proporsi masing-masing gradasi agregat kemudian digabung dalam satu campuran.

Merancang proporsi campuran dapat dilakukan dengan metode grafis diagonal.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta.
2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1:2
3. Sumbu vertical (Y) digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan.
4. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan.
5. Masukkan prosentase lolos saringan masing-masing material kedalam grafik tersebut
6. Untuk menentukan prosentase batu pecah 1-2, dilihat dari jarak antara grafik gradasi batu pecah 0.5-1 terhadap tepi atas yang mana nilainya harus sama dengan nilai batu pecah 1-2.
7. Setelah didapatkan garis yang sama maka tariklah garis bantu vertical sampai memotong diagonal yang kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekanan yang menunjukkan batas besarnya nilai persentase komposisi campuran batu pecah 1-2.
8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai prosentase komposisi campuran untuk spilt 0.5-1 dan abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu table hasil analisa gabungan agregat, dimana prosentase

masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan prosentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

### **3.7.3. Pembuatan Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum**

#### **a. Peralatan :**

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

#### **b. Prosedur kerja :**

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

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

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%F) + \text{Konstanta.}$$

Dimana :

Pb = Perkiraan *bitument* (kadar aspal)

CA = Batu pecah 1 - 2

MA = Batu pecah 0,5 - 1

F = Agregat halus yang lolos saringan No. 200

K = Nilai konstanta 0,5 - 1,0

3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan prosentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan *panic* sampai suhu 165°C
5. Angkat, aspal minyak sesuai persentase gabungan aduk sampai rata lalu timbang.
6. Tuangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam *panic* dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 131°C (sesuai hasil viskositas) lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

### **3.8. Pengujian Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum**

a. Tujuan:

Untuk menentukan Stabilitas, kelehan (flow), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan *marshall quotient* campuran aspal beton.

b. Prosedur kerja :

1. Simpan benda uji dalam bak perendam selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
3. Pasang segmen diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukan diatas salah satu barang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji sebelum pembebanan diberikan.
6. Atur jam arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji, tekan dan catat pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai.

8. Catat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
9. Ulangi percobaan diatas dengan tumbukan yaitu : 2x75.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter *marshall*, Secara garis besar kadar aspal optimum biasanya memenuhi criteria :

- a. Kadar aspal yang memberikan stabilitas maksimal.
- b. Kadar aspal yang memberikan berat isi maksimal.
- c. Kadar aspal yang memberikan kadar rongga udara Minimum.

**BOSOWA**

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Penyajian Data

##### 4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT. semen tonasa. 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 :

**Tabel 4.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)**

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
3/4"	19	100	100	100	100
1/2"	12.5	36,03	100	100	100
3/8"	9.5	13,10	97,19	100	100
No. 4	4.75	3,46	52,38	99,83	100
No. 8	2.36	2,00	12,09	78,59	100
No. 16	1.18	1,84	7,74	59,30	100
No. 30	0.6	1,76	6,15	42,79	100
No. 50	0.3	1,72	5,57	34,32	100
NO. 100	0.15	1,66	5,12	24,80	100
No. 200	0.075	1,43	3,95	13,14	98,33
PAN					

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

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

Rumus:

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

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

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

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

Keterangan :

B<sub>k</sub> = Berat benda kering oven

B<sub>j</sub> = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B<sub>a</sub> = Berat benda uji di dalam air

**Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1 - 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)**

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Maks.	
Gradasi	AASHTO T27- 82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1 - 2)	SNI 03-1969-1990			3	
1. Bulk		2.52	2.5		-
2. SSD		2.57	2.5		-
3. Semu		2.67	2.5		-
4. Penyerapan		2,23	-		-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 03-1969-1990			3	
1. Bulk		2.55	2.5		-
2. SSD		2.62	2.5		-
3. Semu		2.74	2.5		-
4. Penyerapan		2.76	-		-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)

**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
			Min.	Max	
Gradasi	AASHTO T27-82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990				
1. Bulk		2.57	2.5	3	Gram
2. SSD		2.63	2.5		Gram
3. Semu		2.74	2.5		Gram
4. Penyerapan	2.54	-	Gram		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi 2010 (Revisi 3)

#### 4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

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

**Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70**

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	79	64,9	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	51	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,041	Gr/ml
4	Daktalitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	120	mm
5	Tittik Nyala dan Titik Bakar	SNI -06-2433-1991	200	-	272,5	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	162	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Pekerjaan Umum

#### 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.

Setelah diperoleh komposisi campuran, kemudian dilakukan penimbangan sesuai presentase tertahan pada masing-masing saringan.

Presentase agregat yang didapat adalah sebagai berikut :

- Batu Pecah 1 - 2 = 15,00 %
- Batu Pecah 0,5 - 1 = 44.00 %
- Abu Batu = 40,00 %
- Filler = 1 %

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

$$\begin{aligned} \text{Gradasi Penggabungan Agregat} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \\ &\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{13,5}{100} \times 100 + \frac{75}{100} \times 100 + \frac{11}{100} \times 100 + \frac{0,5}{100} \times 100 \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

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

**Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC - WC**

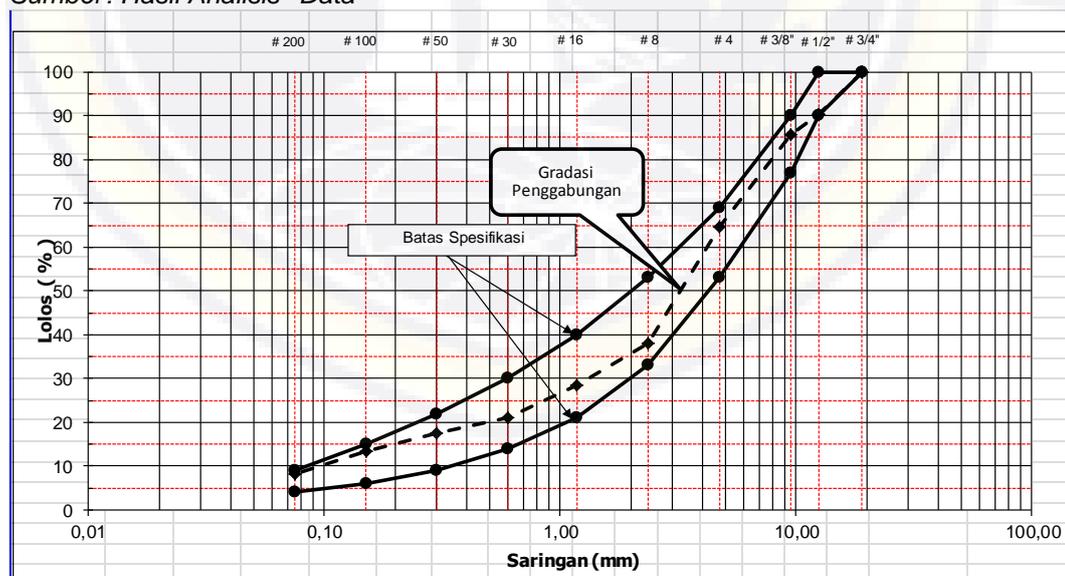
Ukuran saringan		Gradasi Penggabungan Agregat (combined) (%)	Spesifikasi	Faktor Luas Permukaan Agregat
Inchi	mm			
3/4"	19	100	100	0,41
1/2"	12,5	90,40	90-100	0,41
3/8"	9,5	85,73	77 - 90	0,41
No. 4	4.75	64,50	53 - 69	0,41
No. 8	2.36	38,06	33 - 53	0,82
No. 16	1.18	28,40	21 - 40	1,64
No. 30	0.6	21,09	14 - 30	2,87
No. 50	0.3	17,44	9 - 22	6,14
No. 100	0.15	13,42	6 - 15	12,29
No. 200	0.075	8,19	4 - 9	32,77

Sumber: Hasil Analisis Data

**Tabel 4.6. Gradasi Penggabungan Agregat**

No. Saringan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC					Spesifikasi 2010 Revisi 3
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	III	IV	V	
3/4"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1/2"	28,65	99,90	99,92	100	90,40	91,00	92,42	92,07	93,50	90-100
3/8"	12,10	93,21	99,83	100	85,73	84,03	85,98	86,27	87,83	77 - 90
#4	2,84	63,36	98,05	100	64,50	60,83	63,79	67,13	67,99	53 - 69
#8	1,45	37,79	77,95	100	38,06	39,18	42,03	46,06	46,39	33 - 53
#16	1,38	27,70	58,78	100	28,40	29,12	31,41	34,54	34,76	21 - 40
#30	1,35	20,61	42,20	100	21,09	21,62	23,38	25,55	25,72	14 - 30
#50	1,31	16,97	25,30	100	17,44	16,59	17,69	18,49	18,72	9 - 22
#100	1,27	11,98	15,58	100	13,42	11,59	12,40	12,73	12,90	6 - 15
#200	1,19	8,85	12,98	98,33	8,19	8,92	9,70	10,10	10,21	4 - 9
					<b>Komposisi Penggabungan Agregat (%)</b>					
Rasio Komposisi Agregat (% Terhadap Total Agregat)	a. Batu pecah 1 – 2	15	12,5	10,5	11	9				
	b. Batu pecah 0,5 – 1	44	73	70	59	62				
	c. Abu batu	40	11	18,5	29	28				
	d. Filler	1	0,5	1	1	1				
Total Luas Permukaan Agregat (M <sup>2</sup> /Kg)					7,05	7,38	7,94	8,32	8,41	

Sumber: Hasil Analisis Data



**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

$$\begin{aligned} P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\ &= 0.035 (35,50) + 0.045 (56,31) + 0.18 (8,19) + 0,75 \\ &= 6,0\% \rightarrow 6\% \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = 3/4" - #4

Agregat Halus = #4 - #200

$$= 100 - 64,50$$

$$= 35,50$$

$$= 64,50 - 8,19$$

$$= 56,31$$

Filler = #200

$$= 8,19$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%; 7%.

#### 4.3.2. Penentuan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

**Tabel 4.7. Hasil Pemeriksaan Berat jenis Dan Penyerapan Agregat**

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	b	$c = \frac{(a+b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2,52	2,67	2,57
Batu Pecah 0,5 – 1	2,55	2,74	2,62
Abu batu	2,57	2,74	2,63
Filler		3,17	
Aspal		1,041	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2010 (Revisi 3)

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

- Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat } (G_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{15\%}{2,52}\right) + \left(\frac{44\%}{2,55}\right) + \left(\frac{40\%}{2,57}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)} \\ &= 2,55 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat } (G_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{15\%}{2,67}\right) + \left(\frac{44\%}{2,74}\right) + \left(\frac{40\%}{2,74}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)} \\ &= 2,64 \% \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat } (G_{se}) = \frac{2,55+2,64}{2} = 2,59 \%$$

#### 4.3.3. Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

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

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

- Berat Jenis Aspal (T) = 1,041 gr/cc
- Kadar Aspal (A) = 5 %
- Bj. Bulk Gabungan (B) = 2,55 %
- Bj. Efektif Gabungan (C) = 2,59 %
- Bj. Maksimum Campuran (D) =  $100 / ((100 - A) / C) + (A + D)$   
= 2,46 %
- Berat Campuran di Udara (E) = 1182,4 gr
- Berat Campuran Dalam Air (F) = 669,8 gr
- Berat Campuran SSD (G) = 1194,4 gr
- Volume Benda Uji (H) =  $(G - F)$  = 525 gr
- Bj Bulk Campuran (Kepadatan) (I) =  $E / H$  = 2,25 %
- Rongga dalam Campuran (VIM) (J) =  $100 \times (D - I) / D$  = 8,2 %
- Pembacaan Stabilitas (K) = 71 kg
- Kalibrasi Alat (Kg) = 145,9 kg
- Angka Korelasi (dapat dilihat pada lampiran) = 0,96
- Stabilitas setelah koreksi (L) = Pemb. Stabilitas x Kalibrasi Alat x  
Angka Korelasi = 1015,58 kg
- Pelelehan (M) = 3,90 mm
- Marshall Quetient (N) =  $L / M$  = 260,41 kg/mm
- Luas Permukaan Agregat (O) = 7,05 %
- Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran (P) =  $(A + ((T \times (100 - A)) / B)) - ((100 \times T) / D)$  = 1,31 %
- Tebal Film (Q) =  $(1000 \times (A - P)) / ((T \times O) \times (100 - A))$  = 5,28 %

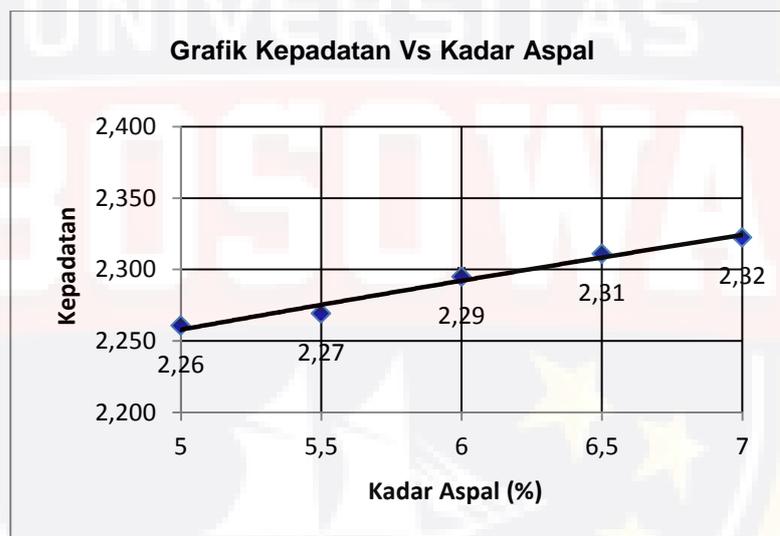
- Rongga Dalam Agregat (VMA) (R) =  $100 - (I/B) \times (100 - A)$   
= 16,18 %

- Rongga Terisi Aspal (VFB) (S) = 49,30 %

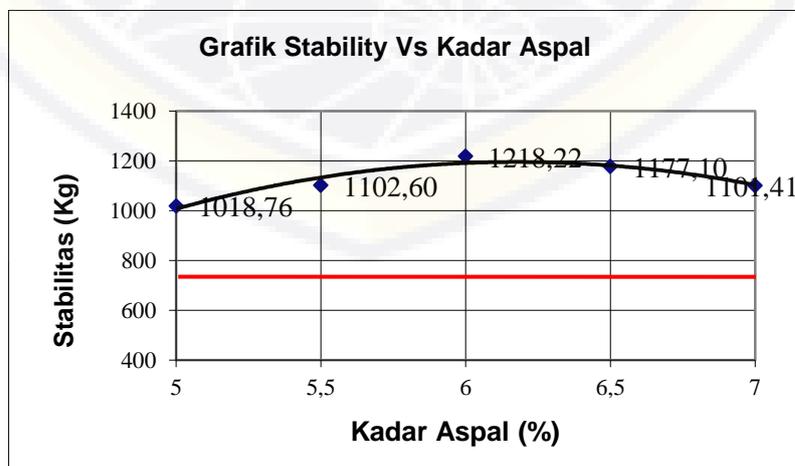
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

#### 4.2. Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

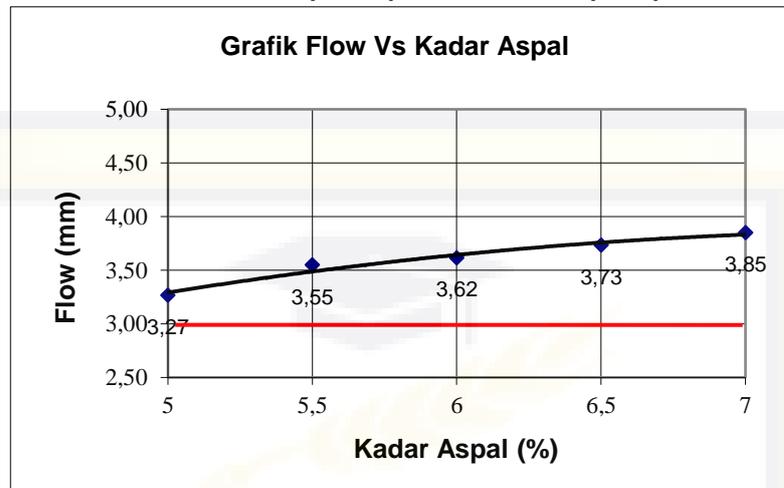
##### Kepadatan



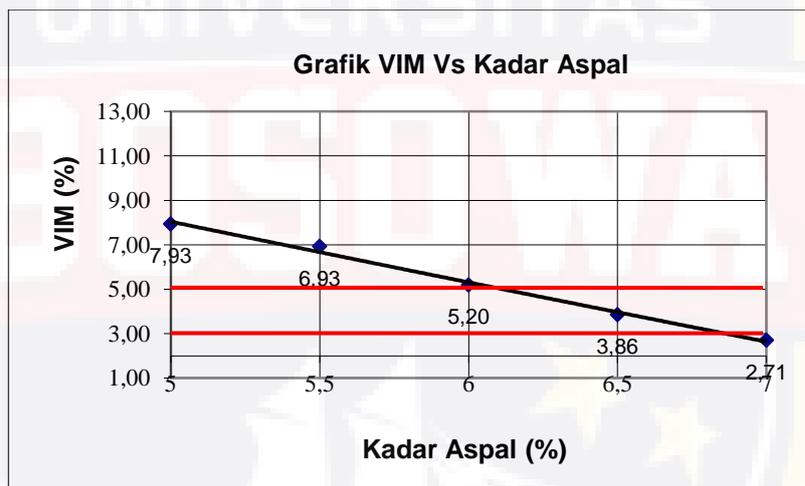
##### Stabilitas Minimum 800 Kg



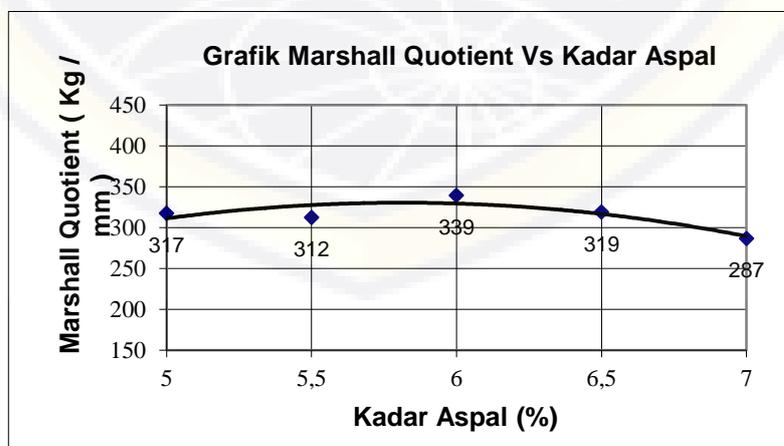
### Pelelehan (Flow) Minimum 3 (mm)



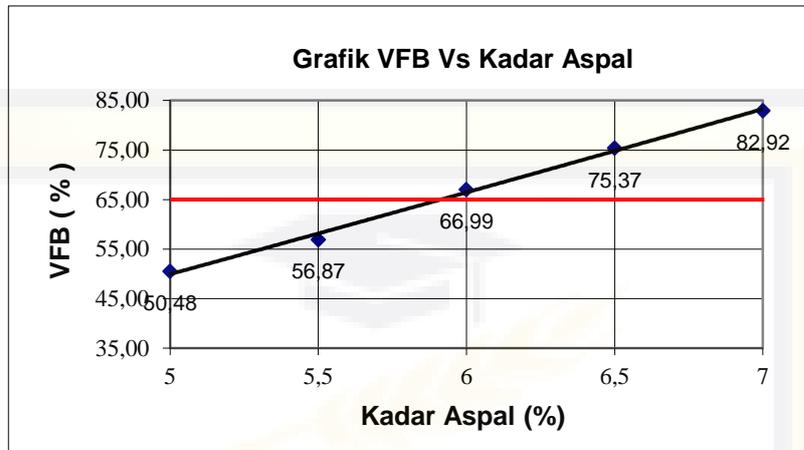
### Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 3,0 – 5,0 (%)



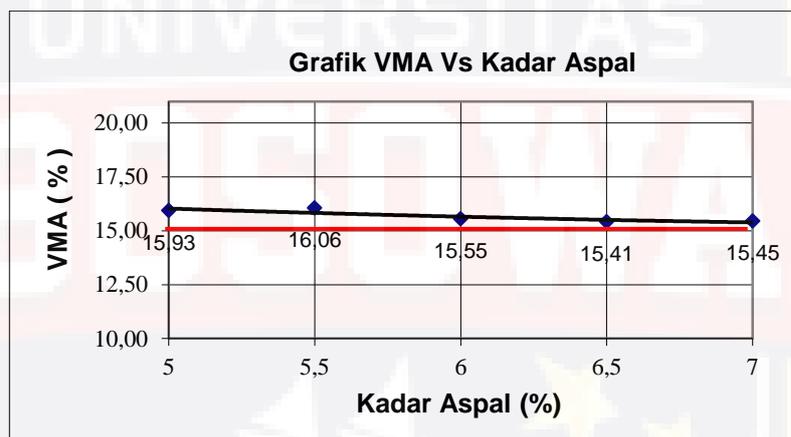
### Marshall Quotient (Kg/mm)



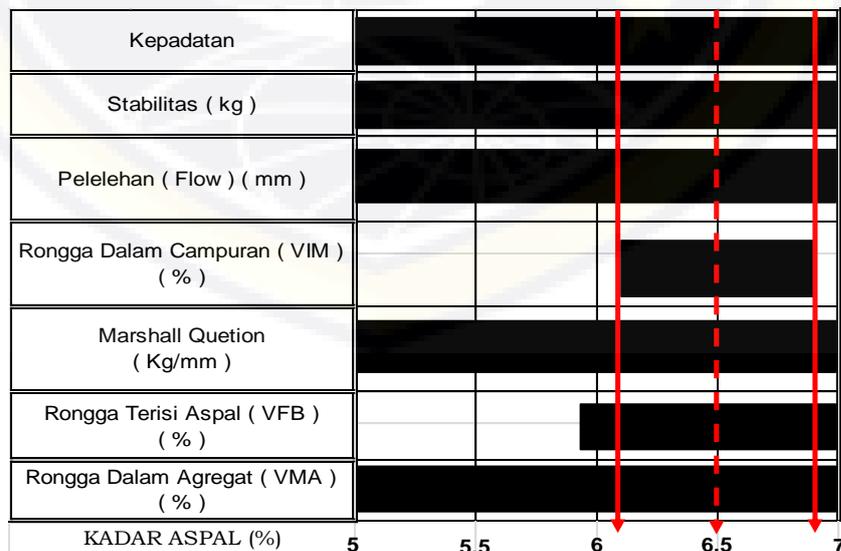
### Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 (%)



### Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



### 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6,2\% + 6,8\%}{2} = 6,5\%$$

#### 4.3.4 Perhitungan Berat Agregat, Dan Berat Aspal Dalam Campuran Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum.

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

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

**Tabel 4.8. Rumus Komposisi Untuk Campuran AC-WC Standar**

Kadar Aspal	=	6,5	%					100 % - 6,5 %	=	93,5
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>										
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	93,5	%	=	0,1403	x	1200	=	168,3
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	93,5	%	=	0,4114	x	1200	=	493,7
Abu Batu	40 %	x	93,5	%	=	0,374	x	1200	=	448,8
Semen	1 %	x	93,5	%	=	0,0094	x	1200	=	11,2
Aspal	6,5 %			X				1200	=	78
										1200

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium

#### 4.3.5. Data Uji Marshall Campuran Aspal Menggunakan *Filler Fly Ash*

##### **Coklat.**

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 dengan menggunakan *filler fly ash coklat* disajikan pada perhitungan

di bawah ini :

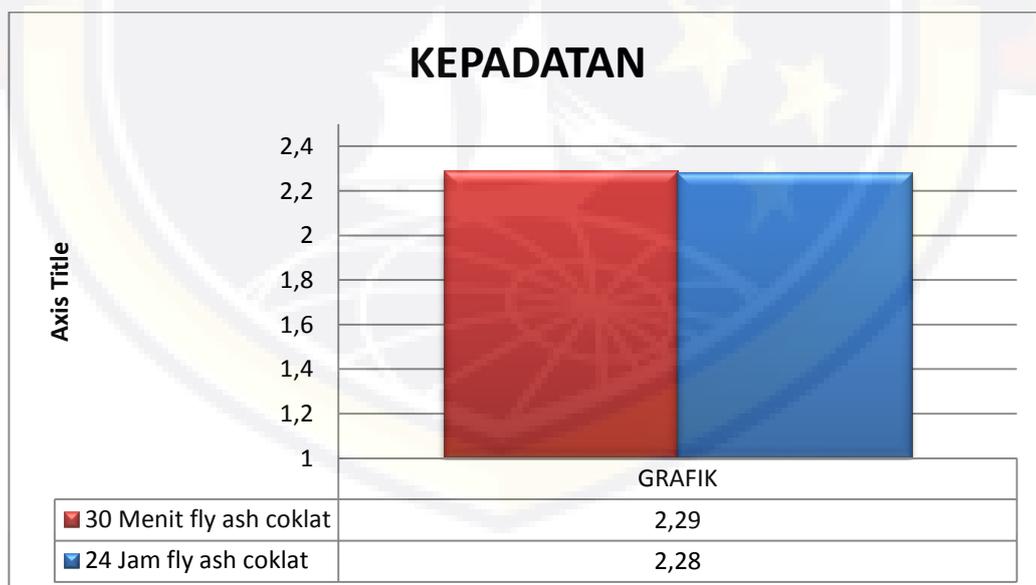
- Berat Jenis Aspal (T) = 1,041 gr/cc
- Kadar Aspal (A) = 6,5 %
- Bj. Bulk Gabungan (B) = 2,55 %
- Bj. Efektif Gabungan (C) = 2,64 %
- Bj. Maksimum Campuran (D) =  $100 / ((100 - A) / C) + (A + D)$   
= 2,404 %
- Berat Campuran di Udara (E) = 1175,8 gr
- Berat Campuran Dalam Air (F) = 665,2 gr
- Berat Campuran SSD (G) = 1179,1 gr
- Volume Benda Uji (H) = (G – F) = 513,9 gr
- Bj Bulk Campuran (Kepadatan) (I) = E/H = 2,29 %
- Rongga dalam Campuran (VIM) (J) =  $100 \times (D - I) / D = 4,82 \%$
- Pembacaan Stabilitas (K) = 79 kg
- Kalibrasi Alat (Kg) = 145,9 kg
- Angka Korelasi (dapat dilihat pada lampiran) = 0,96
- Stabilitas setelah koreksi (L) = Pemb. Stabilitas x Kalibrasi Alat x  
Angka Korelasi = 1224,2 kg
- Pelelehan (M) = 3,70 mm
- Marshall Quetient (N) = L/M = 331 kg/mm

- Luas Permukaan Agregat (O) = 7,54 %
- Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran (P) =  $(A + ((T \times (100 - A))/B)) - ((100 \times T)/D) = 1,29 \%$
- Tebal Film (Q) =  $(1000 \times (A - P))/((T \times O) \times (100 - A)) = 7,09 \%$
- Rongga Dalam Agregat (VMA) (R) =  $100 - (l/B) \times (100 - A) = 16,25 \%$
- Rongga Terisi Aspal (VFB) (S) = 70,36 %

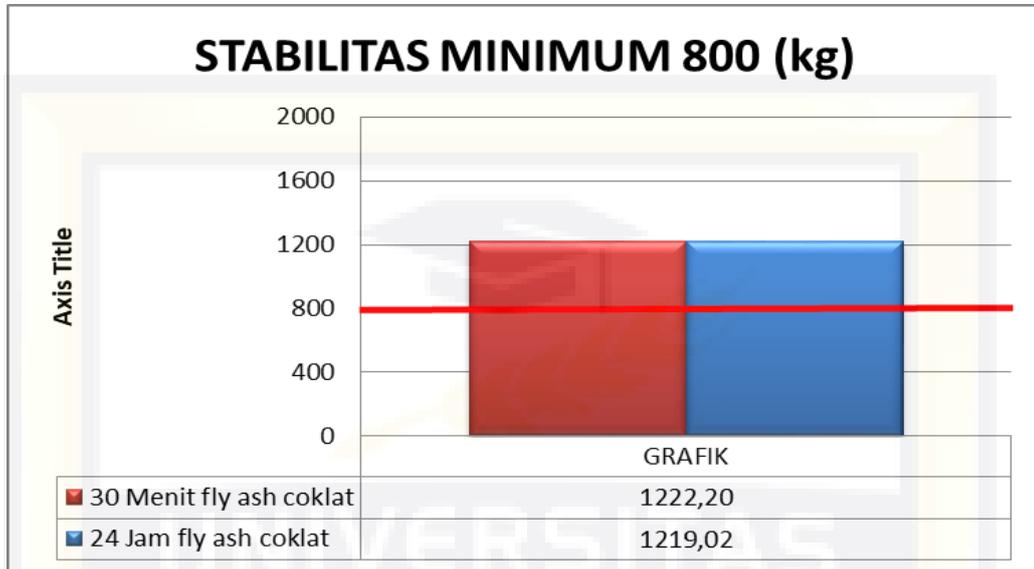
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.3.

**Gambar 4.3. Grafik Hasil Uji Marshall Campuran Aspal Menggunakan Filler Fly Ash Coklat.**

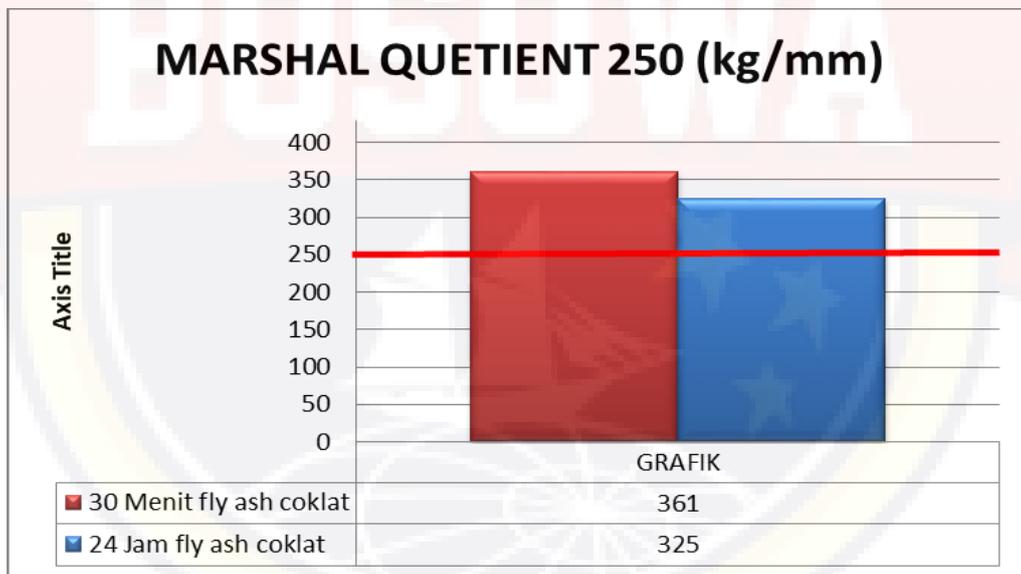
- **Kepadatan**



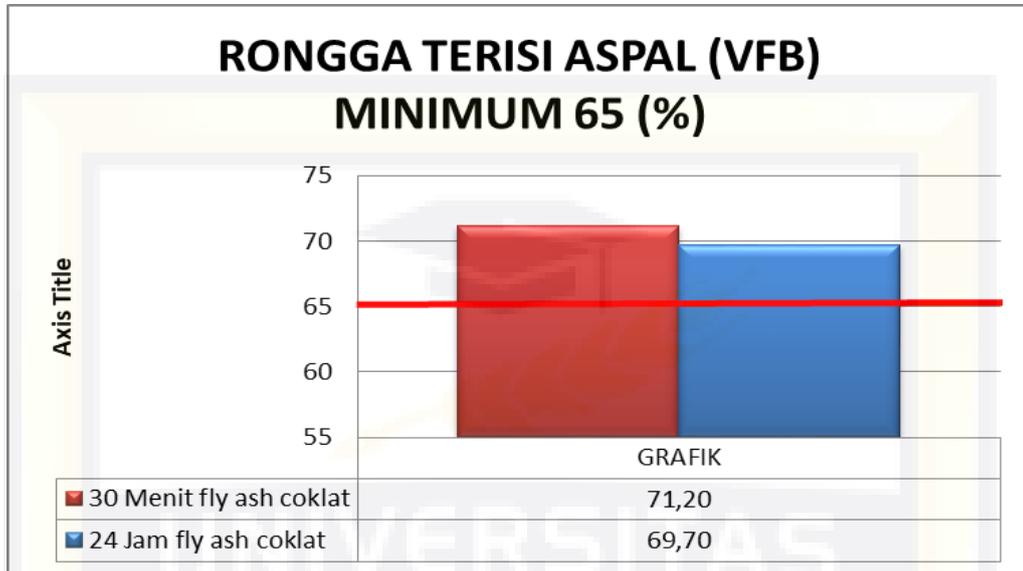
- Stabilitas



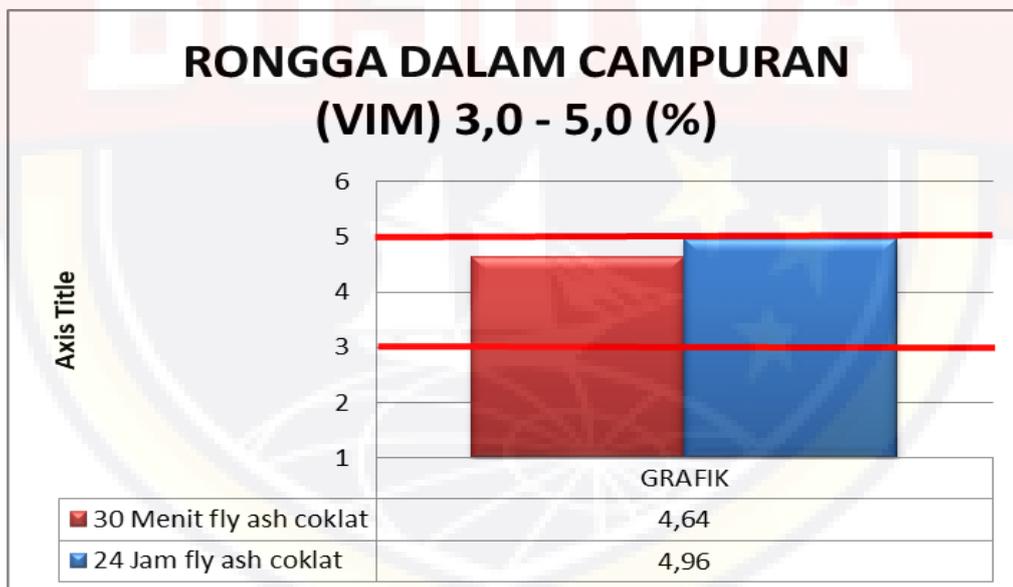
- Marshall Quetient



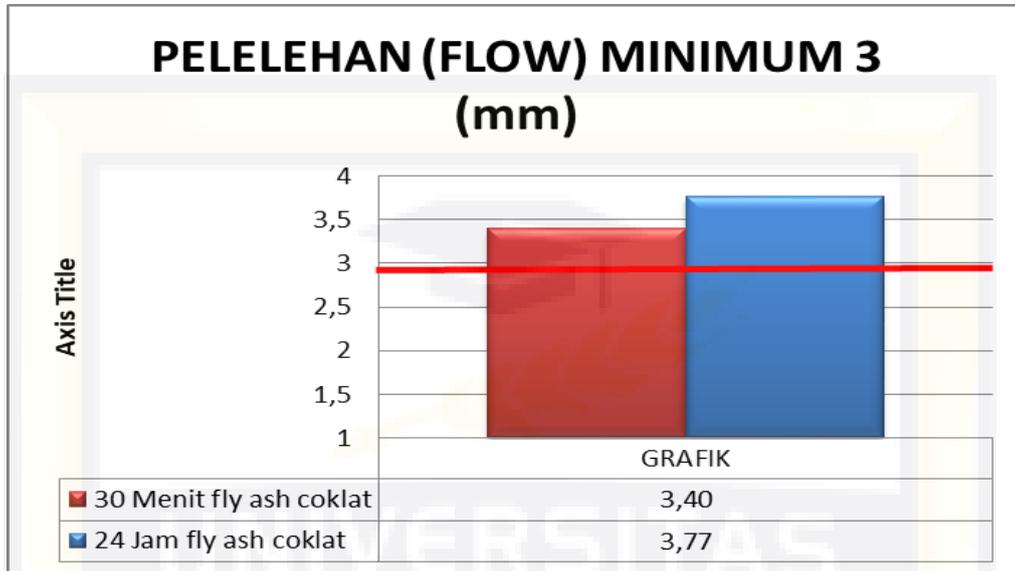
- Rongga Terisi Aspal (VFB)



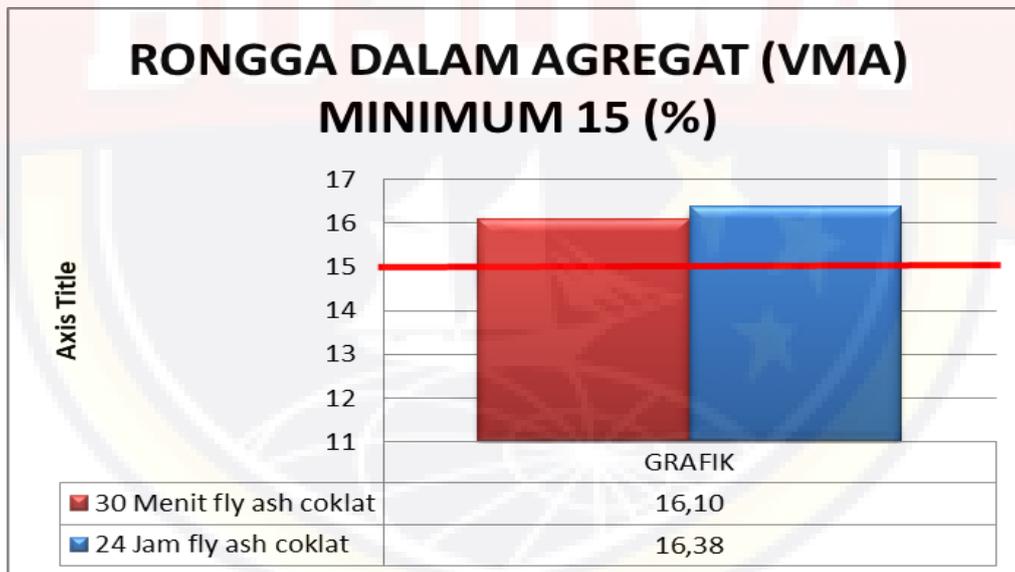
- Rongga Dalam Campuran



- Pelelehan (FLOW)



- Rongga Dalam Agregat



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

Tujuan dari uji marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan membandingkan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit dan 24 jam baik benda uji aspal AC-WC standar maupun benda uji aspal yang menggunakan *filler fly ash coklat*. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan ( Stabilitas ) terhadap kelelahan plastis ( Flow ) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas, AC-WC standar dan aspal yang menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* dengan perendaman selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai Stabilitas, Flow, VIM, Marshall Quotient, VMA, dan Voids Filled. Dapat dilihat pada lampiran.

- Rumus Hasil Pengujian Marshall.

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

$$\text{Flow} = \text{Nilai Rata-Rata Flow}$$

**Tabel 4.9. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Standar Dan Aspal Standar Menggunakan Bahan Pengisi *filler Fly Ash Coklat* dengan perendaman Selama 30 Menit Pada Suhu 60°C.**

No.	Pemeriksaan	AC-WC Standar	AC-WC Fly Ash Coklat	Spesifikasi 2010 Revisi 3
		KAO 6,5%	Kadar Aspal 6,5%	

1.	Kepadatan	2,29	2,29	Min.2
2.	Stabilitas (Kg)	1308,2	1222,2	Min.800
3.	VMA (%)	16,35	16,10	Min.15
4.	MQ (kg/mm)	358	361	Min.250
5.	Flow (mm)	3,67	3,40	Min.2 – Maks.4
6.	VIM (%)	4,92	4,64	Min.3 – Maks.5
7.	VFB (%)	70,19	71,20	Min.65

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

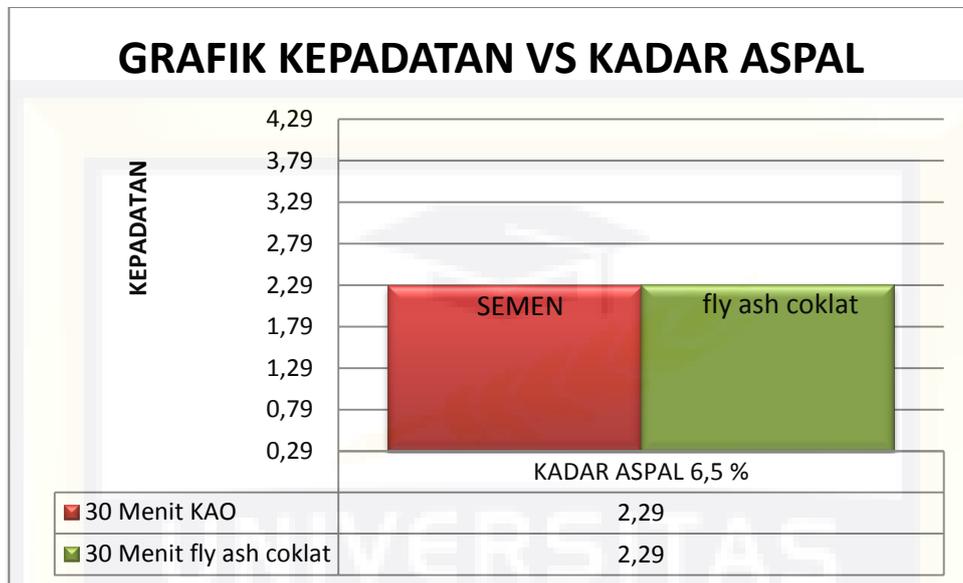
**Tabel 4.10. Hasil Uji Marshall KAO Aspal Standar Dan Aspal Standar Menggunakan Bahan Pengisi *filler Fly Ash Coklat* dengan perendaman Selama 24 jam Pada Suhu 60°C.**

No.	Pemeriksaan	AC-WC Standar	AC-WC <i>Fly Ash Coklat</i>	Spesifikasi 2010 Revisi 3
		Kadar Aspal 6,5%	Kadar Aspal 6,5%	
1.	Kepadatan	2,29	2,28	Min.2
2.	Stabilitas (Kg)	1221,8	1219,0	Min.800
3.	VMA (%)	16,09	16,38	Min.15
4.	MQ (kg/mm)	326	325	Min.250
5.	Flow (mm)	3,77	3,77	Min.2 – Maks.4
6.	VIM (%)	4,63	4,96	Min.3 – Maks.5
7.	VFB (%)	71,40	69,70	Min.65

#### **4.4.3 Analisis Pembahasan Hasil Pengujian Perencanaan Campuran AC-WC Standar Dan AC-WC Menggunakan *Filler Fly Ash Coklat*.**

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

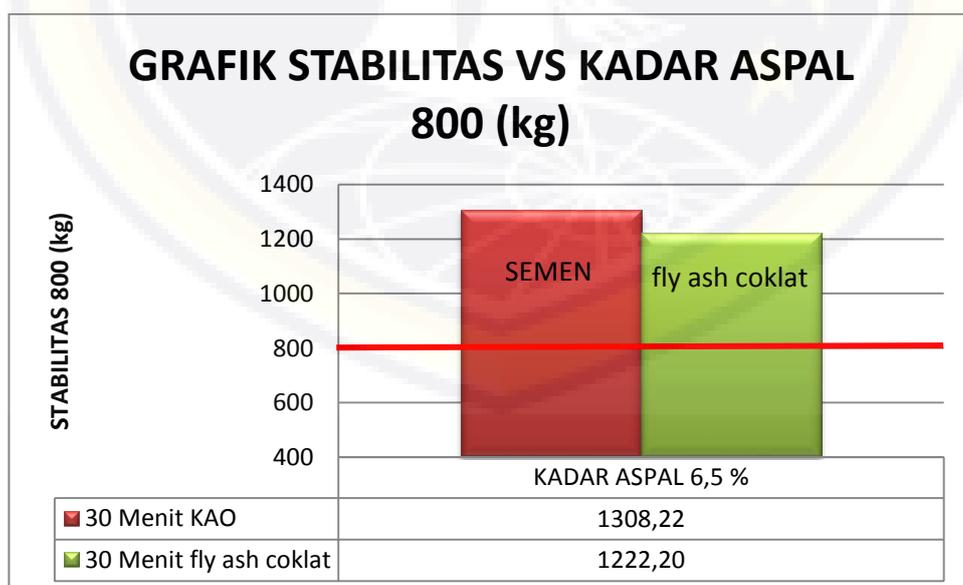
a. **Kepadatan**



Gambar.4.1. grafik kepadatan hasil uji laboratorium

nilai kepadatan untuk Aspal Standar perendaman 30 menit sama dengan nilai kepadatan Campuran Aspal menggunakan *Filler fly ash coklat* yaitu 2.29.

b. **Stabilitas**

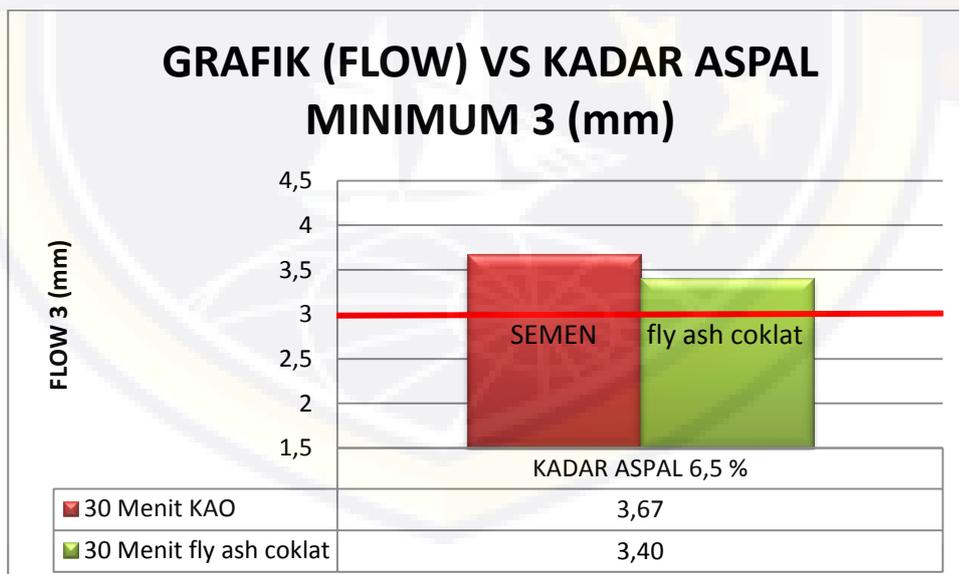


Gambar. 4.2. Grafik stabilitas hasil uji laboratorium.

Stabilitas merupakan ukuran kemampuan dari campuran untuk menahan beban yang diterima. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat serta kadar dan daya lekat aspal dalam campuran. Nilai stabilitas berpengaruh juga dengan bahan yang digunakan.

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa nilai stabilitas dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan aspal standar adalah 1308,22kg sedangkan saat menggunakan aspal menggunakan *Filler Fly Ash coklat* adalah 1222,20kg, itu dikarenakan *Fly Ash* coklat mengandung getah yg agak lengket sehingga dapat menurunkan nilai stabilitas, dan juga karena tingkat kehalusan *fly ash* coklat lebih halus di bandingkan dengan abu batu.

**c. Pelelehan (Flow) Minimum 3 (mm).**



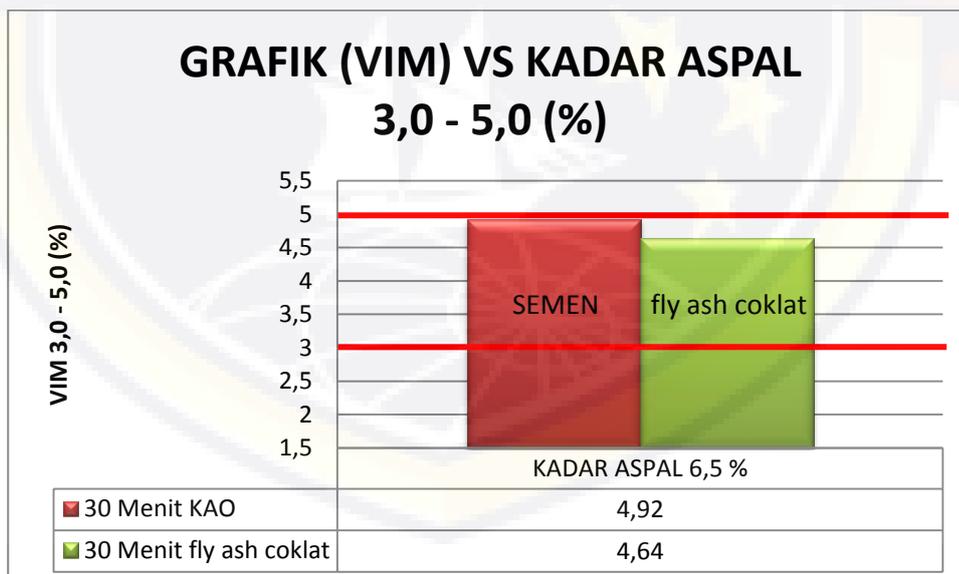
Gambar. 4.3. Grafik pelelehan (FLOW) hasil uji laboratorium.

Flow atau pelelehan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang

dinyatakan dalam mm atau 0,01". Flow merupakan parameter akan sifat suatu kelenturan suatu campuran. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan suhu pemadatan. Campuran dengan nilai stabilitas tinggi dan flow rendah cenderung menjadi kaku, sedangkan nilai campuran dengan nilai flow tinggi dan stabilitas rendah cenderung menjadi plastis dan mudah berubah bentuk.

Dari gambar. 4.3 terlihat bahwa nilai flow dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan aspal standar adalah 3,67mm sedangkan aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* adalah 3,40mm tapi tetap masuk dalam spesifikasi Jendral Bina Marga Spesifikasi 2010 Revisi 3. Hal ini disebabkan karena kedua benda material benda uji tersebut masih terselimuti aspal dengan baik.

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



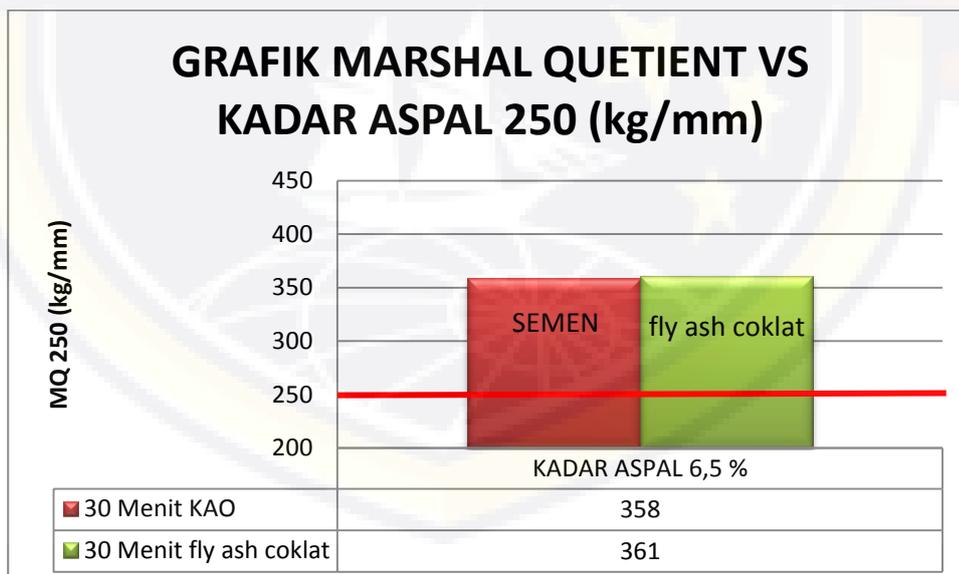
Gambar. 4.4. Grafik Rongga Dalam Campuran (VIM) hasil uji laboratorium.

Nilai VIM berpengaruh pada keawetan lapis perkerasan. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga yang terdapat

didalam campuran sehingga campuran bersifat forous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang kedap air dan kedap udara sehingga aspal mudah teroksidasi oleh udara sehingga mengakibatkan kadar aspal dalam campuran akan terus berkurang.

Dari gambar 4.4 di atas terlihat nilai VIM dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° pada campuran beton aspal standar yaitu 4,92% memenuhi spesifikasi Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3 sedangkan pada campuran beton aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* nilai VIM menurun pada perendaman 30 menit yaitu 4,64% namun tetap memenuhi spesifikasi Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3. Itu disebabkan karena adanya penggantian filler yaitu *Fly Ash Coklat*.

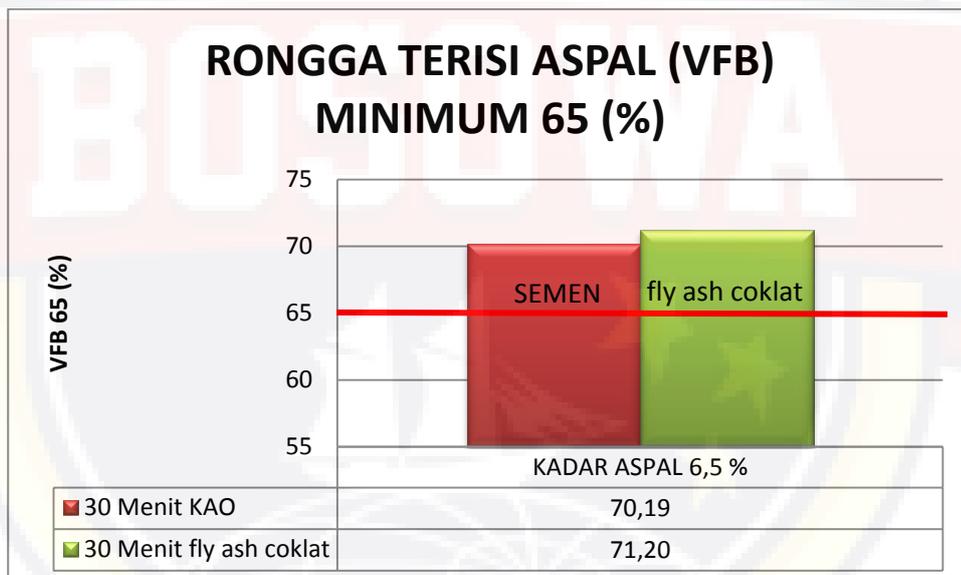
e. **Marshall Quetient**



Gambar. 4.5. Grafik Marshal Quetien hasil uji laboratorium.

Dari gambar 4.5 di atas terlihat bahwa ketika beton aspal standar dibandingkan dengan beton aspal menggunakan *filler fly ash* coklat secara umum mengakibatkan nilai MQ yang bervariasi. Nilai MQ yang didapatkan pada beton aspal standar yaitu 358 kg/mm sedangkan beton aspal menggunakan *Filler fly ash* coklat meningkat yaitu 361 kg/mm disebabkan karena persentase material pada campuran aspal menggunakan *Filler Fly Ash* Coklat dapat teridentifikasi dengan baik sehingga penggunaan aspal sesuai dengan material yang akan diselimuti.

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

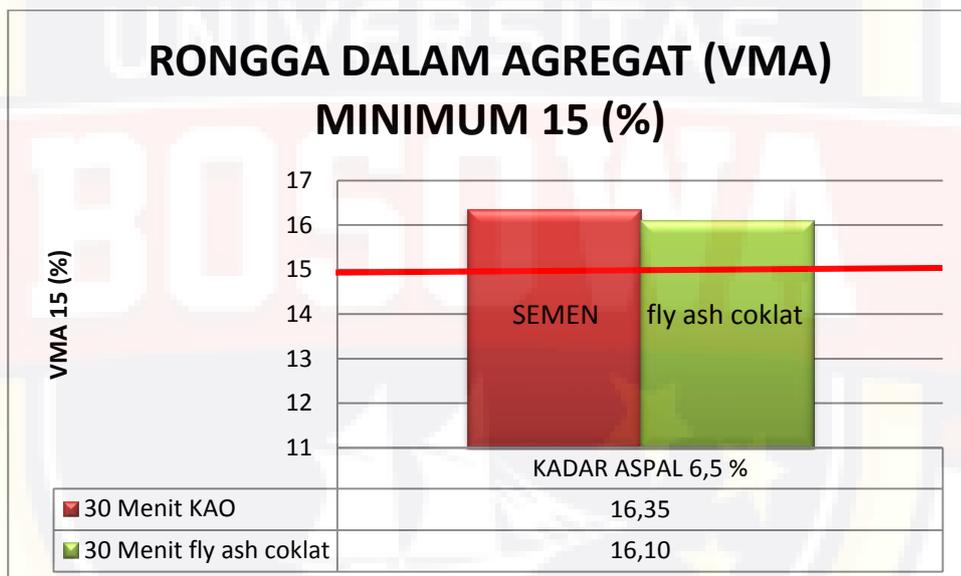


Gambar. 4.6. grafik Rongga Terisi Aspal (VFB) hasil uji laboratorium.

VFB adalah persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal. Nilai VFB pada campuran berpengaruh pada sifat kedap air dan elastisitas campuran. Semakin tinggi nilai VFB berarti semakin banyak nilai rongga terisi aspal sehingga semakin kedap air dan kedap udara. Dari gambar 4.6

di atas terlihat nilai VFB saat menggunakan campuran beton aspal standar dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° yaitu 70,19% memenuhi spesifikasi sedangkan campuran aspal menggunakan *Filler Fly Ash* coklat nilai VFB meningkat pada yaitu 71,20%, hal ini disebabkan karena kandungan yang terkandung dalam fly ash coklat membuat VFB meningkat dan juga tingkat kehalusan fly ash coklat lebih halus di banding abu batu.

**g. Rongga Dalam Agregat (VMA)**



Gambar. 4.7. Grafik Rongga Dalam Agregat (VMA) hasil uji laboratorium.

VMA adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat. Dari gambar 4.7 di atas terlihat bahwa nilai VMA dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan campuran beton aspal standar 16,35%, dibandingkan campuran beton aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* nilai VMA menurun pada 16,10%, hal ini di sebabkan karena nilai VFB yang meningkat sehingga membuat nilai VMA menurun.

#### 4.4.4 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

Hubungan pemanasan dan jumlah tumbukan IKS dapat dilihat pada tabel dibawah ini;

**Tabel 4.11. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal AC – WC Standar Dan Beton Aspal Menggunakan *Filler Fly Ash Coklat*.**

Aspal	KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek Min
		30 Menit	24 Jam		
Standar	6,5%	1308,2	1221,8	93,39	90
<i>AC-WC Fly Ash Coklat</i>	6,5%	1222,2	1219,0	99,74	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

**Tabel 4.12 Rangkuman Karakteristik Campuran Aspal Menggunakan Filler Semen Dan Filler Fly Ash Coklat.**

NO	KARAKTERISTIK MARSHALL	NILAI		SPEK
		FILLER SEMEN	FILLER FLY ASH COKLAT	
1	KEPADATAN	2.29	2.29	
2	STABILITAS	1308.22	1222.20	800 kg
3	FLOW	3.67	3.40	3 mm
4	VIM	4.92	4.64	3,0 - 5,0 %
5	MASHALL QUETIENT	358	361	250 kg/mm
6	VFB	70.19	71.20	65%
7	VMA	16.35	16.10	15%
8	IKS	93.39	99.74	>90

Dari Tabel terlihat nilai stabilitas untuk campuran AC – WC standar dan campuran Aspal menggunakan *filler fly ash* coklat pada kadar Aspal terhadap perendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C, menunjukkan bahwa nilai Stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24

jam mengalami penurunan terhadap nilai Stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama. Nilai IKS untuk campuran Aspal menggunakan *Filler Fly Ash coklat* mengalami peningkatan walaupun demikian campuran Aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* tetap memenuhi spesifikasi Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium mengenai penggunaan *filler fly ash coklat* sebagai bahan pengganti *filler* pada lapisan aspal (AC-WC) dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahan *fly ash* coklat memenuhi syarat teknis sebagai pengganti *filler*.

Hal ini dibuktikan dengan pengujian :

- Pemeriksaan Material
- Pemeriksaan *Filler fly ash coklat*
- Analisa saringan
- Berat jenis.

2. Karakteristik campuran aspal panas (AC-WC) menggunakan *fly ash* coklat sebagai pengganti *filler* :

- Nilai kepadatan untuk Aspal Standar perendaman 30 menit sama dengan nilai kepadatan Campuran Aspal menggunakan *Filler fly ash coklat*.
- Nilai stabilitas dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan aspal standar 1308,22 kg sedangkan saat menggunakan aspal menggunakan *Filler Fly Ash coklat* 1222,20 kg.
- Nilai flow dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan campuran aspal standar 3,67 mm sedangkan aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* 3,40 mm tapi tetap masuk

spesifikasi Jendral Bina Marga Spesifikasi 2010 Revisi 3. Disebabkan karena kedua benda material benda uji tersebut masih terselimuti aspal dengan baik.

- nilai VIM dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° pada campuran beton aspal standar 4,92 % memenuhi spesifikasi Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3 sedangkan pada campuran beton aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* nilai VIM menurun pada perendaman 30 menit yaitu 4,64 % namun tetap memenuhi spesifikasi Jendral Bina Marga 2010 Revisi 3, Itu disebabkan karena adanya bahan pengganti Filler yaitu *Fly Ash Coklat*.
- Nilai VFB saat menggunakan campuran beton aspal standar dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° yaitu 70,19 % memenuhi spesifikasi sedangkan campuran aspal menggunakan *Filler Fly Ash coklat* nilai VFB meningkat pada yaitu 71,20 %.
- Nilai VMA dengan perendaman 30 menit pada suhu 60° saat menggunakan campuran beton aspal standar 16,35 %, dibandingkan campuran beton aspal menggunakan *Filler Fly Ash Coklat* nilai VMA menurun pada 16,10 %.

## 5.2. Saran

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

1. Untuk mengetahui lebih lanjut karakteristik campuran aspal panas AC

-WC dengan menggunakan *Filler Fly Ash* coklat maka perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai jenis campuran ini, misalnya dengan pemakaian gradasi campuran yang berbeda.

2. Pengembangan jenis peralatan dan metode pengujian baru lainnya yang dapat digunakan sebagai pembanding dari pengujian *Filler Fly Ash* coklat, perlu untuk dilakukan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui formulasi campuran aspal yang maksimal atau optimum.

UNIVERSITAS

**BOSOWA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, “ **Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan** ”, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, 2010.
- Anonim , “ **Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal** “, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, 2014.
- Anonim, ” **Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan** “, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, 2010.
- Asiyanto, “ **Metode Konstruksi Proyek Jalan**”, Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.
- Hardiyatmo, Hary Christady, “**Pemeliharaan Jalan Raya**” Gadjah Mada University Press, 2007.
- Sukirman, Silvia, “ **Perkerasan Lentur Jalan Raya** “ Nova, Bandung, 1999.
- Sukirman, Silvia, “ **Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan** “ Nova, Bandung, 1994.
- Suhala, S, Sudradjat A, Mulyono, 1996. “**Bahan Galian Industri**”, PPTM, Bandung.
- Saodang, Hamirhan, Ir. MSCE, “**Konstruksi Jalan Raya**”, Nova, Bandung, 2009.
- Tim Penyusun, “ **Pedoman Prosedur dan Tata Cara Penulisan Tugas Akhir** “, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas “ 45 “ Makassar, 2007.
- Ali, Syaifullah (2006). "Pengaruh Penggunaan Gabungan Kapur Padam dan Fly Ash sebagai Filler terhadap kinerja Campuran Lataston Lapis Permukaan." *Politeknik Negeri Padang*: 21-30.
- Anonim, 2013. *Aspal* (online). <http://id.Wikipedia.Org/wiki/Aspal>. Diakses pada tanggal 28 Januari 2016, Makassar.
- Anonim, 2012. *Fly*. <http://flyashonline.blogspot.com/2012/08/pemanfaatan-fly-ash-abu-terbang.html>. Diakses pada tanggal 09 September 2016, Makassar.

Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan* (revisi 2). Direktorat Jenderal Bina Marga.

Hikmah dan Reski dkk, 2012, *Pengujian Abu Batu Merah sebagai Pengganti Filler Pada Lapisan AC-WC*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Putrowijoyo, Rian (2006). "Kajian Laboratorium Sifat *Marshall* dan *Durabilitas Aspal concrete-wearing course (AC-WC)* dengan Membandingkan Penggunaan antara Semen Portland dan Abu Batu sebagai *Filler*." *Universitas Diponegoro Semarang*,: 1-84.

Rezki, Andi Marina. Pemanfaatan Ekstraksi Kulit Ari Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) pada Produk *cookie* Cokelat. *Universitas Hassanuddin Makassar*.

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

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Granit

Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Jakarta : Nova.



# **LAMPIRAN I**

**DATA HASIL ANALISA SARINGAN  
AGREGAT KASAR DAN HALUS**



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

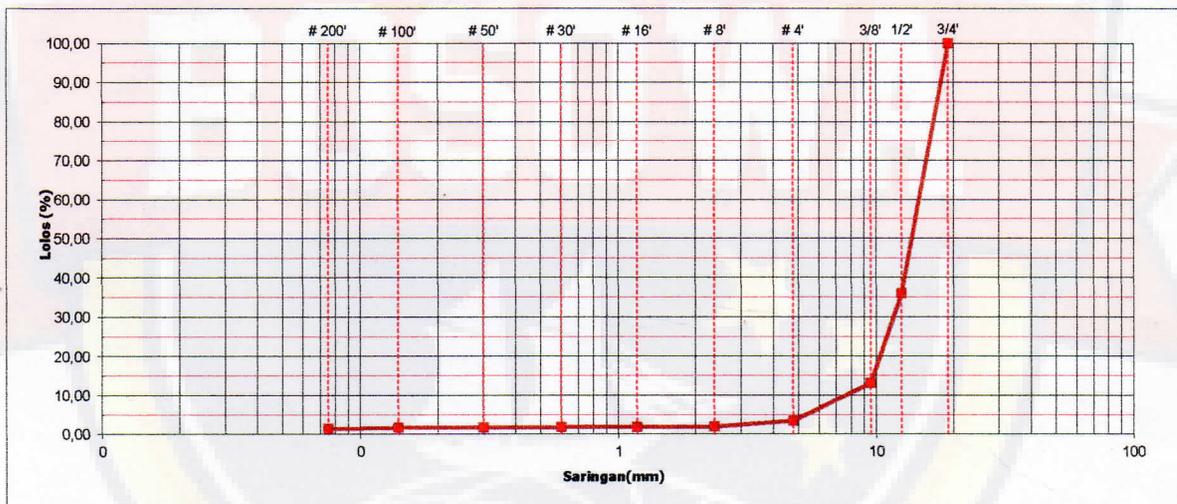
### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

( AASHTO T. 11 / 27 - 29 )

Material : Batu Pecah 1 - 2  
 Tanggal :  
 Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
 Diperiksa : Muh. Hamdan. ST

No Saringan	Total : 2521,0			Total : 2523,4			Total : 2589,9			Rata - rata % Lolos
	Contoh : 1			Contoh : 2			Contoh : 3			
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
1/2"	1667,7	66,15	33,85	1525,8	60,47	39,53	1691,1	65,30	34,70	36,03
3/8"	2167,6	85,98	14,02	2194,7	86,97	13,03	2272,8	87,76	12,24	13,10
No. 4	2430,4	96,41	3,59	2393,7	94,86	5,14	2547,4	98,36	1,64	3,46
No. 8	2472,4	98,07	1,93	2462,1	97,57	2,43	2547,4	98,36	1,64	2,00
No. 16	2473,9	98,13	1,87	2470,2	97,89	2,11	2550,3	98,47	1,53	1,84
No. 30	2474,7	98,16	1,84	2473,2	98,01	1,99	2551,9	98,53	1,47	1,76
No. 50	2475,4	98,19	1,81	2475,2	98,09	1,91	2552,2	98,54	1,46	1,72
NO. 100	2476,2	98,22	1,78	2477,3	98,17	1,83	2554,4	98,63	1,37	1,66
No. 200	2480,7	98,40	1,60	2485,7	98,51	1,49	2559,1	98,81	1,19	1,43
Pan										



Makassar, November 2015

Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium

  
 MUH. HAMDAN, ST





# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568.  
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR ( AASHTO T. 11 / 27 - 29 )

Material : Abu Batu  
 Tanggal :  
 Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
 Diperiksa : Muh. Hamdan. ST

No Saringan	Total : 2594,1			Total : 2560,1			Total : 2592			Rata - rata % Lolos
	Contoh : 1			Contoh : 2			Contoh : 3			
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0	0,00	100,00	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	0	0,00	100,00	100,00
3/8"	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	2,1	0,08	99,92	5,1	0,20	99,80	6,1	0,24	99,76	99,83
No. 8	571,4	22,03	77,97	559,5	21,85	78,15	527,3	20,34	79,66	78,59
No. 16	1076,5	41,50	58,50	1039,2	40,59	59,41	1037,2	40,02	59,98	59,30
No. 30	1495,3	57,64	42,36	1469	57,38	42,62	1467	56,60	43,40	42,79
No. 50	1710,2	65,93	34,07	1685,5	65,84	34,16	1691,9	65,27	34,73	34,32
NO. 100	1946,6	75,04	24,96	1930,5	75,41	24,59	1947,7	75,14	24,86	24,80
No. 200	2249,8	86,73	13,27	2227,6	87,01	12,99	2251,2	86,85	13,15	13,14
Pan										



Makassar, November 2015

Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium

  
MUH. HAMDAN, ST



## LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

### UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.

website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

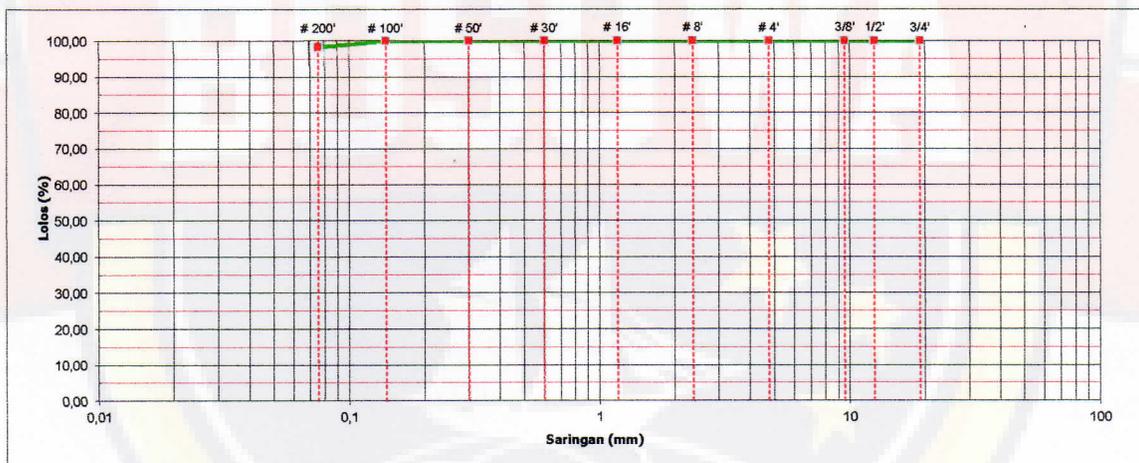
### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR

( AASHTO T. 11 / 27 - 29 )

Material : Semen  
 Tanggal :  
 Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
 Diperiksa : Muh. Hamdan. ST

No Saringan	Total : 2300,0			Total : 2300			Total : 2300			Rata - rata % Lolos
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0,0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
1/2"	0	0,00	100,00	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	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	0,0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 8	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 16	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 30	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 50	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 100	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	0	0,00	100,00	100,00
No. 200	38,6	1,68	98,32	37,2	1,62	98,38	39,2	1,70	98,30	98,33



Makassar, November 2015

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

  
MUH. HAMDAN, ST



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

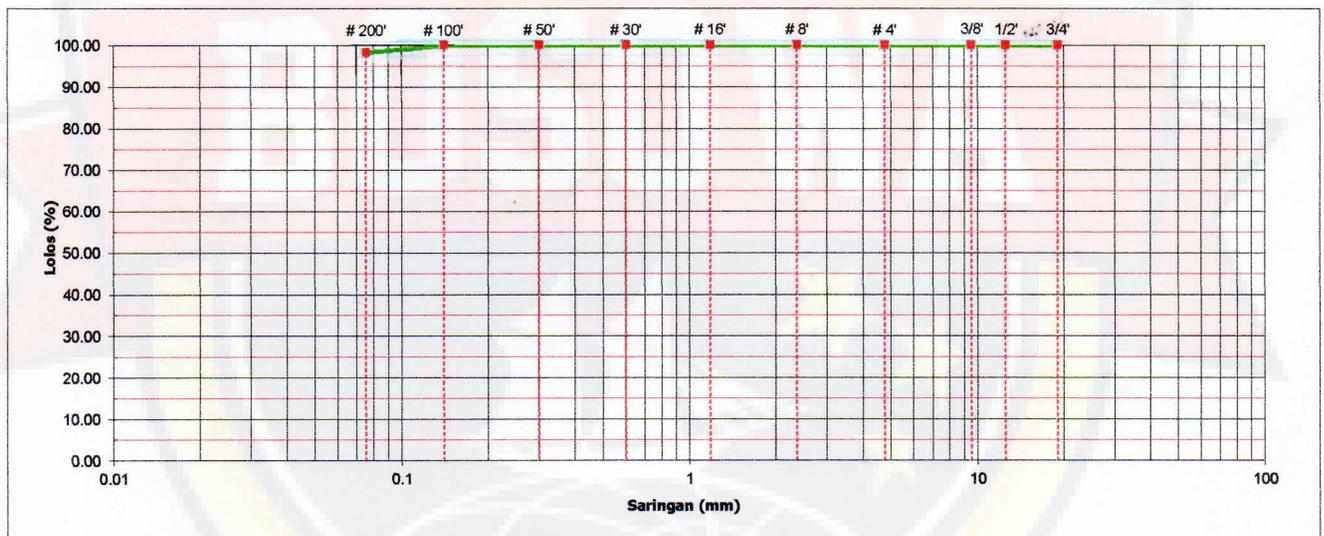
Jln. Urip Sumoharjo Km. 6– Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS DAN KASAR ( AASHTO T. 11 / 27 - 29 )

Material : fly ash coklat  
 Tanggal :  
 Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
 Diperiksa : Muh. Hamdan. ST

No Saringan	Total : 2300.0			Total : 2300			Total : 2300			Rata - rata % Lolos
	Contoh : 1			Contoh : 2			Contoh : 3			
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	
3/4"	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
1/2"	0	0.00	100.00	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	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	0.0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 8	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 16	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 30	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
No. 50	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	100.00
NO. 100	1.7	0.07	99.93	1.6	0.07	99.93	1.9	0.08	99.92	99.92
No. 200	36.9	1.60	98.40	35.6	1.55	98.45	37.3	1.62	98.38	98.41



Makassar, November 2015

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

MUH. HAMDAN. ST



# **LAMPIRAN II**

**DATA HASIL PEMERIKSAAN BERAT  
JENIS AGREGAT KASAR DAN HALUS**



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6 – Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR ( PB - 0202 - 76 )

Material : Batu Pecah 1 - 2  
Tanggal :  
Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
Diperiksa :

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	$B_k$	2464,8	2717,5	2591,15
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	$B_j$	2517,9	2780,1	2649,0
Berat benda uji didalam air	$B_a$	1540,3	1699,9	1620,1

		A	B	Rata - rata
Berat jenis ( Bulk )	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,52	2,52	<b>2,52</b>
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,58	2,57	<b>2,57</b>
Berat jenis semu ( Apparent )	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,67	2,67	<b>2,67</b>
Penyerapan ( Absorption )	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,15	2,30	<b>2,23</b>

Makassar, Agustus 2016

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

  
MUH. HAMDAN, ST



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568.

website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

( PB - 0202 - 76 )

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

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
Diperiksa :

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji kering oven	$B_k$	2459,2	2426	2442,6
Berat benda uji kering - permukaan jenuh	$B$	2529,3	2490,7	2510,0
Berat benda uji didalam air	$B_a$	1563,2	1537,7	1550,45

		A	B	Rata - rata
Berat jenis ( Bulk )	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,55	2,55	<b>2,55</b>
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,62	2,61	<b>2,62</b>
Berat jenis semu ( Apparent )	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,74	2,73	<b>2,74</b>
Penyerapan ( Absorption )	$\frac{B_j - B_k}{B} \times 100\%$	2,85	2,67	<b>2,76</b>

Makassar, Agustus 2016

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

  
MUH. HAMDAN, ST



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR ( PB - 0202 - 76 )

Material : Abu Batu  
Tanggal :  
Sumber : Bili - Bili

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
Diperiksa :

		A	B	Rata - rata
Berat benda uji	500	500	500	500
Berat benda uji kering oven	$B_k$	486,2	489,0	487,60
Berat Piknometer diisi air (25 <sup>0</sup> C)	B	667,8	667,9	667,85
Berat Piknomet	$B_t$	977,8	977,8	977,80

		A	B	Rata - rata
Berat jenis ( Bulk )	$\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$	2,56	2,57	2,57
Berat jenis kering - permukaan jenuh	$\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$	2,63	2,63	2,63
Berat jenis semu ( Apparent )	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,76	2,73	2,74
Penyerapan ( Absorption )	$\frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\%$	2,84	2,25	2,54

Makassar, Agustus 2016

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

  
MUH. HAMDAN, ST



## LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
website: [www.tekniksipil45makassar.info](http://www.tekniksipil45makassar.info) / email: [tsipil@yahoo.com](mailto:tsipil@yahoo.com)

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS SEMEN PORTLAND ( SNI 15 - 2531 - 1991 )

Material : Semen

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi m

Tanggal : 3 Desember 2016

Sumber : Tonasa

Benda Uji	(A)	65	gr
Volume Benda Uji	(B)	20,5	cc
Berat Isi	(A)	3,17	gr / cc
	(B)		
Berat Jenis Semen Portland		<b>3,17</b>	

Makassar, Agustus 2016

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

  
**MUH. HAMDAN, ST**



# LAMPIRAN III

DATA HASIL GRADASI PENGGABUNGAN  
AGREGAT



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

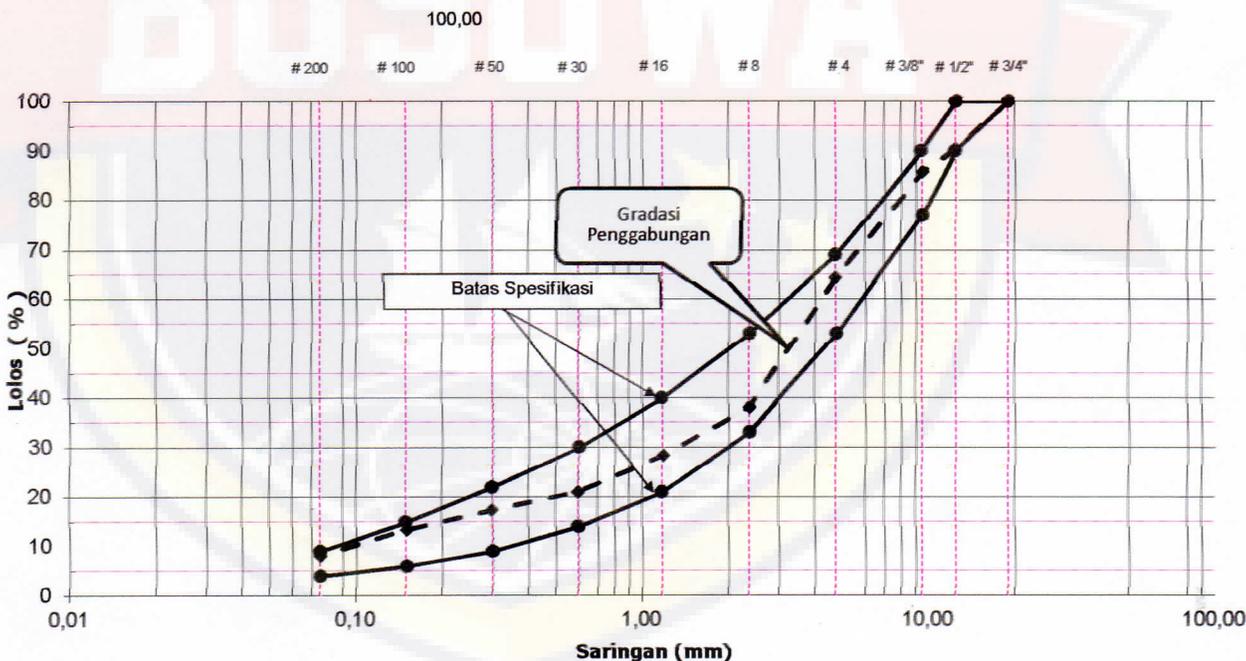
### GRADASI PENGGABUNGAN AGREGAT ( COMBINED )

Material :  
 Tanggal :  
 Sumber :

Dikerjakan : Sulfachri Agusyamdhi.M  
 Diperiksa :

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu ( Rata - rata )				Gradasi Penggabungan Agregat ( Combined ) AC - WC											Spesifikasi 2010 Rev 3	Faktor Luas Permukaan Agregat	
	a	b	c	d	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI			
3/4"	100	100,00	100	100	100,00												100	0,41
1/2"	36,03	100,00	100	100	90,40												90 - 100	0,41
3/8"	13,10	97,19	100	100	85,73												77 - 90	0,41
# 4	3,46	52,38	99,83	100	64,50												53 - 69	0,41
# 8	2,00	12,09	78,59	100	38,06												33 - 53	0,82
# 16	1,84	7,74	59,30	100	28,40												21 - 40	1,64
# 30	1,76	6,15	42,79	100	21,09												14 - 30	2,87
# 50	1,72	5,57	34,32	100	17,44												9 - 22	6,14
# 100	1,66	5,12	24,80	100	13,42												6 - 15	12,29
# 200	1,43	3,95	13,14	98,33	8,19												4 - 9	32,77

Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)	a. Batu Pecah 1 - 2	15,00																
	b. Batu Pecah 0,5 - 1	44,00																
	c. Abu Batu	40,00																
	d. Filler Semen	1,00																
Total Luas Permukaan Agregat ( M2/KG )		7,05																



Makassar, November 2016

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 \times 35,50 + 0,045 \times 56,31 + 0,18 \times 8,19 + 0,75 \\
 &= 1,24 + 2,53 + 1,47442 + 0,75 \\
 &= 6,00
 \end{aligned}$$

Diperiksa Oleh :  
 Asisten Laboratorium

MUIH. HAMDAN, ST



**LAMPIRAN VI**

**DATA HASIL PENENTUAN PB**





**LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN  
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

Jln. Urip Sumaharjo Km. 6- Teip. (0411) 452901 - 342789fax (0411)424568.  
website: www.teknikspilipidmakassar.info / email: tsipilid@yaho.com

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

Penetrasi Aspal : 60/70  
Berat Jenis Aspal : 1,0419 gr/cc

Campuran : AC - WC  
Test : STANDAR  
Tanggal Tes : 22 September 2016

DIKERJAKAN : SULFACHRYAGUSYAMDHIM

DIPERIKSA : Muh. Hamdan, ST

No	Agregat		Bj Buluk	Bj Semu
a	Batu Pecah 1 - 2		2,52	2,67
b	Batu Pecah 0,5 - 1		2,55	2,74
c	Abu Batu		2,57	2,74
d	Filler		3,17	3,17

No	Proporsi Campuran (% Berat Total Agregat)				Kadar Aspal Efektif (%)		Bj Buluk Gabungan	Bj Efektif Gabungan	Bj Maksimum Campuran (GMM)	Berat (Gram)		Volume Benda Uji	% Rongga Dalam Campuran (VIM)	Stabilitas (Kg)		(mm) Pelelehan Marshall	Luas Permukaan Agregat	Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran	Tebal Film	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Rongga Tertisi Aspal (VFB)	
	a	b	c	d	A	B				D	E			F	G							H
I	15,00	44,00	40,00	1,00	3,75	5	2,55	2,64	2,46	1182,4	689,8	1194,4	525	8,2	71	1015,58	3,90	1,31	5,28	16,18	48,90	
II	15,00	44,00	40,00	1,00	3,75	5	2,55	2,64	2,46	1151,9	689,9	1171,2	501	6,4	68	1053,73	3,00	1,31	5,28	14,54	55,90	
III	15,00	44,00	40,00	1,00	3,75	5	2,55	2,64	2,46	1182,3	688,6	1198,8	530	9,2	69	986,98	2,90	1,31	5,28	17,07	46,23	
									<b>Rata - rata</b>			<b>519</b>	<b>7,9</b>		<b>69,33</b>	<b>1018,76</b>	<b>3,27</b>	<b>1,31</b>	<b>5,28</b>	<b>15,93</b>	<b>50,48</b>	
I	15,00	44,00	40,00	1,00	4,27	5,5	2,55	2,64	2,44	1180,8	675,7	1196	520	6,9	80	1192,00	4,00	1,31	6,04	16,04	56,94	
II	15,00	44,00	40,00	1,00	4,27	5,5	2,55	2,64	2,44	1181,2	675,5	1195,6	520	6,8	72	1072,80	3,55	1,31	6,04	15,98	57,20	
III	15,00	44,00	40,00	1,00	4,27	5,5	2,55	2,64	2,44	1180,2	670,6	1191,3	521	7,0	70	1043,00	3,10	1,31	6,04	16,15	56,49	
									<b>Rata - rata</b>			<b>520</b>	<b>6,9</b>		<b>74,00</b>	<b>1102,60</b>	<b>3,95</b>	<b>1,31</b>	<b>6,04</b>	<b>16,06</b>	<b>56,87</b>	
I	15,00	44,00	40,00	1,00	4,78	6	2,55	2,64	2,42	1220,3	669	1191,3	522	3,5	77	1147,30	4,00	1,30	6,81	14,03	75,16	
II	15,00	44,00	40,00	1,00	4,78	6	2,55	2,64	2,42	1190,6	668,5	1190,8	522	5,8	79	1177,10	3,35	1,30	6,81	16,12	63,81	
III	15,00	44,00	40,00	1,00	4,78	6	2,55	2,64	2,42	1188,4	665,6	1189,4	524	6,3	93	1330,27	3,50	1,30	6,81	16,51	61,99	
									<b>Rata - rata</b>			<b>523</b>	<b>5,2</b>		<b>83,00</b>	<b>1218,22</b>	<b>3,62</b>	<b>1,30</b>	<b>6,81</b>	<b>15,55</b>	<b>66,99</b>	
I	15,00	44,00	40,00	1,00	5,29	6,5	2,55	2,64	2,40	1199,5	669,7	1180,3	511	2,3	76	1132,40	4,00	1,29	7,58	14,01	83,79	
II	15,00	44,00	40,00	1,00	5,29	6,5	2,55	2,64	2,40	1186,8	669,5	1184,8	515	4,2	72	1072,80	3,00	1,29	7,58	15,70	73,32	
III	15,00	44,00	40,00	1,00	5,29	6,5	2,55	2,64	2,40	1170,9	668,8	1182,2	513	5,1	86	1326,10	4,20	1,29	7,58	16,52	69,00	
									<b>Rata - rata</b>			<b>513</b>	<b>3,9</b>		<b>79,00</b>	<b>1177,1</b>	<b>3,73</b>	<b>1,29</b>	<b>7,58</b>	<b>15,41</b>	<b>75,37</b>	
I	15,00	44,00	40,00	1,00	5,80	7	2,55	2,64	2,39	1199,4	679,9	1187,8	508	1,1	80	1239,68	4,10	1,29	8,36	14,03	92,34	
II	15,00	44,00	40,00	1,00	5,80	7	2,55	2,64	2,39	1173,3	674,9	1182,507	507	3,1	64	991,74	3,95	1,29	8,36	15,76	80,50	
III	15,00	44,00	40,00	1,00	5,80	7	2,55	2,64	2,39	1182,4	672,9	1188,8	516	4,0	72	1072,80	3,50	1,29	8,36	16,56	75,91	
									<b>Rata - rata</b>			<b>510</b>	<b>2,7</b>		<b>72,00</b>	<b>1101,4</b>	<b>3,85</b>	<b>1,29</b>	<b>8,36</b>	<b>15,45</b>	<b>82,92</b>	
<b>SPESIFIKASI</b>																						
													<b>Min 3,0 - 5,0</b>		<b>Min 800</b>				<b>Min 3</b>	<b>Min 250</b>	<b>Min 15</b>	<b>Min 65</b>

Mekassar, Desember 2016

Diperiksa Oleh :  
Asisten Laboratorium

Muh. Hamdan, ST



# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

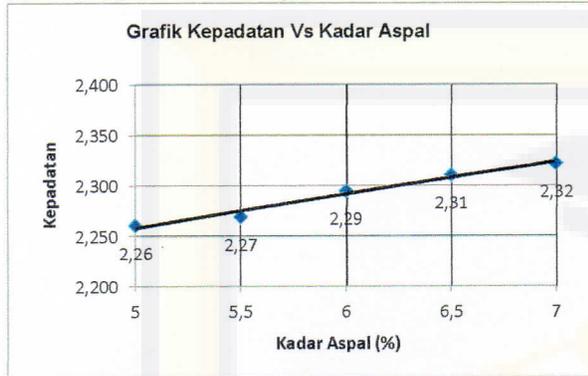
## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789 fax.(0411)424568.  
 website: www.teknispil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

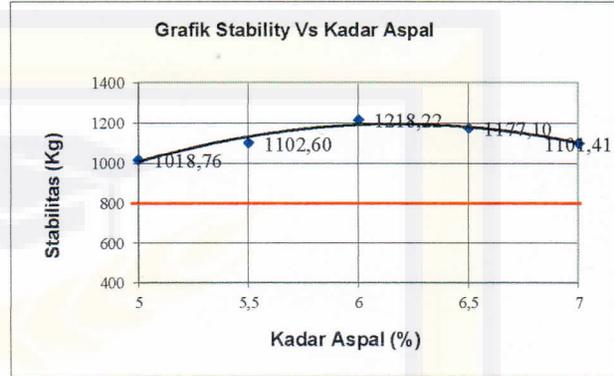
### GRAFIK KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Jenis Campuran AC - WC Gradasi Halus

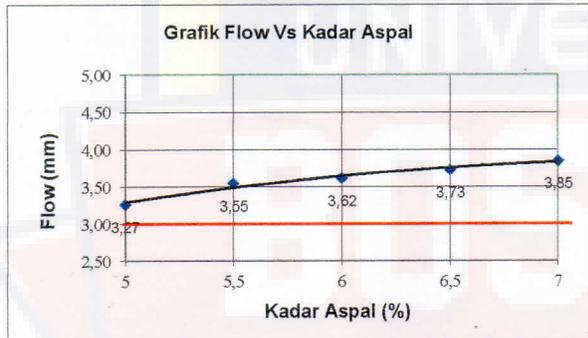
Kepadatan



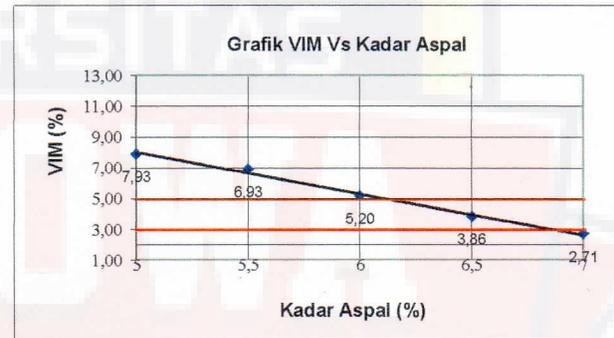
Stabilitas Minimum 800 (KG)



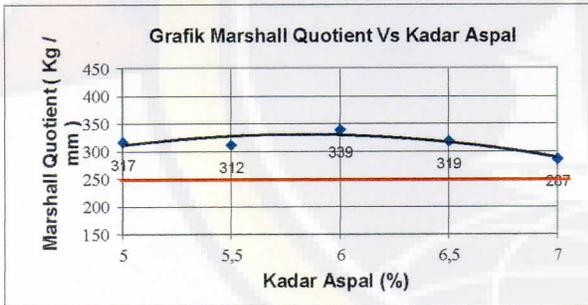
Pelehan ( Flow ) Minimum 3 ( mm )



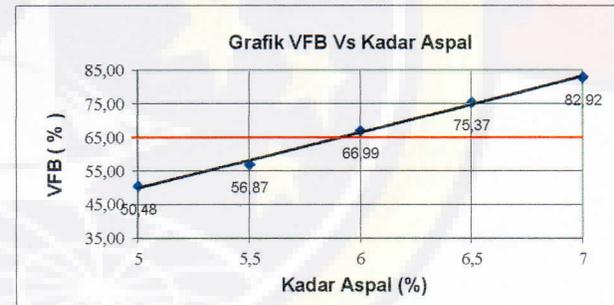
Rongga Dalam Campuran ( VIM ) 3,0 - 5,0 ( % )



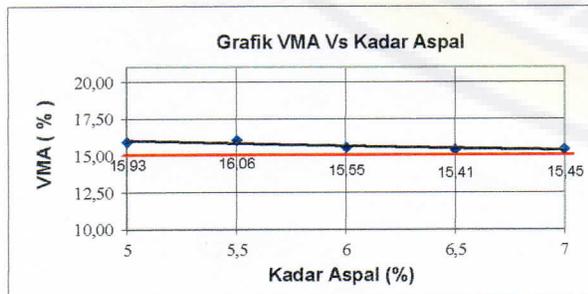
Marshall Quotion 250 (Kg/mm)



Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 ( % )



Rongga Dalam Agregat (VMA) Minimum 15 ( % )



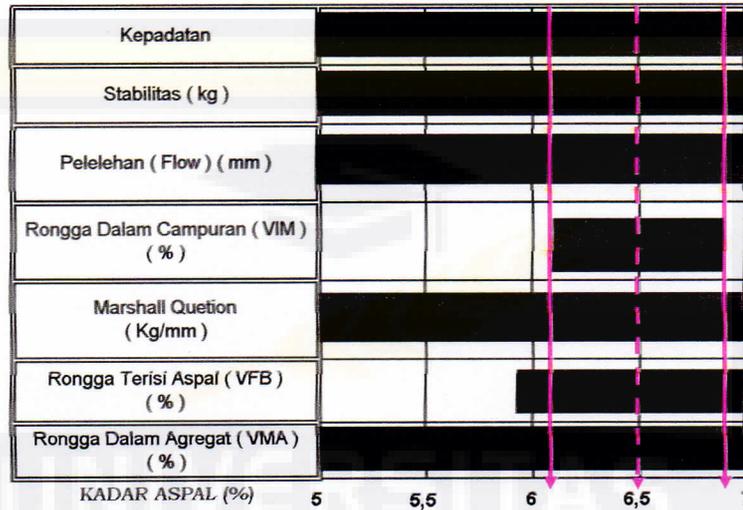


# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
 website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

## DIAGRAM PENENTUAN KADAR ASPAL OPTIMUM



$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{6,2 + 6,8}{2} = 6,5$$

# BOSOWA

The background features a large, faint watermark of the University of Jember logo. It consists of a shield-shaped emblem with a yellow border. Inside the shield, there is a graduation cap (mortarboard) at the top, a yellow feather or quill below it, a white sailboat in the center, and a globe at the bottom. To the right of the globe are three yellow stars. A red banner with white text is superimposed across the middle of the shield.

# LAMPIRAN V

DATA HASIL MARSHALL KAO



The background features a large, faint watermark of a university crest. The crest is shield-shaped with a yellow border. Inside the shield, there is a graduation cap (mortarboard) at the top, a yellow feather or quill below it, and a sailing ship on the sea at the bottom. The text 'UNIVERSITAS' is visible across the middle of the shield.

# LAMPIRAN VI

**DATA HASIL AC-WC MENGGUNAKAN  
*FILLER FLY ASH COKLAT***



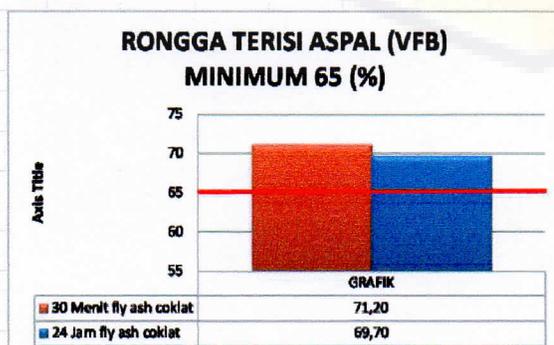
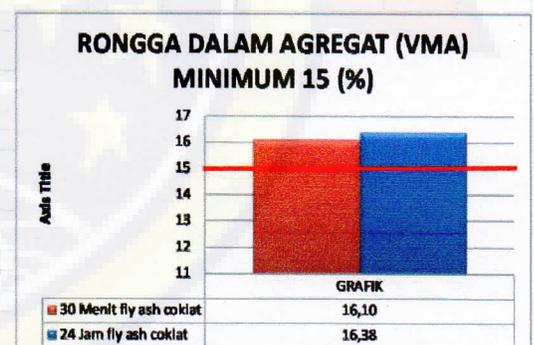
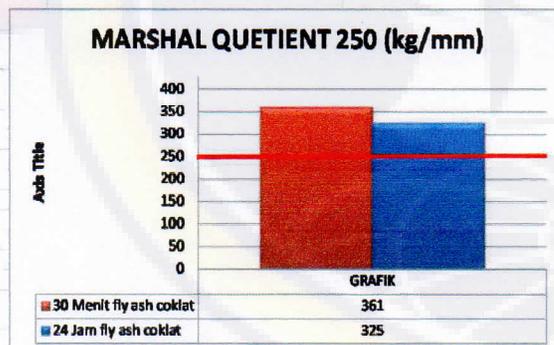
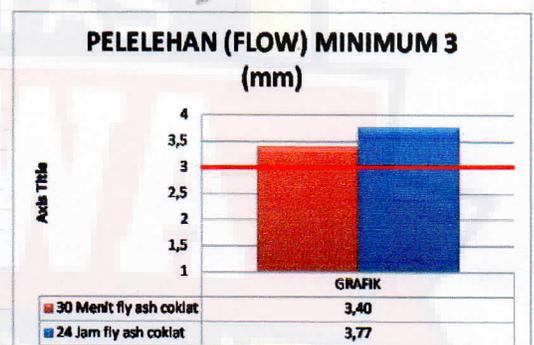
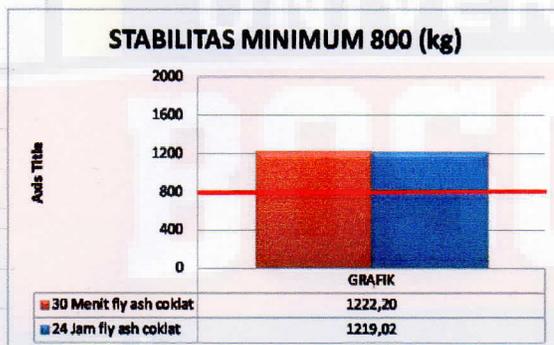
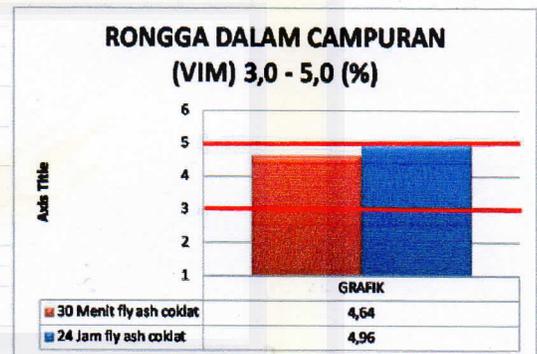
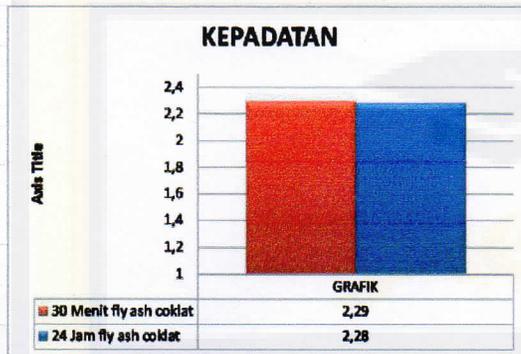


## LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

### UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452801 – 342789fax.(0411)424568.  
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

## GRAFIK AC-WC MENGGUNAKAN FILLER FLY ASH COKLAT





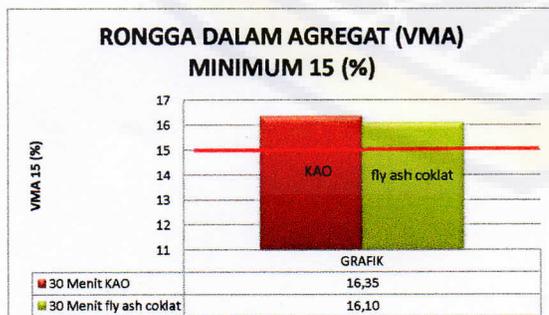
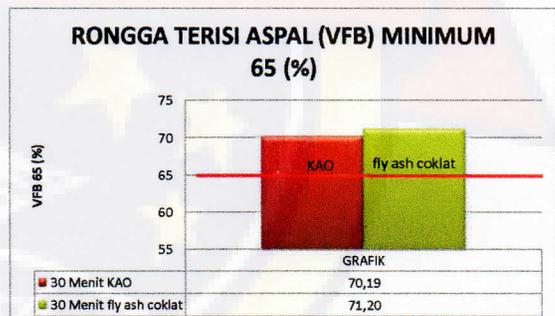
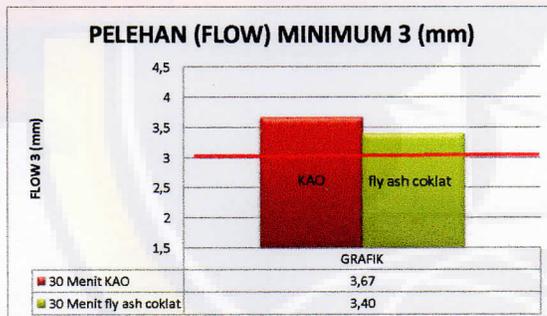
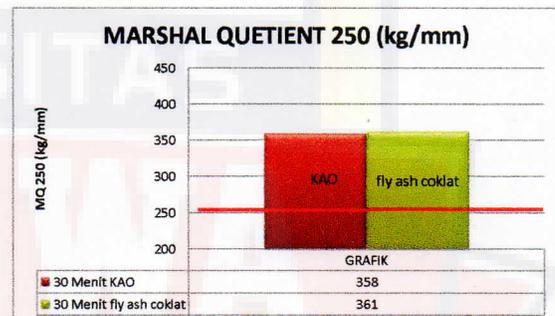
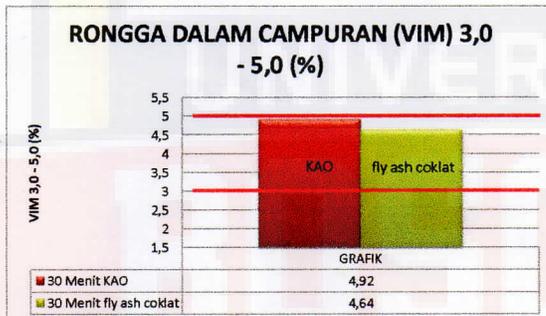
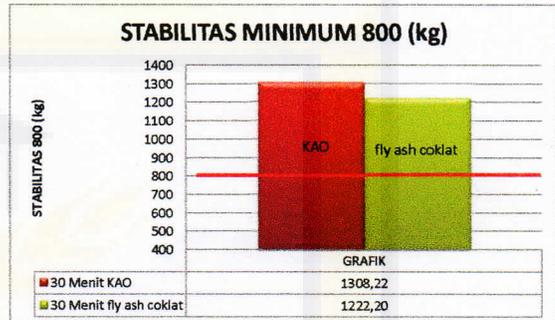
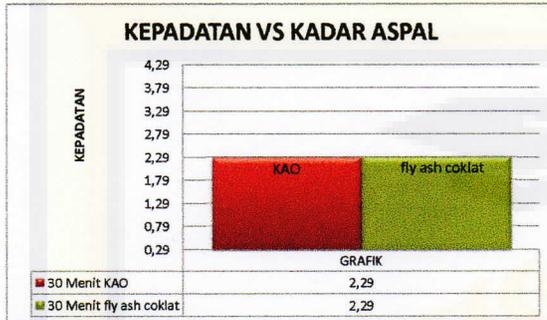


# LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

## UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.  
website: www.tekniksipil45makassar.info / email: tsipil@yahoo.com

### GRAFIK PERBANDINGAN AC-WC STANDAR DAN AC-WC MENGGUNAKAN FILLER FLY ASH COKLAT



The background features a large, faint watermark of a university crest. The crest is shield-shaped with a yellow border. Inside the shield, there is a graduation cap (mortarboard) at the top, a yellow banner across the middle, and a sailing ship on the sea at the bottom. The text 'UNIVERSITAS' is visible above the banner and 'SILANG' is visible below it.

# LAMPIRAN VII

**DATA HASIL ANALISA RUMUS UNTUK  
KOMPOSISI CAMPURAN AC-WC STANDAR**



## LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN

### UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Jln. Urip Sumoharjo Km. 6- Telp. ( 0411 ) 452901 – 342789fax.(0411)424568.

website: [www.tekniksipil45makassar.info](http://www.tekniksipil45makassar.info) / email: [tsipil@yahoo.com](mailto:tsipil@yahoo.com)

#### Rumus untuk komposisi campuran AC - WC HALUS

Kadar Aspal	=	<b>5</b> %	100 %	-	<b>5</b> %	=	95
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>							
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	95 %	=	0,14 x	1200	= 171,0
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	95 %	=	0,42 x	1200	= 501,6
Abu Batu	40 %	x	95 %	=	0,38 x	1200	= 456,0
Semen	1 %	x	95 %	=	0,01 x	1200	= 11,4
Aspal	<b>5</b> %			X		1200	= 60
							<b>1200</b>

Kadar Aspal	=	<b>5,5</b> %	100 %	-	<b>5,5</b> %	=	94,5
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>							
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	94,5 %	=	0,14 x	1200	= 170,1
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	94,5 %	=	0,42 x	1200	= 499,0
Abu Batu	40 %	x	94,5 %	=	0,38 x	1200	= 453,6
Semen	1 %	x	94,5 %	=	0,01 x	1200	= 11,3
Aspal	<b>5,5</b> %			X		1200	= 66
							<b>1200</b>

Kadar Aspal	=	<b>6</b> %	100 %	-	<b>6</b> %	=	94
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>							
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	94 %	=	0,14 x	1200	= 169,2
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	94 %	=	0,41 x	1200	= 496,3
Abu Batu	40 %	x	94 %	=	0,38 x	1200	= 451,2
Semen	1 %	x	94 %	=	0,01 x	1200	= 11,3
Aspal	<b>6</b> %			X		1200	= 72
							<b>1200</b>

Kadar Aspal	=	<b>6,5</b> %	100 %	-	<b>6,5</b> %	=	93,5
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>							
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	93,5 %	=	0,14 x	1200	= 168,3
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	93,5 %	=	0,41 x	1200	= 493,7
Abu Batu	40 %	x	93,5 %	=	0,37 x	1200	= 448,8
Semen	1 %	x	93,5 %	=	0,01 x	1200	= 11,2
Aspal	<b>6,5</b> %			X		1200	= 78
							<b>1200</b>

Kadar Aspal	=	<b>7</b> %	100 %	-	<b>7</b> %	=	93
<b>Hasil Penggabungan Agregat ( Combined )</b>							
Batu Pecah 1 - 2	15 %	x	93 %	=	0,14 x	1200	= 167,4
Batu Pecah 0,5 - 1	44 %	x	93 %	=	0,41 x	1200	= 491,0
Abu Batu	40 %	x	93 %	=	0,37 x	1200	= 446,4
Semen	1 %	x	93 %	=	0,01 x	1200	= 11,2
Aspal	<b>7</b> %			X		1200	= 84
							<b>1200</b>



# LAMPIRAN VII

ANGKA KORELASI STABILITAS

## ANGKA KORELASI STABILITAS

Isi Benda Uji ( cm )	Tabel Benda Uji		Angka Korelasi
	( in )	( mm )	
200 - 213	1	25,4	5,56
214 - 225	1 1/16	27,0	5,00
226 - 237	1 1/8	28,6	4,55
238 - 250	1 3/16	30,2	4,17
251 - 264	1 1/4	31,8	3,85
265 - 276	1 5/16	33,3	3,57
277 - 289	1 3/8	34,9	3,33
290 - 301	1 7/16	36,5	3,03
302 - 316	1 1/2	38,1	2,78
317 - 328	1 9/16	39,7	2,50
329 - 340	1 5/8	41,3	2,27
341 - 353	1 11/16	42,9	2,08
354 - 367	1 3/4	44,4	1,92
368 - 379	1 13/16	46,0	1,79
380 - 392	1 7/8	47,6	1,67
393 - 405	1 15/16	49,2	1,56
406 - 420	2	50,8	1,47
421 - 431	2 1/16	52,4	1,39
432 - 443	2 1/8	54,0	1,32
444 - 456	2 3/16	55,6	1,25
457 - 470	2 1/4	57,2	1,19
471 - 482	2 5/16	58,7	1,14
483 - 495	2 3/8	60,3	1,09
496 - 508	2 7/16	61,9	1,04
509 - 522	2 1/2	63,5	1,00
523 - 535	2 9/16	64,0	0,96
536 - 546	2 5/8	65,1	0,93
547 - 559	2 11/16	66,7	0,89
560 - 573	2 3/4	68,3	0,86
574 - 585	2 13/16	71,4	0,83
586 - 598	2 7/8	73,0	0,81
599 - 610	2 15/16	74,6	0,78
611 - 625	3	76,2	0,76

## Dokumentasi Penelitian



Persiapan Agregat



Pencucian Agregat



Pengujian Analisa Saringan



Pencampuran Agregat + Aspal Pen 60/70 dan Asbuton LGA



Pemadatan Benda Uji



Benda Uji



Perendaman Benda Uji dalam WaterBath



Marshall Test