

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ECENG GONDOK SEBAGAI  
BAHAN TAMBAH ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP  
KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC  
(Studi Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**SHANIA NOVILSHA**

**1607210025**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400  
Website :<http://www.umsu.ac.id> Email : [rektor@umsu.ac.id](mailto:rektor@umsu.ac.id)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Shania Novilsha  
NPM : 1607210025  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok  
Sebagai Bahan Tambah Aspal Penetrasi 60/70  
Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC  
(Penelitian)  
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 15 Oktober 2020

Dosen Pembimbing

  
**UMSU**  
M. Husin Gultom, S.T, M.T  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Shania Novilsha  
NPM : 1607210025  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan  
Tambah Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik  
Campuran Laston AC-BC\_ (*Penelitian*)  
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Oktober 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Muhammad Husin Gultom S.T, M.T

Dosen Pembanding I



Hj. Irma Dewi, S.T, M.S

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Shania Novilsha  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 22 November 1998  
NPM : 1607210025  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

*“Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Tambah Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC (Penelitian)”*

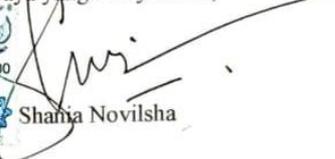
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Oktober 2020

Saya yang menyatakan,

   
Shania Novilsha

## ABSTRAK

### PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERAT ECENG GONDOK SEBAGAI BAHAN TAMBAH ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC (*Studi Penelitian*)

Shania Novilsha

1607210025

M. Husin Gultom, ST, MT

Serat selulosa merupakan jenis fiber organik disamping itu terdapat juga fiber anorganik seperti asbes, dan gelas. Selulosa adalah serat yang berbentuk pita (*ribbon type*) dan penampangnya datar. Pada bagian seratnya mudah patah dan sobek yang dapat menambah luas permukaan yang membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak dalam campuran, sehingga kadar aspal yang dipakai dapat efektif mengikat dan menyelimuti agregat serta memberikan lapisan film aspal yang cukup tebal. Sebagai bahan tambah di dalam campuran *Laston AC-BC* adalah menggunakan bahan aditif Selulosa yang berasal dari serat Eceng Gondok, tanaman ini merupakan suatu gulma air yang sekali tumbuh dan berkembang ternyata mempunyai kandungan serat selulosa cukup tinggi, yakni berkisar 60. Tulisan ini mencoba meneliti tanaman serat eceng gondok yang banyak sekali di Indonesia. Seratnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penambah dalam campuran aspal karena jumlahnya yang sangat banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan serat eceng gondok yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat eceng gondok akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan diperoleh nilai tertinggi stabilitasnya sebesar 1503,30 kg, *bulk density* sebesar 2,365 gr/cc, *flow* sebesar 4,00 mm, *void mineral aggregate* sebesar 15,25%, *Air Voids* 3,73% Sehingga dapat memenuhi persyaratan *Marshall Test*.

Kata kunci: Serat selulosa, *Laston AC-BC*, Serat Eceng Gondok, Karakteristik *Marshall*.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF THE USE OF WATERHED FIBER FIBER AS AN ADDITION TO 60/70 PENETRATION ASPHALT ON MIXED CHARACTERISTICS LASTON AC-BC (Research Study)**

Shania Novilsha  
1607210025  
M. Husin Gultom, ST, MT

*Cellulose fiber is a type of organic fiber besides that there are also inorganic fibers such as asbestos and glass. Cellulose is a ribbon type fiber and flat cross section. The fiber is easily broken and torn which can increase the surface area which requires a higher amount of asphalt in the mixture, so that the asphalt content used can effectively bind and cover the aggregate and provide a thick layer of asphalt film. As an added ingredient in the Laston AC-BC mixture is to use cellulose additives derived from water hyacinth fiber, this plant is an aquatic weed which once grows and develops, it has a high cellulose fiber content, which is around 60. This paper tries to examine plants. water hyacinth fiber which is abundant in Indonesia. The fiber, which can be used as an additive in the asphalt mixture, is due to its large quantity. This study aims to determine how much the value of Marshall characteristics in the asphalt mixture using water hyacinth fiber is in accordance with the General Specifications of Bina Marga 2018. The results show that the use of water hyacinth fiber will affect the characteristics of the asphalt mixture. From the Marshall Test data obtained, the highest value of stability is 1503.30 kg, bulk density of 2.365 gr / cc, flow of 4.00 mm, void mineral aggregate of 15.25%, Air Voids 3.73% so that it can meet the requirements Marshall Test. .*

*Keywords: Cellulose fiber, Laston AC-BC, Water Hyacinth Fiber, Marshall Characteristics.*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Tambah Aspal Penetrasi 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST., M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Hj.Irma Dewi, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, Selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.

8. Teristimewa sekali juga kepada Fahri Sanjaya, yang telah membantu dan memberikan dukungan, baik dengan doa maupun nasehat.
9. Teristimewa sekali juga kepada Abang M.Iqbal S.T,yang telah memberikan dukungan, baik dengan doa maupun nasehat.
10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Eka Saputra, Diki Akbar, Arief Prasetio, Mazferdian Palka, Erdi Darmaniara dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 15 Oktober 2020 )

Saya yang menyatakan,



Shania Novilsha

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.2. Jenis Campuran Beraspal	6
2.3. Agregat	7
2.3.1. Agregat Kasar	11
2.3.2. Agregat Halus	12
2.3.3. Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	13
2.3.4. Gradasi Agregat Gabungan	14
2.3.5. Berat Jenis Dan Penyerapan	15
2.3.5.1 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	18
2.3.5.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	19
	vii

2.4.	Aspal ( <i>Asphalt</i> )	21
2.4.1.	Aspal Hasil Destilasi	21
2.4.2.	Aspal Alam	24
2.4.3.	Sifat Fisik Aspal	24
2.4.4.	Pemeriksaan <i>Propertise</i> Aspal	26
2.5.	Laston AC	29
2.5.1.	Bahan Tambah	31
2.5.2.	Serat Selulosa	33
2.6.	Prosedur Rancangan Campuran	34
2.6.1.	Pengujian <i>Marshall</i> Untuk Perencanaan Campuran	35
2.6.2.	Berat Isi Benda Uji Padat	36
2.6.3.	Pengujian Volumetrik	38
2.6.4.	Pengujian Stabilitas Dan Kelelehan ( <i>Flow</i> )	39
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>		
3.1.	Bagan Alir Metode Penelitian	41
3.2.	Tempat Dan Waktu Penelitian	42
3.3.	Metode Penelitian	42
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	42
3.5.	Material Untuk Penelitian	42
3.6.	Prosedur Penelitian	43
3.7.	Pemeriksaan Bahan Campuran	43
3.7.1.	Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar Dan Halus	43
3.7.2.	Alat Yang Digunakan	44
3.7.3.	Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles	45
3.8.	Prosedur Kerja	45
3.8.1.	Perencanaan Campuran ( <i>Mix Desaign</i> )	45
3.8.2.	Tahapan Pembuatan Benda Uji	47
3.8.3.	Metode Pengujian Benda Uji ( <i>Sample</i> )	48
3.8.4.	Penentuan Berat Jenis ( <i>Bulk Specific Gravity</i> )	49
3.8.5.	Pengujian Stabilitas ( <i>Stability</i> ) Dan Kelelehan ( <i>Flow</i> )	49

<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian	51
4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat	51
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	55
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	58
4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	59
4.1.5. Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum	60
4.1.6. Pemeriksaan Marshall	62
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	70
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	71
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Nominal Minimum Campuran Beraspal	6
Tabel 2.2	Ketentuan Agregat Kasar Campuran Beraspal	12
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Halus Campuran Beraspal	13
Tabel 2.4	Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	15
Tabel 2.5	Ketentuan Untuk Aspal Keras	22
Tabel 2.6	Karakteristik Serat Eceng Gondok	31
Tabel 2.7	Kandungan Kimia Eceng Gondok	31
Tabel 2.8	Ketentuan Sifat-sifat Campuran <i>Laston AC-BC</i>	33
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar $\frac{3}{4}$	51
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar $\frac{3}{8}$	52
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir	52
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu	53
Tabel 4.5	Hasil kombinasi gradasi agregat standar	53
Tabel 4.6	Hasil perhitungan berat agregat untuk benda uji standar	54
Tabel 4.7	Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar $\frac{3}{4}$	55
Tabel 4.8	Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar $\frac{3}{8}$	56
Tabel 4.9	Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir	57
Tabel 4.10	Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu	57
Tabel 4.11	Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70	58
Tabel 4.12	Hasil perhitungan berat agregat untuk benda uji menggunakan serat eceng gondok	61

Tabel 4.13 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran Normal	62
Tabel 4.14 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> penambah serat Eceng Gondok	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berat Jenis Agregat	16
Gambar 2.2	Lapis Aspal Beton	29
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik hasil kombinasi gradasi agregat	54
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) Campuran Normal	64
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara <i>Bulk Density</i> (gr/cc) dengan Serat Eceng Gondok (%)	64
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (kg) Campuran Normal	65
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara <i>Stability</i> (kg) dengan Serat Eceng Gondok (%)	65
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VIM</i> (%) Campuran Normal	66
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara <i>VIM</i> (%) dengan Serat Eceng Gondok (%)	66
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VMA</i> (%) Campuran Normal	67
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Antara <i>VMA</i> (%) dengan Serat Eceng Gondok (%)	67
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VFB</i> (%) Campuran Normal	68
Gambar 4.11	Grafik Hubungan antatra <i>VFB</i> (%) dengan Serat Eceng Gondok (%)	68
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (mm) Campuran Normal	69
Gambar 4.13	Grafik Hubungan antara <i>Flow</i> (%) dengan Serat Eceng Gondok (%)	69

## DAFTAR NOTASI

A	= Berat piknometer (gr)
B	= Berat piknometer berisi air (gr)
Ba	= Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gr)
Bk	= Berat benda uji kering oven (gr)
Bj	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)
C	= Berat piknometer berisi aspal (gr)
D	= Berat piknometer berisi air dan aspal
Fk	= Faktor Koreksi
G	= Berat isi sampel
Gb	= Berat jenis aspal
Gmb	= Berat jenis curah campuran padat
Gmm	= Berat jenis maksimum campuran
Gsa	= Berat jenis semu
Gsb	= Berat jenis curah
Gse	= Berat jenis efektif agregat
K	= Kelelehan ( <i>Flow</i> )
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
Pb	= Aspal, persen berat total campuran
Pba	= Aspal yang terserap
Pbe	= Kadar aspal efektif
Pmm	= Campuran lepas total, persentase terhadap berat total campuran
Ps	= Agregat, persen terhadap total campuran
S	= Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan
Sa	= Berat jenis semu ( <i>apparent specific gravity</i> )
Sa	= Stabilitas akhir
Sd	= Berat jenis curah ( <i>bulk specific gravity</i> )
Ss	= Berat jenis kering permukaan jenuh
Sw	= Penyerapan air
V	= Volume aspal pada temperatur
Va	= Volume Air yang di masukkan ke dalam piknometer

$V_t$	= Volume aspal pada temperature tertentu
$VFA/VFB$	= Rongga terisi aspal (%)
$VIM$	= Rongga udara dalam campuran (%)
$VMA$	= Rongga dalam agregat mineral (%)
$V_{pp}$	= Volume pori meresap aspal
$V_{pp} - V_{ap}$	= Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal
$V_s$	= Volume bagian padat agregat
$W$	= Berat Piknometer Kosong
$W_s$	= Berat agregat kering (gr)
$\gamma_w$	= Berat isi air

## DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AC-Base	= <i>Asphalt Concrete-Base</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AC-WC	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AMP	= <i>Asphalt Mixing Plant</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
HMA	= <i>Hot Mix Asphalt</i>
HRS	= <i>Hot Rolled Sheet</i>
MC	= <i>Medium Curing</i>
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
PAV	= <i>Pressure Aging Vessel</i>
PRD	= <i>Persentase Refusal Density</i>
RC	= <i>Rapid Curing</i>
RTFOT	= <i>Rolling Thin Film Oven Test</i>
SC	= <i>Slow Curing</i>
SMA	= <i>Split Mastic Asphalt</i>
SSD	= <i>Saturad Surface Dry</i>
TFOT	= <i>Thin Film Oven Test</i>
VFB	= <i>Void filled Bitumen</i>
VFWA	= <i>Void filled with asphalt</i>
VIM	= <i>Void in mix</i>
VMA	= <i>Void in mineral aggregate</i>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jalan adalah sebagai salah satu prasarana transportasi sangat penting pada kemajuan pembangunan kehidupan masyarakat dalam memajukan kehidupan masyarakat. Struktur perkerasan jalan mempunyai peran penting dalam memberikan pelayanan yang optimal agar masyarakat dapat menikmati jalan dengan nyaman dan cepat sampai tujuan agar dapat tercipta pemerataan pembangunan. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, kemudian diharapkan agar waktu yang telah ditentukan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Salah satu jenis perkerasan aspal pada spesifikasi ini adalah lapis beton aspal (Laston) atau lebih dikenal dengan AC (Asphalt Concrete)(Hartantyo & Hepiyanto, 2018).

Jalan yang aman, nyaman, kuat dan ekonomis akan mempermudah manusia dalam proses pergerakannya. Untuk mewujudkan kondisi jalan berkualitas perlu diberikan lapisan tambah antara tanah dan roda atau lapis paling atas pada badan jalan. Ada beberapa usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat fisik aspal sebagai bahan pengikat untuk menghasilkan suatu bahan campuran jalan yang lebih kuat.

Laston lebih tahan terhadap pelelehan plastis akan tetapi cukup peka terhadap retak. Tipe kerusakan umum yang dialami campuran laston adalah retak dan atau pelepasan butir. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran ini perlu perbaikan dalam hal kelenturan dan keawetannya (Yamin, 2002).

Bahan tambah additive sebagai campuran aspal yang di gunakan biasanya serat selulosa contohnya road cell 50. Untuk mendapatkan bahan adiktif tersebut tidak mudah dan bahan tersebut mahal.

Oleh karena itu perlu dicari alternatif pengganti serat selulosa tersebut. Wilayah di Indonesia khususnya daerah yang memiliki tingkat ketinggian dan

kemiringan yang rendah menyebabkan daerah tersebut banyak terdapat genangan air seperti sungai, danau dan rawa-rawa dan kondisi ini menyebabkan populasi pertumbuhan gulma seperti Eceng Gondok sangat cepat.

Dalam penelitian ini, menggunakan bahan additif Selulosa yang berasal dari serat Eceng Gondok, tanaman ini merupakan suatu gulma air yang sekali tumbuh dan berkembang ternyata mempunyai kandungan serat selulosa cukup tinggi, yakni berkisar 60%.

Hal ini sangat memungkinkan bahwa Eceng Gondok berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan selulosa yang kedepannya dapat diaplikasikan ke arah yang beragam. Mengingat di daerah Martubung banyak dijumpai tanaman Eceng Gondok yang saat ini masih sebagian kecil dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan. Untuk itu dalam penelitian ini akan mencoba memanfaatkan Eceng Gondok sebagai bahan campuran Campuran Aspal Panas (Putera, 2012).

Diharapkan hasil dari pengujian penelitian dapat memenuhi atau dapat meningkatkan kualitas dari aspal tersebut sehingga dapat meningkatkan umur rencana jalan raya. Berdasarkan permasalahan yang diajukan dalam penelitian ini, maka tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk mengetahui secara umum pengaruh penambahan Serat Eceng Gondok terhadap karakteristik campuran aspal panas pada Sistem Hot Rolled Sheet BC yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010 Seksi-6 (Prasetyo & Arif, 2018).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, adapun rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Apakah penambahan serat eceng gondok yang digunakan dalam percobaan dapat memenuhi sifat-sifat parameter uji *Marshall* yang terdapat pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Bagaimana pengaruh serat eceng gondok terhadap campuran *Laston AC-BC* dalam penelitian ini.

### **1.3. Ruang lingkup**

Didalam penelitian ini. Penulis harus memberikan batasan-batasan masalah di dalam penelitian supaya bisa menghindari hal-hal yang tidak perlu dibahas dalam tugas akhir ini, antara lain :

1. Menyelidiki pengaruh penggunaan serat eceng gondok sebagai bahan penambah campuran aspal jenis laston AC-BC.
2. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian marshall.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan pada penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Untuk mengetahui apakah tujuan percobaan ini memenuhi sifat-sifat parameter uji *Marshall* yang terdapat pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Untuk mengetahui apakah serat eceng gondok dapat bermanfaat sebagai bahan penambah pada campuran *Laston AC-BC* dalam penelitian ini.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari:

1. Aspek keilmuan atau akademis  
Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan pengetahuan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang penambahan Serat Eceng Gondok pada campuran *Laston AC-BC* yang kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.
2. Aspek praktek  
Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat digunakan pada jalan yang ada di Indonesia yang memiliki lalu lintas yang padat.
3. Untuk memanfaatkan tanaman eceng gondok yang selama ini hanya digunakan untuk membuat kerajinan kecil .

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mengelompokkan ke dalam 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Merupakan rancangan yang akan dilakukan yang meliputi tinjauan umum, latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematis penulisan.

### **2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Merupakan kajian dari berbagai literatur serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. Dalam hal ini diuraikan hal-hal tentang beberapa teori-teori yang berhubungan dengan karakteristik hotmix *Laston AC-BC* dengan penambahan serat Selulosa.

### **3. BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, analisis data, pengolahan data, dan bahan uji.

### **4. BAB 4 ANALISIS DATA**

Berisikan pembahasan mengenai data-data yang didapat dari pengujian, kemudian dianalisis, sehingga dapat diperoleh hasil perhitungan, dan kesimpulan hasil mendasar.

### **5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan penutup yang berisikan tentang kesimpulan yang telah diperoleh dari pembahasan pada bab sebelumnya dan saran mengenai hasil penelitian yang dapat dijadikan masukan.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

Campuran beraspal panas mencakup pengadaan lapisan padat yang awet berupa lapis perata, lapis pondasi, lapis antara atau lapis aus campuran beraspal panas yang terdiri dari agregat, bahan aspal, bahan anti pengelupasan dan serat selulosa, yang dicampur secara panas di pusat instalasi pencampuran, serta menghampar dan memadatkan campuran tersebut diatas pondasi atau permukaan jalan yang telah disiapkan sesuai dengan Spesifikasi ini dan memenuhi garis.

Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Friksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (*interlocking*), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut. Perkerasan beraspal dengan kinerja yang sesuai dengan persyaratan tidak akan dapat diperoleh jika bahan yang digunakan tidak memenuhi syarat, meskipun peralatan dan metoda kerja yang digunakan telah sesuai.

Aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/filler) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi (Sitohang & Sinuhaji, 2018).

Adapun tebal total campuran beraspal tidak boleh kurang dari jumlah tebal rancangan dari masing-masing campuran, pada suatu sub-segmen yang tidak

memenuhi syarat akan di ulang atau dalam lapangan di bongkar yang disyaratkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Split Mastic Asphalt</i> - Tipis		SMA – Tipis	3,0
<i>Split Mastic Asphalt</i> – Halus		SMA – Halus	4,0
<i>Split Mastic Asphalt</i> - Kasar		SMA – Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS – WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS – <i>Base</i>	3,5
Laston	Lapis Aus	AC – WC	4,0
	Lapis Antara	AC – BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC – <i>Base</i>	7,5

## 2.2. Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran beraspal dibedakan berdasarkan ketebalan pada setiap lapisan, antara lain:

### 1. *Split Mastic Asphalt* (SMA).

*Split Mastic Asphalt* disebut SMA, terdiri dari tiga jenis yaitu SMA Tipis, SMA Halus, SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum agregat masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan aspal *polymer* disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi, SMA Kasar Modifikasi.

### 2. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet*, HRS).

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang disebut juga HRS, terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS Fondasi, (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS-Wearing Course*, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing

campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

### 3. Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang disebut juga AC, terdiri dari tiga jenis yaitu AC Lapis Aus (*AC-Wearing Course*), AC Lapis Antara (*AC-Binder Course*) dan AC Lapis Fondasi (*AC-Base*), dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm, setiap jenis campuran AC yang menggunakan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan *AC-Base* Modifikasi.

### 2.3. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM (1974) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal (Sukirman, 2003).

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Sebagai bahan lapis perkerasan, agregat berperan dalam mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan berlapis tanah. Secara umum agregat diklasifikasikan antara lain:

1. Ditinjau dari asal bahan
2. Berdasarkan proses pengolahan
3. Berdasarkan besar partikel-partikel agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas. Semua lapis perkerasan jalan lentur memerlukan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Penggunaan partikel agregat dengan ukuran besar lebih menguntungkan apabila:

1. Usaha pemecahan partikel lebih sedikit
2. Luas permukaan yang diselimuti aspal lebih sedikit sehingga kebutuhan akan aspal berkurang.

Disamping keuntungan diatas pemakaian agregat dengan ukuran besar mempunyai kekurangan antara lain:

1. Kemudahan pelaksanaan pekerjaan berkurang
2. Segregasi bertambah besar
3. Kemungkinan terjadi gelombang melintang.

Sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan menjadi sebagai berikut ini:

1. Kekuatan dan keawetan (*strenght and durability*) lapisan perkerasan, yang dipengaruhi sebagai berikut ini:
  - a. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas lapis keras. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dengan analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan.
  - b. Ukuran maksimum yaitu semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang dipakai semakin banyak variasi.

- c. Ukuran agregat dari kecil sampai besar yang dibutuhkan. Batasan ukuran agregat maksimum yang dipakai dibatasi oleh tebal lapisan yang direncanakan.
  - d. Kadar lempung yaitu lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang, adanya lempung yang mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah dan lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan lapis keras yang dibentuk oleh agregat tersebut.
  - e. Kekerasan dan ketahanan : yaitu ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
- a. Kemungkinan basah
  - b. Porositas
  - c. Jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:
- a. Tahanan geser (*skid resistance*)
  - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminuous mix workability*).

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang dipergunakan pada perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu agregat alam (*natural aggregate*), agregat dengan proses pengolahan (*manufacture aggregate*) dan agregat buatan yang diperoleh dari hasil samping pabrik semen dan mesin pemecah batu:

1. Agregat alam (*natural aggregates*).

Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es, dan

reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin.

Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil. Kerikil biasanya didefinisikan sebagai agregat yang berukuran lebih besar 6,35 mm. Pasir didefinisikan sebagai partikel yang lebih kecil dari 6,35 mm tetapi lebih besar dari 0,075 mm. Sedangkan partikel yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut sebagai mineral pengisi (*filler*). Pasir dan kerikil selanjutnya diklasifikasikan menurut sumbernya. Material yang diambil dari tambang terbuka (*open pit*) dan digunakan tanpa proses lebih lanjut disebut material dari tambang terbuka (*pit run materials*) dan bila diambil dari sungai (*stream bank*) disebut material sungai (*stream bank materials*). Deposit batu koral memiliki komposisi yang bervariasi tetapi biasanya mengandung pasir dan lempung. Pasir pantai terdiri atas partikel yang agak seragam, sementara pasir sungai sering mengandung koral, lempung dan lanau dalam jumlah yang lebih banyak.

## 2. Agregat yang diproses (*manufacture aggregate*).

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah dipecah dan disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan karena tiga alasan : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin ke kasar, untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Untuk batuan krakal yang besar, tujuan pemecahan batuan krakal ini adalah untuk mendapatkan ukuran batu yang dapat dipakai, selain itu juga untuk merubah bentuk dan teksturnya.

Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah dipecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu. Mempertahankan gradasi agregat yang dihasilkan adalah suatu faktor yang penting untuk menjamin homogenitas dan kualitas campuran beraspal yang dihasilkan. Untuk alasan ekonomi, pemakaian agregat pecah yang diambil langsung dari pemecah batu (tanpa penyaringan atau dengan sedikit penyaringan) dapat dibenarkan. Kontrol yang baik dari operasional pemecahan menentukan apakah gradasi agregat yang dihasilkan memenuhi spesifikasi pekerjaan atau tidak. Batu pecah (baik yang

disaring atau tidak) disebut agregat pecah dan memberikan kualitas yang baik bila digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan.

### 3. Agregat buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai mineral pengisi *filler*.

*Slag* adalah contoh agregat yang didapat sebagai hasil sampingan produksi. Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang timbul ke permukaan dari pencairan atau peleburan biji besi selama proses peleburan. Pada saat menarik besi dari cetakan, *slag* ini akan pecah menjadi partikel yang lebih kecil baik melalui perendaman ataupun memecahkannya setelah dingin. Pembuatan agregat buatan secara langsung adalah suatu yang relatif baru. Agregat ini dibuat dengan membakar tanah liat dan material lainnya. Produk akhir yang dihasilkan biasanya agak ringan dan tidak memiliki daya tahan terhadap keausan yang tinggi. Agregat buatan dapat digunakan untuk dek jembatan atau untuk perkerasan jalan dengan mutu sebaik lapisan permukaan yang mensyaratkan ketahanan gesek maksimum.

#### 2.3.1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Agregat kasar harus mempunyai angularitas yaitu persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%, yang terdapat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Ketentuan Agregat Kasar Untuk Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		natrium sulfat	Maks 12 %
		magnesium sulfat	Maks 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 Putaran	Maks 6 %
		500 Putaran	Maks 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 Putaran	Maks 8 %
		500 Putaran	Maks 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011	Min 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	100/90 *)
		Lainnya	95/90 **)
Partikel Pipih dan lonjong		SMA	Maks 5 %
		Lainnya	Maks 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C 117: 2	Maks 1 %

### 2.3.2. Agregat Halus

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu.

2. Digunakan *scalping screen*, dari hasil pemecah batu tahap pertama tidak boleh langsung digunakan.
3. Diperoleh dari hasil tahap pertama harus di pisahkan dengan *vibro scalping screen* antara mesin pemecah tahap pertama dengan mesin pemecah tahap kedua.
4. Material tertahan oleh *vibro scalping screen* akan dipecah oleh mesin pemecah tahap kedua, hasil pengayakan dapat digunakan sebagai agregat halus.
5. Material lolos *vibro scaling screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.

Fraksi agregat kasar, agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditumpuk terpisah, dan harus memenuhi ketentuan yang terdapat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Halus Untuk Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

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

### 2.3.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. Didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074) dan yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau debu kapur padam, debu kapur magnesium, dolomite, semen dan abu terbang tipe C dan F yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014). Debu batu (*stone dust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, bila diuji dengan penyaringan harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% dari yang lolos saringan No.30 (0,600 mm) dan mempunyai sifat non plastis. Bahan pengisi yang ditambahkan semen dan bahan pengisi lainnya harus

rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat, khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya.

Penggunaan bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal dan dapat menyebabkan dampak, sebagai berikut:

1. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal akan mempengaruhi campuran, penggelaran dan pemadatan. Di samping itu jenis *filler* akan mempengaruhi terhadap sifat elastik campuran dan sensitivitasnya terhadap air.
2. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal dalam hal ini masih digolongkan lagi menjadi :
  - a. Dampak penggunaan *filler* terhadap viskositas campuran yang menyebabkan semakin besarnya permukaan *filler* akan menaikkan viskositas campuran.
  - b. Dampak suhu dan pemanasan setiap *filler* memberikan pengaruh yang saling berbeda pada berbagai temperatur.

#### **2.3.4. Gradasi Agregat Gabungan**

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas-batas. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.4. Untuk memperoleh gradasi HRS - WC atau HRS - *Base* yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm).

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Split Mastic Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4"	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8"	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16"	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30"	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50"	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100"	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200"	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

### 2.3.5. Berat Jenis Dan Penyerapan

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara massa dan volume dari bahan yang kita uji. Sedangkan penyerapan berarti tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Jumlah rongga atau pori yang didapat pada agregat disebut porositas. Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran aspal dengan agregat, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibandingkan dengan perbandingan volume dan juga untuk menentukan banyaknya pori agregat. Berat jenis yang kecil akan mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat sama akan dibutuhkan aspal yang banyak dan sebaliknya.

Agregat dengan kadar pori besar akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak karena banyak aspal yang terserap akan mengakibatkan aspal menjadi

lebih tipis. Penentuan banyak pori ditentukan berdasarkan air yang dapat terabsorpsi oleh agregat. Nilai penyerapan adalah perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan agregat pada kondisi kering.

Ada beberapa macam berat jenis yaitu:

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

Adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume yang ada. (Volume pori yang dapat diresapi aspal atau dapat dikatakan seluruh volume pori yang dapat dilewati air dan volume partikel).

2. Berat jenis kering permukaan jenis (*SSD specific gravity*)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi aspal ditambah dengan volume partikel.

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

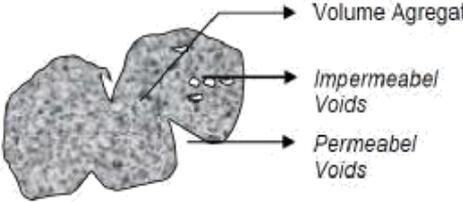
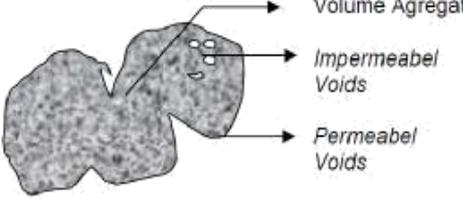
Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air. Atau merupakan bagian relative density dari bahan padat yang terbentuk dari campuran partikel kecuali pori atau pori udara yang dapat menyerap air.

4. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*)

Merupakan nilai tengah dari berat jenis curah dan semu, terbentuk dari campuran partikel kecuali pori-pori atau rongga udara yang dapat menyerap air yang selanjutnya akan terus diperhitungkan dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal.

Gambar 2.1: Berat Jenis Agregat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

Berat Jenis *bulk*, dipandang volume menyeluruh agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi oleh air setelah direndam selama 24 jam. Berat Jenis Semu, volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam. Berat Jenis Efektif, volume dipandang volume menyeluruh dari agregat tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal. Dapat dinyatakan dengan Pers. 2.1 –

	<p><b>Berat Jenis Bulk</b></p> <p>= Berat kering oven / (Vol Agregat + Vol Impermeabel dan Permeabel Voids)</p> <p>ASTM C127 dan 128</p>
	<p><b>Berat Jenis Semu (Apparent)</b></p> <p>= Berat kering oven / (Vol Agregat + Vol Impermeabel)</p> <p>ASTM C127 dan 128</p>

Pers. 2.3.

Berat Jenis Semu:

$$Gsa = \frac{Ws}{Vs \cdot \gamma_w} \quad (2.1)$$

Berat Jenis Curah:

$$Gsb = \frac{Ws}{(Vs + V_{pp}) \cdot \gamma_w} \quad (2.2)$$

Berat Jenis Efektif:

$$Gse = \frac{Ws}{(Vs + V_{pp} - V_{ap}) \cdot \gamma_w} \quad (2.3)$$

Dengan keterangan:

$W_s$  = Berat agregat kering

$\gamma_w$  = Berat Isi air = 1 g/cm<sup>3</sup>

$V_s$  = Volume bagian padat agregat

$V_{pp}$  = Volume pori meresap aspal

$V_{pp} - V_{ap}$  = Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal

Bila digunakan Berat Jenis Bulk, maka aspal dianggap tidak dapat dihisap oleh pori-pori yang dapat menyerap air. Konsep mengenai Berat Jenis Efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Bila digunakan berbagai kombinasi agregat maka perlu mengadakan penyesuaian mengenai Berat Jenis, karena Berat Jenis masing-masing bahan berbeda.

### 2.3.5.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis agregat kasar serta kemampuannya menyerap air. Besarnya berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*). Yang sesuai SNI 1969 : 2008 dengan perhitungan Pers. 2.4 – Pers. 2.7.

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*):

$$Sg = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (2.4)$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*):

$$Ss = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (2.5)$$

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*):

$$Sa = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (2.6)$$

4. Penyerapan air (*absortion*):

$$Sw = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dengan keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven, dalam gram

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

Berat jenis dengan ketelitian 0,01 yang terdekat dan penyerapan dengan ketelitian 0,1 persen. Terdapat pendekatan matematis serta tiga jenis berat jenis dan penyerapan di dalam lampiran yang dapat digunakan, dan mungkin berguna dalam memeriksa tingkat konsistensi data atau menghitung nilai-nilai yang tidak dilaporkan dengan menggunakan data laporan yang lain. Jika agregat kasar diuji pada kondisi kelembaban alaminya, tidak dengan dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven dan direndam selama (24+4) jam di dalam air, laporkan sumber benda uji dan prosedur yang dipakai untuk mencegah kekeringan sebelum diuji.

### 2.3.5.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agradat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis agregat halus serta kemampuannya menyerap air. Besarnya berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*). Yang sesuai SNI 1970 : 2008 dengan perhitungan Pers. 2.8 – Pers. 2.11.

1. Berat jenis curah (*bulk specific gravity*):

$$S_g = \frac{Bk}{(B + S - C)} \quad (2.8)$$

2. Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*):

$$S_s = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (2.9)$$

3. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*):

$$S_a = \frac{Bk}{(B + Bk - C)} \quad (2.10)$$

4. Penyerapan air (*absortion*):

$$S_w = \left( \frac{S - Bk}{Bk} \right) \times 100\% \quad (2.11)$$

Dengan keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B = Berat piknometer yang berisi air, dalam gram

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan, dalam gram

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan, dalam gram

Berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan pada  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Cara alternatif menentukan berat dapat dilakukan dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetrik dengan menggunakan buret yang ketelitiannya 0,15 ml. Adapun rumus untuk menghitung berat piknometer dengan Pers. 2.12 – Pers. 2.13.

1. Berat total piknometer, benda uji dan air:

$$C = 0,9975 \cdot V_a + S + W \quad (2.12)$$

2. Berat piknometer dan air:

$$B = 0,9975 \cdot V_a + W \quad (2.13)$$

Dengan keterangan:

C = Berat piknometer, benda uji dan air pada batas pembacaan, dalam gram

$V_a$  = Volume air yang dimasukkan ke dalam piknometer, dalam mililiter

B = Berat piknometer dengan air pada batas pembacaan, dalam gram

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan, dalam gram

W = Berat piknometer kosong, dalam gram

Jika agregat halus diuji pada kondisi kelembaban alaminya, tidak dengan dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven dan direndam selama  $(24 \pm 4)$  jam di dalam air, laporkan sumber benda uji dan prosedur yang dipakai untuk mencegah kekeringan sebelum diuji.

#### **2.4. Aspal (*Asphalt*)**

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal keras. Selain itu, aspal juga terdapat di alam secara alamiah, aspal ini disebut aspal alam. Aspal modifikasi saat ini juga telah dikenal luas. Aspal ini dibuat dengan menambahkan

bahan tambah ke dalam aspal yang bertujuan untuk memperbaiki atau memodifikasi sifat rheologinya sehingga menghasilkan jenis aspal baru yang disebut aspal modifikasi.

Aspal atau bitumen adalah material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya.

#### **2.4.1. Aspal Hasil Destilasi**

Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yaitu suatu proses dimana berbagai fraksi dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi ini disertai oleh kenaikan temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Pada setiap temperatur tertentu dari proses destilasi akan dihasilkan produk-produk berbasis minyak, yang terdiri dari beberapa aspal yaitu:

##### **1. Aspal Keras**

Aspal keras adalah proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu. Untuk menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang diinginkan, proses penyulingan harus ditangani sedemikian rupa sehingga dapat mengontrol sifat-sifat aspal keras yang dihasilkan.

Hal ini sering dilakukan dengan mencampur berbagai variasi minyak mentah bersama-sama sebelum proses destilasi dilakukan. Pencampuran ini nantinya agar dihasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang bervariasi, sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan. Cara lainnya yang sering juga dilakukan untuk mendapatkan aspal keras dengan viskositas menengah adalah dengan mencampur beberapa jenis aspal keras dengan proporsi tertentu dimana aspal keras yang sangat encer dicampur dengan aspal lainnya yang kurang encer sehingga menghasilkan aspal dengan viskositas menengah.

Selain melalui proses destilasi hampa dimana aspal dihasilkan dari minyak mentah dengan pemanasan dan penghampaan, aspal keras juga dapat dihasilkan

melalui proses ekstraksi zat pelarut. Dalam proses ini fraksi minyak (bensin, solar dan minyak tanah) yang terkandung dalam minyak mentah (*crude oil*) dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu. Dengan ketentuan Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Ketentuan Untuk Aspal Keras (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG 70	PG 76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60 - 70	Dilaporkan <sup>1</sup>	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kpa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cst) <sup>3</sup>	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan <sup>2</sup>	
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Tricholoethylene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
<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	≤ 0,8	
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kpa, (*C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456 :2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
<b>Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) Pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa</b>					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kpa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

## 2. Aspal Cair (*cutback asphalt*)

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak. Aspal ini dapat juga dihasilkan secara langsung dari proses destilasi, dimana dalam proses ini fraksi minyak ringan yang terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Kecepatan menguap dari minyak yang digunakan sebagai pelarut atau minyak yang sengaja ditinggalkan dalam residu pada proses destilasi akan menentukan jenis aspal cair yang dihasilkan. Berdasarkan hal ini, aspal cair dapat dibedakan dalam beberapa jenis, yaitu :

- a. Aspal cair cepat mantap (*RC = rapid curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya bensin.
- b. Aspal cair mantap sedang (*MC = medium curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya tidak begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya minyak tanah.
- c. Aspal cair lambat mantap (*SC = slow curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya solar.

Tingkat kekentalan aspal cair sangat ditentukan oleh proporsi atau rasio bahan pelarut yang digunakan terhadap aspal keras atau yang terkandung pada aspal cair tersebut. Aspal cair jenis MC-800 memiliki nilai kekentalan yang lebih tinggi dari MC-200. Aspal cair dapat digunakan baik sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal maupun sebagai lapis resap pengikat (*prime coat*) atau lapis perekat (*tack coat*). Dalam penggunaannya, pemanasan mungkin diperlukan untuk menurunkan tingkat kekentalan aspal ini.

### 3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini, partikel-partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier* (emulgator). Partikel aspal yang terdispersi ini berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran koloid.

Jenis *emulsifier* yang digunakan sangat mempengaruhi jenis dan kecepatan pengikatan aspal emulsi yang dihasilkan. Berdasarkan muatan listrik zat pengemulsi yang digunakan, aspal emulsi yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi:

- a. Aspal emulsi anionik, yaitu aspal emulsi yang berion negatif.
- b. Aspal emulsi kationik, yaitu aspal emulsi yang berion positif.
- c. Aspal emulsi non-ionik, yaitu aspal emulsi yang tidak berion (netral).

#### 2.4.2. Aspal Alam

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

### 1. Aspal Danau (*Lake Asphalt*)

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

### 2. Aspal Batu (*Rock Asphalt*)

Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara alamiah terdeposit di daerah Kentucky, USA dan di pulau Buton, Indonesia. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 - 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 - 40. Untuk pemakaiannya, deposit ini harus ditambang terlebih dahulu, lalu aspalnya diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan angka penetrasi yang lebih tinggi agar didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastik.

#### **2.4.3. Sifat Fisik Aspal**

Sifat fisik aspal yang sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah :

##### 1. Durabilitas

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dan dihampar di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan. Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi berdaktilitas rendah atau dengan kata lain

aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal.

Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk mempertahankan sifat-sifat awalnya akibat proses penuaan. Walaupun banyak faktor lainnya yang menentukan, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula. Pengujian kuantitatif yang biasanya dilakukan untuk mengetahui durabilitas aspal adalah pengujian penetrasi, titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas. Pengujian ini dilakukan pada benda uji yang telah mengalami *Pressure Aging Vessel (PAV)*, *Thin Film Oven Test (TFOT)* dan *Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT)*. Dua proses penuaan terakhir merupakan proses penuaan yang banyak digunakan untuk mengetahui durabilitas aspal.

Sifat aspal terutama viskositas dan penetrasi akan berubah bila aspal tersebut mengalami pemanasan ataupun penuaan. Aspal dengan durabilitas yang baik hanya sedikit mengalami perubahan, mengilustrasikan perubahan viskositas aspal yang mempunyai durabilitas baik dan kurang baik.

## 2. Adhesi Dan Kohesi

Adesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekat satu sama lainnya, dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Sifat adesi dan kohesi aspal sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat ini sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran.

Uji daktilitas aspal adalah suatu uji kualitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui tingkat adesifnes atau daktilitas aspal keras. Aspal keras dengan nilai daktilitas yang rendah adalah aspal yang memiliki daya adesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki nilai daktilitas yang tinggi.

Uji penyelimutan aspal terhadap batuan merupakan uji kuantitatif lainnya yang digunakan untuk mengetahui daya lekat (kohesi) aspal terhadap batuan. Pada pengujian ini, agregat yang telah diselimuti oleh film aspal direndam dalam air dan dibiarkan selama 24 jam dengan atau tanpa pengadukan. Akibat air atau kombinasi air dengan gaya mekanik yang diberikan, aspal yang menyelimuti

permukaan agregat akan terkelupas kembali. Aspal dengan daya kohesi yang kuat akan melekat erat pada permukaan agregat oleh sebab itu pengelupasan yang terjadi sebagai akibat dari pengaruh air atau kombinasi air dengan gaya mekanik sangat kecil atau bahkan tidak terjadi sama sekali.

### 3. Pengerasan Dan Penuaan

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, *short-term aging*), dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, *long-term aging*).

Akibat panas yang tinggi, pengerasan aspal akibat penuaan lebih cepat terjadi di daerah yang beriklim tropis dari pada di daerah subtropis . Pengerasan ini terutama terjadi pada permukaan beraspal yang terekspos langsung. Oleh sebab itu kerusakan jenis retak pada lapis permukaan beraspal di daerah beriklim tropis lebih cepat terjadi dibandingkan dengan daerah lainnya yang beriklim subtropis.

#### 2.4.4. Pemeriksaan *Properties* Aspal

Aspal merupakan bahan pengikat agregat yang mutu dan jumlahnya sangat menentukan keberhasilan suatu campuran beraspal yang merupakan bahan dari suatu jalan. Pemeriksaan sifat (*asphalt properties*) dari campuran dilakukan melalui beberapa uji meliputi:

##### 1. Uji Penetrasi

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan apakah aspal keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban, waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian ini dilakukan dengan membebani permukaan aspal seberat 100 gram pada tumpuan jarum berdiameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 250°C. Besarnya penetrasi di ukur dan dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm. Semakin tinggi nilai penetrasi menunjukkan bahwa aspal semakin elastis dan membuat perkerasan jalan menjadi lebih tahan terhadap kelelahan/*fatigue*. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam hal pengendalian mutu aspal atau ter untuk

keperluan pembangunan, peningkatan atau pemeliharaan jalan. Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu.

## 2. Titik Lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C. Temperatur pada saat dimana aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Titik lembek adalah temperatur pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Hasil titik lembek digunakan untuk menentukan temperatur kelelahan dari aspal. Aspal dengan titik lembek yang tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur tetapi lebih untuk bahan pengikat perkerasan.

## 3. Daktilitas

Tujuan untuk percobaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dari aspal, Dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat di tarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Kohesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekat satu sama lain, sifat kohesi sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat ini sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran. Aspal dengan nilai daktalitas yang rendah adalah aspal yang mempunyai kohesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki daktalitas yang tinggi. Daktalitas yang semakin tinggi menunjukkan aspal tersebut baik dalam mengikat butir-butir agregat untuk perkerasan jalan.

## 4. Berat Jenis

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan alat piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat zat

cair suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Berat jenis diperlukan untuk perhitungan analisis campuran pada Pers. 2.14.

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad (2.14)$$

Dimana:

A = Berat piknometer, dalam gram

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

C = Berat piknometer berisi aspal, dalam gram

D = Berat piknometer berisi air dan aspal, dalam gram

Data temperatur dan berat jenis aspal diperlukan dalam penentuan faktor koreksi volume berdasarkan SNI 06-2441-2011 pada Pers. 2.15.

$$V = V_t \times F_k \quad (2.15)$$

Dimana:

V = Volume aspal pada temperatur 150°C

V<sub>t</sub> = Volume aspal pada temperatur tertentu

F<sub>k</sub> = Faktor Koreksi

## 5. Titik Nyala Dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *open cup* kurang dari 70°C. Dengan percobaan ini akan diketahui suhu dimana aspal akan mengalami kerusakan karena panas, yaitu saat terjadi nyala api pertama untuk titik nyala, dan nyala api merata sekurang-kurangnya 5 detik untuk titik bakar. Titik nyala yang rendah menunjukkan indikasi adanya minyak ringan dalam aspal. Semakin tinggi titik nyala dan bakar menunjukkan bahwa aspal semakin tahan terhadap temperatur tinggi.

## 6. Kelekatan Aspal Pada Agregat

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kelekatan aspal pada batuan tertentu dalam air. Uji kelekatan aspal terhadap agregat merupakan uji kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui daya lekat (adhesi) aspal terhadap agregat. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Pengamatan terhadap hasil pengujian kelekatan dilakukan secara visual.

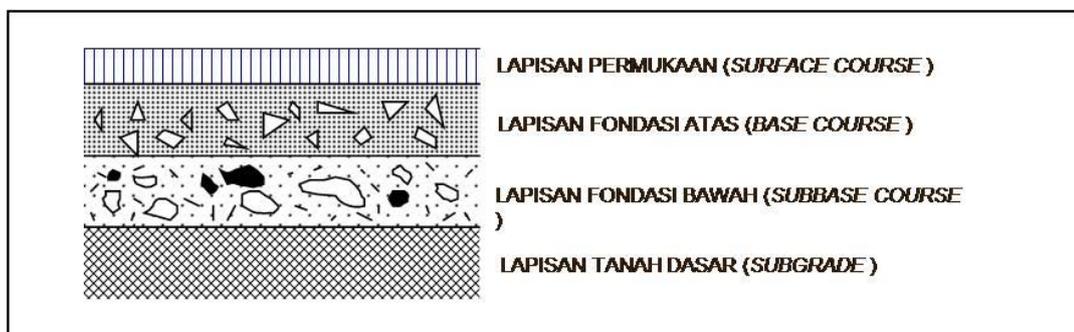
## 2.5. Laston AC

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, S.,1992).

Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010).

Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm.



Gambar 2.2 Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton (AC) ini digunakan pada jalan dengan beban lalu lintas yang berat. Campuran bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya bila dibandingkan gradasi senjang. Sehingga campuran AC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

### 2.5.1. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran aspal yang fungsinya untuk memperbaiki sifat-sifat aspal minyak. Pada dasarnya alasan utama kerusakan dan penurunan kekuatan perkerasan lentur jalan raya adalah rendahnya kekuatan dan keawetan di dalam lapisan aus dan bahan ikat konstruksi perkerasan jalan. Keawetan yang tinggi biasanya ditunjukkan oleh proses mekanik dalam campuran sehingga daya tahan di dalam lapis keras selama umur rencana, pelayanan konstruksinya menjadi lama, karena pemakaian material setempat tidak bisa dihindarkan sehingga harus dibuat modifikasi untuk menjamin keawetan adhesi.

Sebagai bahan tambah di dalam campuran *Laston AC-BC* adalah menggunakan bahan aditif Selulosa yang berasal dari serat Eceng Gondok, tanaman ini merupakan suatu gulma air yang sekali tumbuh dan berkembang ternyata mempunyai kandungan serat selulosa cukup tinggi, yakni berkisar 60. Persyaratan utama yang harus dipenuhi serat eceng gondok sebagai bahan tambah pengganti serat selulosa pada campuran beton aspal panas harus memenuhi Spesifikasi Bina Marga yaitu sebagai berikut ini:

1. Mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering beton aspal panas pada temperatur 160-170°C.
2. Dapat dipisahkan kembali dari campuran beton aspal panas.
3. Dengan kadar 0,3% terhadap berat campuran beton aspal panas dengan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek.
4. Tahan terhadap temperatur campuran beton aspal sampai dengan suhu 250°C minimal selama waktu pencampuran.

Untuk mengetahui kandungan serat eceng gondok maka dilakukan uji komposisi seperti uji *lignin*, selulosa, dan hemiselulosa. Uji *lignin* dilaksanakan untuk mengetahui jumlah *lignin* yang terdapat dalam serat sabut kelapa. Komposit yang diperkuat serat yang mengandung sedikit lignin maka komposit tersebut akan memiliki sifat fisik dan kekuatan yang baik, karena lignin bersifat rapuh dan kaku. Uji kadar selulosa dilaksanakan untuk menentukan kadar selulosa  $\alpha$ ,  $\gamma$  dan  $\beta$ , yang ada dalam Serat Eceng Gondok .

Kandungan dan Karakteristik serat eceng gondok dari berbagai referensi diperlihatkan pada Tabel 2.6, dan Tabel 2.7 .

Tabel 2.6 : Karakteristik serat eceng gondok (Putera, 2012)

Karakteristik	Nilai
Massa Jenis (g/m <sup>3</sup> )	0.25
Sifat Putih / Whitenes (%)	22.2
Kehalusan / Fineness (μ)	35
Kekuatan Tarik / tensile Strength (Mpa)	18-33

Tabel 2.7 : Kandungan kimia Eceng Gondok (Rifdah dan Tahdid, 2013)

Kandungan Kimia	Nilai (%)
Selulosa	60
Hemi Selulosa	8
Lignin	17

### 2.5.2. Serat Selulosa

Selulosa merupakan jenis fiber organik disamping itu terdapat juga fiber anorganik seperti asbes, dan gelas. Selulosa adalah serat yang berbentuk pita (*ribbon type*) dan penampangnya datar. Pada bagian seratnya mudah patah dan sobek yang dapat menambah luas permukaan yang membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak dalam campuran, sehingga kadar aspal yang dipakai dapat efektif mengikat dan menyelimuti agregat serta memberikan lapisan film aspal yang cukup tebal, yang bisa memperlambat oksidasi dan masuknya air, yang pada akhirnya dapat memperpanjang keawetan jalan tersebut.

Selain sifat di atas, serat selulosa yang mempunyai bentuk fisik panjang dan tipis juga mampu memberikan daya absorpsi yang baik. Bentuk serat selulosa yang dapat dipakai antara lain serat yang memanjang dan langsing, dimana dengan bentuk yang seperti ini mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi aspal lebih besar.

Serat selulosa yang ditambahkan kedalam campuran, sekitar 0,3% terhadap total campuran, sehingga dapat mencegah terjadinya *draindown*. Serat selulosa harus mempunyai dimensi serat selulosa .

## 2.6. Prosedur Rancangan Campuran

Campuran beraspal dapat terdiri dari agregat, bahan pengisi, bahan aditif, serat selulosa (untuk *Laston AC-BC*) dan aspal. Persentase aspal yang aktual ditambahkan ke dalam campuran ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium dan lapangan sebagaimana tertuang dalam Rencana Campuran Kerja (JMF) dengan memperhatikan penyerapan agregat yang digunakan.

Sebelum diperkenankan untuk menghampar setiap campuran beraspal dalam pekerjaan, penyedia Jasa disyaratkan untuk menunjukkan semua usulan metoda kerja, agregat, aspal, serat selulosa (hanya untuk *Laston AC-BC*), bahan anti pengelupasan dan campuran yang memadai dengan membuat dan menguji campuran percobaan di laboratorium dan juga dengan penghamparan campuran percobaan yang dibuat di instalasi pencampur aspal.

Pengujian yang diperlukan meliputi analisa ayakan, berat jenis dan penyerapan air dan semua jenis pengujian lainnya sebagaimana yang disyaratkan untuk semua agregat yang digunakan.

Pengujian pada campuran beraspal percobaan akan meliputi penentuan berat jenis maksimum campuran beraspal, pengujian sifat-sifat Marshall (RSNI M01-2003), kepadatan membal (*Refusal Density*) campuran rancangan (BSEN 12697-32:2003) untuk laston (AC), pengujian *VCA mix < VCA drc* pada Tabel 2.8

Tabel 2.8: Ketentuan Sifat-sifat Campuran *Laston AC-BC* (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Sifat – sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0.075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0.6		
	Maks	1.2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3.0		
	Maks	5.0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
	Min	65	65	65
Rongga terisi aspal (%)				
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas marshall sisa(%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

### 2.6.1. Pengujian *Marshall* Untuk Perencanaan Campuran

Metode *Marshall* standar diperuntukkan untuk perencanaan campuran beton aspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inchi) dan menggunakan aspal keras.

Pengujian *Marshall* dimulai dengan persiapan benda uji. Untuk keperluan ini perlu diperhatikan hal sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan masuk spesifikasi

2. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan
3. Untuk keperluan analisa volumetrik (*density-voids*)

Berat jenis *bulk* dari semua agregat yang digunakan pada kombinasi agregat, dan berat jenis aspal keras harus dihitung terlebih dahulu. Ukuran benda uji adalah tinggi 64 mm (2 1/2 inchi) dan diameter 102 mm (4 inchi) yang dipersiapkan dengan menggunakan prosedur khusus untuk pemanasan, pencampuran dan pemadatan campuran agregat dengan aspal. Dua prinsip penting pada perencanaan campuran dengan pengujian *Marshall* adalah analisa volumetrik dan analisa stabilitas, kelelahan (*flow*) dari benda uji padat.

Stabilitas benda uji adalah daya tahan beban maksimum benda uji pada temperature 60°C (140°F). Nilai kelelahan adalah perubahan bentuk suatu campuran beraspal yang terjadi pada benda uji sejak tidak ada beban hingga beban maksimum yang diberikan selama pengujian stabilitas. Pada penentuan kadar aspal optimum untuk suatu kombinasi agregat atau gradasi tertentu dalam pengujian *Marshall*, perlu disiapkan suatu seri dari contoh uji dengan interval kadar aspal yang berbeda sehingga didapatkan suatu kurva lengkung yang teratur. Pengujian agar direncanakan dengan dasar ½ % kenaikan kadar aspal dengan perkiraan minimum dua kadar aspal diatas optimum dan dua kadar aspal dibawah optimum.

Metode *Marshall* standar diperuntukkan untuk perencanaan campuran beton aspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inchi) dan menggunakan aspal keras. Untuk ukuran butir maksimum lebih besar dari 25 mm (1 inchi) digunakan prosedur *Marshall* modifikasi. Prosedur *Marshall* yang dimodifikasi pada dasarnya sama dengan metode *Marshall* standar, namun karena campuran beraspal menggunakan ukuran butir maksimum yang lebih besar maka digunakan diameter benda uji yang lebih besar pula, yaitu 15,24 cm (6 inchi) dan tinggi 95,2 mm. Berat palu penumbuk 10,2 kg (22 lbs) dengan tinggi jatuh 457 mm (18 inchi). Benda uji secara tipikal mempunyai berat sekitar 4 kg. Jumlah tumbukan untuk *Marshall* modifikasi adalah 112 kali (untuk lalu-lintas berat > 500.000 SST) dan 50-75 tumbukan (untuk lalu-lintas rendah < 500.000 SST). Kriteria perencanaan harus diubah di mana stabilitas minimum ditingkatkan 2,25 kali sedangkan kelelahan 1,5 kali dari ukuran benda uji normal (diamter 4 inchi).

### 2.6.2. Berat Isi Benda Uji Padat

Setelah benda uji selesai, kemudian dikeluarkan dengan menggunakan ekstruder dan didinginkan, Berat isi untuk benda uji porus ditentukan dengan melakukan beberapa kali penimbangan seperti prosedur (ASTM D 1188). Secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Timbang benda uji di udara
- b. Selimuti benda uji dengan paraffin
- c. Timbang benda uji ber parafin di udara
- d. Timbang benda uji ber parafin dalam air

Berat isi untuk benda uji tidak porus atau bergradasi menerus dapat ditentukan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh (SSD) seperti prosedur ASTM D 2726. Secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Timbang benda uji di udara
- b. Rendam benda uji di dalam air
- c. Timbang benda uji SSD di udara
- d. Timbang benda uji di dalam air

Adapun yang didapat dari *Marshall* dengan Pers.2.16 – Pers.2.17.

$$\text{Volume sampel} = B_j - B_a \quad (2.16)$$

$$\text{Berat isi sampel} = \frac{B_k}{V_s} \quad (2.17)$$

Dengan keterangan:

$B_j$  = Berat sampel jenuh, dalam gram

$B_a$  = Berat sampel dalam air, dalam gram

$B_k$  = Berat sampel kering, dalam gram

$V_s$  = Volume sampel

Berat jenis Maksimum dari campuran dengan perbedaan kadar aspal pada perencanaan campuran dengan suatu agregat tertentu Berat jenis maksimum  $G_{mm}$ , untuk kadar aspal yang berbeda diperlukan untuk menghitung persentase rongga udara masing-masing kadar aspal. Berat Jenis Maksimum dapat dihitung dengan Pers.2.18 :

$$\underline{P_{mm}}$$

$$G_{mm} = \frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b} \quad (2.18)$$

Dengan keterangan:

$G_{mm}$  = Berat Jenis maksimum campuran (tidak ada rongga udara)

$P_{mm}$  = Campuran lepas total, persentase terhadap berat total campuran = 100 %

$P_s$  = agregat, persen berat total campuran

$P_b$  = aspal, persen berat total campuran

$G_{se}$  = Berat jenis efektif agregat

$G_b$  = Berat jenis aspal

### 2.6.3. Pengujian Volumetrik

Tiga sifat dari benda uji campuran aspal panas ditentukan pada analisa rongga density. Sifat tersebut adalah:

- a. Berat isi dan atau berat jenis benda uji padat
- b. Rongga dalam agregat mineral
- c. Rongga udara dalam campuran padat

Dari berat contoh dan persentase aspal dan agregat dan berat jenis masing-masing, volume dari material yang bersangkutan dapat ditentukan. Dalam Pers. 2.19 – Pers. 2.20.

$$\% \text{ Volume aspal} = \frac{B.G}{G_b} \quad (2.19)$$

$$\% \text{ Volume agregat} = \frac{(100 - B).G}{G_{se}} \quad (2.20)$$

Dengan keterangan:

$B$  = %Aspal terhadap campuran

$G$  = Berat isi sampel

$G_{se}$  = Berat jenis efektif agregat

$G_b$  = Berat jenis aspal

Kadar aspal efektif campuran adalah kadar aspal total dikurangi besarnya jumlah aspal yang meresap kedalam partikel agregat. Pers. 2.21 untuk perhitungan adalah:

$$Pbe = Pb - \left(\frac{Pba}{100}\right)Ps \quad (2.21)$$

Dengan keterangan :

Pbe = kadar aspal efektif, persen berat total campuran

Ps = agregat, persen berat total campuran

Pb = aspal, persen berat total campuran

Pba = aspal yang terserap, persen berat total campuran

Rongga pada agregat mineral (VMA) dinyatakan sebagai persen dari total volume rongga dalam benda uji. Merupakan volume rongga dalam campuran yang tidak terisi agregat dan aspal yang terserap agregat.

Rongga pada campuran, Va atau sering disebut VIM, juga dinyatakan sebagai persen dari total volume benda uji, merupakan volume pada campuran yang tidak terisi agregat dan aspal.

#### 1. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

Rongga dalam mineral agregat , VMA, adalah rongga antar partikel agregat pada campuran padat termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, dinyatakan dalam persen volume total. VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis agregat curah (*bulk*) dan dinyatakan dalam persentase dari volume curah campuran padat. Sebagai contoh penyimpangan nilai VMA akibat kesalahan perhitungan yang mana kesalahan ini akan menyebabkan pergeseran puncak lengkung hiperbola (titik terendah) kurva hubungan antara VMA dengan kadar aspal. Pergeseran tersebut akan menyebabkan kesalahan penentuan kadar aspal dan selanjutnya akan sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal yang dihasilkan pada Pers. 2.22.

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb.Ps}{Gsb}\right) \quad (2.22)$$

Dengan keterangan:

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb = Berat Jenis curah agregat

Ps = Agregat, persen berat total campuran

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

## 2. Rongga Udara Didalam Campuran Padat (VIM)

Rongga udara (VIM) setelah selesai dipadatkan di laboratorium idealnya adalah 7%. Rongga udara yang kurang jauh dari 7% akan rentan terhadap perlelehan, alur dan deformasi plastis. Sementara VIM setelah selesai pemadatan yang jauh dari 7% akan rentan terhadap retak dan perlepasan butir (disintegrasi). Untuk mencapai nilai lapangan tersebut dalam spesifikasi, nilai VIM rencana dibatasi pada interval 3,5% sampai 5,5%. Dengan kepadatan lapangan dibatasi minimum 98%. Rongga udara, VIM, dalam campuran padat terdiri atas ruang-ruang kecil antara partikel agregat terselimuti aspal. Rongga udara dihitung dengan Pers. 2.23 :

$$VIM = 100\left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm}\right) \quad (2.23)$$

Dengan keterangan:

VIM = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

Gmb = berat jenis curah campuran padat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

## 3. Rongga Udara Terisi Aspal (VFA)

Kriteria VFA bertujuan menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Pada gradasi yang sama, semakin tinggi nilai VFA makin banyak kadar aspal campuran tersebut. Sehingga kriteria VFA dapat menggantikan kriteria kadar aspal dan tebal lapisan film aspal. VFA, VMA, dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua diantaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFA membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima atau memenuhi persyaratan.

Rongga udara terisi aspal, VFA, merupakan persentase rongga antar agregat partikel (VMA) yang terisi aspal. VFA, tidak termasuk aspal yang terserap agregat, dihitung dengan Pers. 2.21.

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.21)$$

Dengan keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

#### **2.6.4. Pengujian Stabilitas Dan Kelelahan (*Flow*)**

Setelah penentuan berat jenis *bulk* benda uji dilaksanakan, pengujian stabilitas dan kelelahan dilaksanakan dengan menggunakan alat uji. Prosedur pengujian berdasarkan ketentuan, secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Rendam benda uji pada temperatur 60°C (140°F) selama 30-40 menit sebelum pengujian.
2. Keringkan permukaan benda uji dan letakkan pada tempat yang tersedia pada alat uji
3. Setel dial pembacaan stabilitas dan kelelahan. Lakukan pengujian dengan kecepatan deformasi konstan 51 mm (2 in.) per menit sampai terjadi runtuh.
4. Catat besarnya stabilitas dan kelelahan yang terjadi pada dial.

Stabilitas adalah nilai besarnya kemampuan perkerasan dalam hal menahan deformasi akibat beban berulang. Semakin banyak kadar serat selulosa yang digunakan mengakibatkan campuran semakin rapat dan sifat saling mengunci antar agregat bertambah.

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat suatu beban yang dinyatakan dalam milimeter. Ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang

akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi. *Marshall Quotient* (MQ) adalah rasio antara nilai stabilitas dan kelelahan. Dengan Pers.2.22.

$$MQ = \frac{Sa}{K} \quad (2.22)$$

Dengan keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*

Sa = Stabilitas akhir

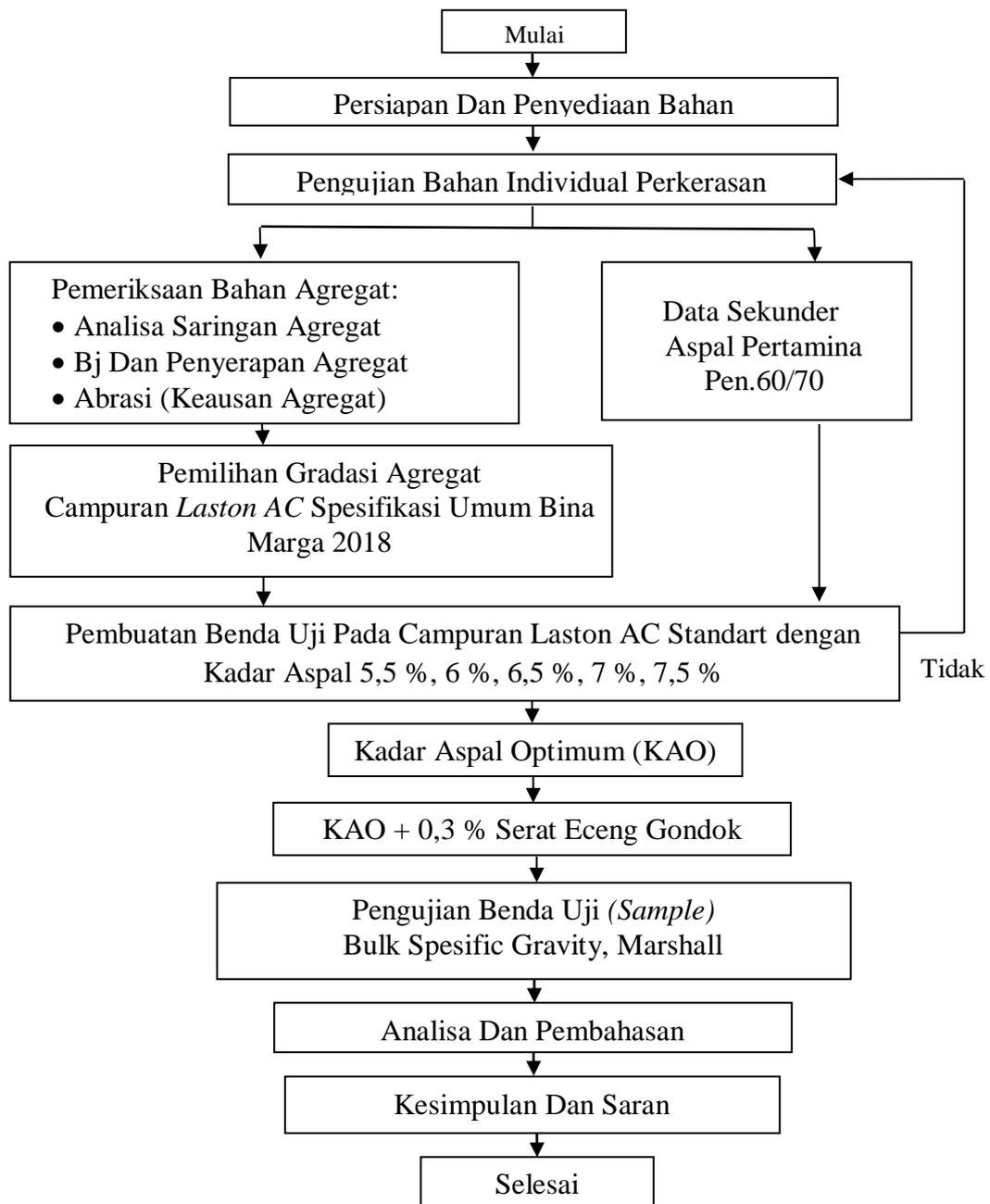
K = Kelelahan (*flow*).

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

Secara garis besar penelitian yang dilaksanakan dengan kegiatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

### **3.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

#### **1. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di UPT. Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, yang berlokasi di jalan Sakti Lubis No.7R, Kp. Baru, Kecamatan Medan Maimun, Kota Medan.

#### **2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 03 Februari 2020 sampai dengan 20 April 2020.

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di UPT. Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara adalah pengambilan data sekunder mutu bahan aspal dan memeriksa mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengujian bahan, digunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang digunakan dari benda uji material yang telah dilakukan perusahaan dan di uji di Balai Pengujian Material. Data literatur adalah data dari bahan kuliah laporan dari pratikum dan konsultasi langsung dengan pembimbing dan asisten laboratorium tempat penelitian berlangsung.

### **3.5 Material Untuk Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

#### **1. Aspal Keras.**

Penelitian ini menggunakan aspal keras Pertamina yang diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Karya Murni Perkasa, Patumbak, Deli Serdang.*

## 2. Agregat Kasar dan Halus.

Agregat kasar dan halus yang digunakan diperoleh dari *Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Karya Murni Perkasa, Patumbak, Deli Serdang.*

## 3. Serat Eceng Gondok

Penelitian ini menggunakan serat Eceng Gondok sebagai bahan untuk campuran *Laston AC* yang diperoleh dari salah satu kawasan yang berlokasi di Martubung, Medan Belawan.

### **3.6 Prosedur Penelitian**

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan perencanaan yaitu dengan penelitian laboratorium adalah sebagai berikut:

1. Pengadaan alat dan penyediaan bahan yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
2. Pemeriksaan terhadap bahan material yang akan digunakan untuk melakukan penelitian.
3. Merencanakan contoh campuran *Laston AC*.
4. Merencanakan contoh campuran dengan pembuatan sampel benda uji.
5. Melakukan pengujian dengan alat *Marshall test*.
6. Analisa hasil pengujian sehingga diperoleh hasil dari pengujian.

### **3.7 Pemeriksaan Bahan Campuran**

Untuk mendapatkan campuran *Laston AC* yang berkualitas ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat dan karekateristiknya.

#### **3.7.1 Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus**

Agar kualitas agregat dapat dijamin untuk mendapatkan campuran *Laston AC* yang berkualitas maka beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah:

1. Diperlukan analisa saringan untuk agregat kasar maupun agregat halus, dimana prosedur dalam pemeriksaan ini mengikuti SNI 03-1968-1990.
2. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar, dimana prosedur dalam pemeriksaan ini mengikuti SNI 1969:2008.
3. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus, dimana prosedur dalam pemeriksaan ini mengikuti SNI 1970:2008.
4. Pengujian pemeriksaan sifat-sifat campuran dengan *Marshall test*, dimana prosedur dalam pemeriksaan ini mengikuti RSNI M-01-2003.
5. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.

### **3.7.2 Alat Yang Digunakan**

1. Saringan atau ayakan ayakan 11/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.
2. Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material di laboratorium maupun pada saat pengambilan material di AMP.
3. Goni dan juga pan sebagai tempat atau wadah tempat material.
4. Timbangan kapasitas 20 kg dan timbangan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
5. *Shieve shaker* berfungsi sebagai alat mempermudah pengayakan material.
6. Sendok pengaduk dan spatula.
7. *Thermometer* sebagai alat pengukur suhu aspal dan juga material.
8. Piknometer dengan kapasitas 500 ml, untuk pemeriksaan berat jenis penyerapan agregat halus.
9. Cetakan mold berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76, 2 (3 in), beserta *jack hammer Marshall Laston AC*.
10. *Extruder* berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan banda uji *Marshall* dari mold.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. *Water bath* dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur air  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
13. Oven pengering material

14. Alat uji *Marshal test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

### **3.7.3 Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula, satuannya dalam % dan pemeriksaan ini mengikuti prosedur SNI 2417:2008. Peralatan untuk pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Mesin Abrasi Los Angeles merupakan mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (28 inci) panjang dalam 508 mm (20 inci); silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar; silinder berlubang untuk memasukkan benda uji; penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu; di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci)
2. Saringan No.12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya
3. Timbangan, dengan ketelitian 0,1% terhadap berat contoh atau 5 gram
4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur temperatur untuk memanasi sampai dengan  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
6. Alat bantu pan dan kuas.

## **3.8 Prosedur Kerja**

### **3.8.1 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)**

Perencanaan aspal beton meliputi perencanaan gradasi dan komposisi agregat untuk campuran serta jumlah benda uji untuk pengujian. Gradasi agregat yang

digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan lapisan *Laston AC*.

Dan dilihat pada gradasi yang ideal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sebelum melakukan pencampuran terlebih dahulu dilakukan analisa saringan masing-masing fraksi, komposisi campuran didasarkan pada fraksi agregat kasar CA (*Coarse Aggregate*), MA (*Medium Aggregate*), dan agregat halus FA (*Fine Aggregate*) dari analisa komposisi gradasi diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji normal adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1/2 inch = 32 %
2. Agregat kasar (MA) 3/8 inch = 45 %
3. Agregat halus (Cr) = 13 %
4. Agregat halus (Sand) = 10 %

Adapun diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan Serat Serabut Kelapa sebagai bahan tambah adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) 1/2 inch = 32 %
2. Agregat kasar (MA) 3/8 inch = 45 %
3. Agregat halus (Cr) = 13 %
4. Agregat halus (Sand) = 10 %
5. Serat Eceng Gondok = 0,3 %

Untuk serat serabut kelapa yang dipakai terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran-kotoran yang ada dengan cara disikat. Kemudian direndam di dalam air selama 24 jam, diambil serat serabut kelapa yang tenggelam dan dijemur sampai kering. Setelah itu dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 2 - 4 mm.

Komposisi aspal campuran ditentukan oleh nilai kadar aspal optimum. Untuk mengetahui besarnya kadar aspal optimum untuk suatu campuran aspal dilakukan dengan cara coba-coba. Langkah yang ditempuh adalah melakukan uji *Marshall* untuk berbagai kadar aspal. Variasi kadar aspal ditentukan dengan sedemikian rupa sehingga perkiraan besarnya kadar aspal optimum berada didalam variasi tersebut, yaitu mulai dari 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5%.

### **3.8.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji**

Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan agregat pada temperatur  $105^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven.
2. Mengeluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap.
3. Memisah-misahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan secara kumulatif.
4. Melakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pepadatan.
5. Memanaskan agregat pada temperatur  $28^{\circ}\text{C}$  di atas temperatur pencampuran sekurang - kurangnya 4 jam di dalam oven.
6. Memanaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pepadatan.
7. Pencampuran benda uji
  - a. Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak  $\pm 1200$  gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira  $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$  ( $2,5 \pm 0,05$  inch).
  - b. Memanaskan wadah pencampur kira-kira  $28^{\circ}\text{C}$  di atas temperatur pencampuran aspal keras.
  - c. Memasukkan agregat yang telah dipanaskan ke dalam wadah pencampur.
  - d. Menuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
8. Pepadatan benda uji
  - a. Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara  $90^{\circ}\text{C}$  -  $150^{\circ}\text{C}$
  - b. Meletakkan cetakan di atas landasan pepadat dan ditahan dengan pemegang cetakan
  - c. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan

- d. Memasukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya
- e. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
- f. Memadatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk sisi atas dan 75 kali untuk sisi bawah.
- g. Sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar yaitu *Extruder* pada permukaan ujung benda uji tersebut, keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.

### 3.8.3 Metode Pengujian Benda Uji (*Sample*)

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan prosedur *Marshall test* yang dikeluarkan oleh RSNI M-01-2003. Pengujian benda uji (*sample*) terbagi atas 2 bagian pengujian, yaitu:

1. Penentuan *bulk specific gravity* benda uji (*sample*).
2. Pengujian *stability* dan *flow*.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel sebagai berikut:

1. Alat uji *Marshall*, alat uji listrik yang berkekuatan 220 volt, didesain untuk memberikan beban pada benda uji (*sample*) untuk menguji semi *circular testing head* dengan kecepatan konstan 51 mm (2 inch) per menit. Alat ini dilengkapi dengan sebuah *proving ring* (arloji tekan) untuk mengetahui stabilitas pada beban maksimum pengujian. Selain itu juga dilengkapi dengan *flow meter* (arloji kelelahan) untuk menentukan besarnya kelelahan pada beban maksimum pengujian.
2. *Water Bath*, alat ini dilengkapi pengaturan suhu minimum 20°C dan mempunyai kedalaman 150 mm (6 inch) serta dilengkapi rak bawah 50 mm.
3. *Thermometer*, ini adalah sebagai pengukur suhu air dalam *water bath* yang mempunyai menahan suhu sampai  $\pm 200^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.8.4. Penentuan Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*)**

Setelah benda uji selesai, kemudian dikeluarkan dengan menggunakan *extruder* dan didinginkan. Berat isi untuk benda uji tidak porus atau gradasi menerus dapat ditentukan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh (SSD). Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-6757-2002 metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal didapatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh.

Pengujian *bulk specific gravity* ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji *Marshall* yang sudah dikeluarkan dari mold, dengan menimbang berat dalam keadaan kering udara, kemudian di dalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume *bulk specific gravity* benda uji ( $\text{cm}^3$ ). Sedangkan *bulk specific gravity* benda uji (*sample*) merupakan perbandingan antara benda uji di udara dengan volume bulk benda uji ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ).

Adapun proses tahapan penimbangan sebagai berikut:

- a. Timbang benda uji di udara.
- b. Rendam benda uji di dalam air.
- c. Timbang benda uji SSD di udara.
- d. Timbang benda uji di dalam air.

#### **3.8.5. Pengujian Stabilitas (*Stability*) dan Kelelehan (*Flow*)**

Setelah penentuan berat *bulk specific gravity* benda uji dilaksanakan, pengujian *stabilitas* dan *flow* dilaksanakan dengan menggunakan alat uji *Marshall* sebagai berikut:

1. Merendam benda uji dalam penangas air selama 30 - 40 menit dengan temperatur tetap  $60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  untuk benda uji.

2. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari 21°C-37°C dan digunakan bak air apabila perlu. *Guide road* dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas *head* akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator *proving ring* yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial *proving ring* disetel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
3. Benda uji (*sample*) percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan di tengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
4. Memasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
5. Memasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
9. Mencatat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai. Setelah itu Bersihkan alat dan selesai.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 9.1. Hasil Penelitian

##### 9.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada pembuatan aspal beton maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan Campuran AC-BC maka agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal  $\frac{3}{4}$ " , agregat halus adalah campuran batu pecah dengan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah abu batu dan serat selulosa sebagai bahan penambah. Untuk memperoleh aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan dengan acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis saringan seperti yang tertera pada Tabel 4.1. – 4.4.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ca)  $\frac{3}{4}$  inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
$\frac{3}{4}$	19.00	100%
$\frac{1}{2}$	12.50	60.76%
$\frac{3}{8}$	9.50	14.33%
4	4.75	0.59%
8	2.36	0.13%
200	0.075	0.00%

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ma) ½ inch.

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
¾	19.00	100%
½	12.50	100%
3/8	9.50	86.00%
4	4.75	10.24%
8	2.36	4.64%
200	0.075	1.98%
Pan	-	1.48%

Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (*Sand*).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
3/8	9.50	100%
4	4.750	97.63%
8	2.360	91.88%
16	1.180	81.50%
30	0.600	60.31%
50	0.300	34.50%
100	0.150	11.81%
200	0.075	3.63%
Pan	-	-

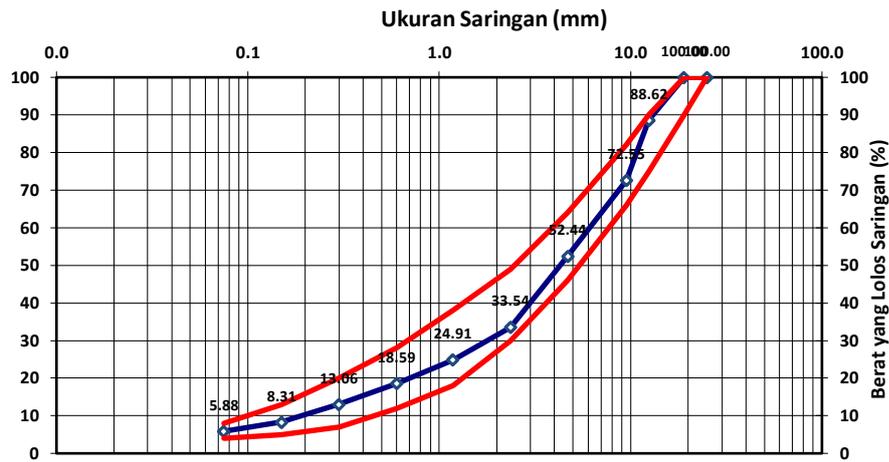
Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
4	4.750	100%
8	2.360	65.44%
16	1.180	42.31%
30	0.600	30.63%
50	0.300	23.25%
100	0.150	17.13%
200	0.075	12.38%
Pan	-	-

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran SMA harus berada di antara batas atas dan batas bawah yang sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.

Kombinasi Agregat						
No.Saringan	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 200
Batas spesifikasi	90-100	75-90	66-82	46-64	30-49	4-8
Batu pecah 3/4"	29,00	17,62	4,16	0,17	0,04	0
Medium agregat	28,00	28,00	25,39	9,57	1,27	0,03
Abu batu	28,10	28,10	28,10	28,10	18,39	3,48
Pasir	13,10	13,00	13,00	12,69	11,94	0,47
Semen	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Total agregat	100,00	88,62	72,55	52,44	33,54	5,88



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat.

Dari hasil pengujian analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Data persen agregat yang di peroleh pada normal

1. Agregat kasar CA  $\frac{3}{4}$  inch = 29,00%
2. Agregat medium MA  $\frac{3}{8}$  inch = 28,00%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 28,10%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 13,00%
5. Semen = 1,90%

Setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak  $\pm 1200$  gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira  $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ . Dari hasil analisa saringan agregat didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA $\frac{3}{4}$ inch (gram)	MA $\frac{3}{8}$ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)
5	60	330,60	319,20	320,34	148,20	21,66
5,5	66	328,86	317,52	318,65	147,42	21,55
6	72	327,12	315,84	316,97	146,64	21,43
6,5	78	325,38	314,16	315,28	145,86	21,32

7	84	323,64	312,48	313,60	145,08	21,20
---	----	--------	--------	--------	--------	-------

### 9.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Berat jenis suatu agregat yang digunakan dalam suatu rancangan campuran beraspal sangat berpengaruh terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan sehingga mendapatkan suatu campuran beraspal yang baik. Berat jenis efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Dalam pengujian berat jenis agregat kasar prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 1969-2008 dan SNI 1970-2008. Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8

#### 1. Berat jenis agregat kasar CA ¾ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{3.274,50}{3.299,00 - 2.060,00} = 2,643 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{3.274,50}{3.274,50 - 2.060,00} = 2,696 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{3.299,00}{3.299,00 - 2.060,00} = 2,663 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{3.299,00 - 3.274,50}{3.274,50} \times 100\% = 0,748 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA ¾ inch dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA ¾ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Bulk)	2,643	2,640	2,642
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2,663	2,661	2,662
Berat jenis semu (Apparent)	2,696	2,697	2,696
Penyerapan (Absorbtion)	0,748	0,792	0,770

2. Berat jenis agregat kasar MA 3/8 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{2.419,00}{2.439,00 - 1.529,00} = 2,658 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{2.419,00}{2.419,00 - 1.529,00} = 2,718 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{2.439,00}{2.439,00 - 1.529,00} = 2,680 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{2.439,00 - 2.419,00}{2.419,00} \times 100\% = 0,827 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat MA 3/8 inch dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA 3/8 inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Bulk)	2,658	2,658	2,658
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2,718	2,718	2,718
Berat jenis semu (Apparent)	2,680	2,680	2,680
Penyerapan (Absorbtion)	0,827	0,823	0,825

3. Berat jenis agregat halus Pasir (*Sand*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{488}{655,50 + 500 - 964,40} = 2.554 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{488}{655,50 + 488 - 964,40} = 2.725 \text{ gr}$

- Berat Jenis Semu  $= \frac{500}{655,50 + 500 - 964,40} = 2.616 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{500 - 488}{488} \times 100\% = 0,024 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus pasir dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Bulk)	2.554	2.554	2.554
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2.725	2.725	2.725
Berat jenis semu (Apparent)	2.616	2.617	2.617
Penyerapan (Absorbtion)	0,024	0,024	0,024

#### 4. Berat jenis agregat halus Abu Batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{496}{676,40 + 500 - 984,30} = 2.582 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{596}{676,40 + 496 - 984,30} = 2.637 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{500}{676,40 + 500 - 984,30} = 2.603 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{500 - 496}{496} \times 100\% = 0,806 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Bulk)	2.582	2.581	2.581

Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2.637	2.635	2.636
Berat jenis semu (Apparent)	2.603	2.601	2.602
Penyerapan (Absorbtion)	0,806	0,806	0,806

#### 4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal

Dalam penelitian ini, pemeriksaan aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder dari PT. Tri Murti Patumbak yang dilakukan UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal ini telah di uji dan disetujui. Dari pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	66,15	60-70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,20	≥ 48	°C
3	Daktalitas Pada 25°C 5cm/menit	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	Cm
4	Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCL <sub>3</sub>	SNI 2438 : 2011	99,93	≥ 99	%
5	Titik Nyala (TOC)	SNI 2433 : 2011	325	≥ 232	°C
6	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0241	≥ 1,0	-

Dari hasil pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa aspal keras Pertamina Pen 60/70 memenuhi standart pengujian spesifikasi umum Bina Marga 2018 sebagai bahan ikat campuran aspal beton.

#### 4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

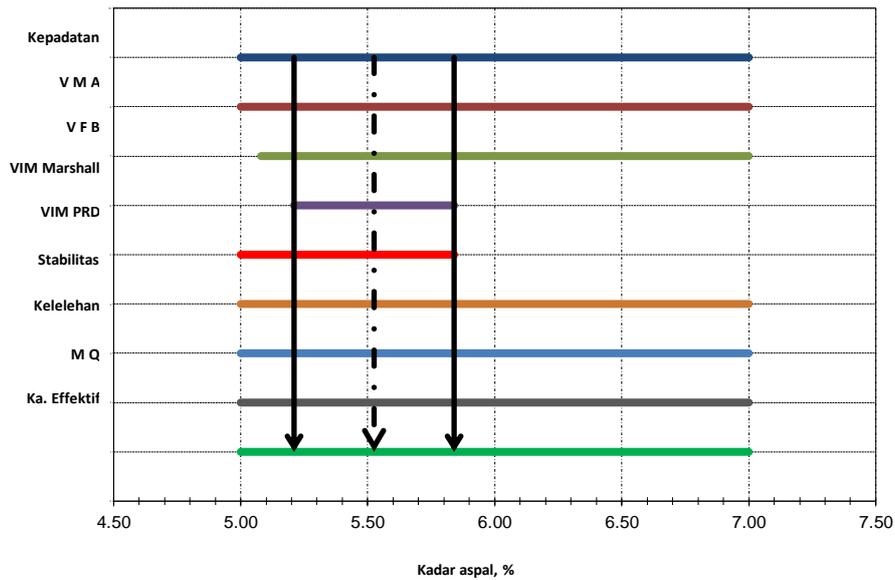
Nilai parameter *Marshall* diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil-hasil percobaan di laboratorium. Berikut analisis yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 5,53%:

- a. Persentase terhadap batuan = 5,8 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5,53 %
- c. Berat sampel kering = 1167,6 gram
- d. Berat sampel jenuh (SSD) = 1173,2 gram
- e. Berat sampel dalam air = 670,0 gram
- f. Isi Benda Uji = 1167,6 – 670,0  
= 503,20 cc
- g. Kepadatan = 1167,6 / 503,20  
= 2,320 gr/cc
- h. Berat jenis maksimum =  $\frac{100}{\left(\frac{100-5,5\%}{2,625}\right) + \left(\frac{5,5\%}{1,0245}\right)}$   
= 2,417 %
- i. Persentase volume aspal =  $\frac{5,5\% \times 2,261}{1,024}$   
= 12,142 %
- j. Persentase volume agregat =  $\frac{(100-5,5\%) \times 2,261}{2,254}$   
= 84,642 %
- k. Rongga terhadap agregat(VMA) =  $100 - \left(\frac{2,320 \times (100-5,5\%)}{2,616}\right)$   
= 16,19%

l. Rongga terhadap campuran (VIM)	$= 100 - \left( 100 \times \frac{2,320}{2,417} \right)$
	$= 4,01 \%$
m. Rongga terisi aspal (VFB)	$= \frac{(16,19 - 4,01) \times 100}{16,19}$
	$= 75,23 \%$
n. Kadar aspal efektif	$= 5,38$
o. Pembacaan arloji stabilitas	$= 1,280,19$
p. Kalibrasi proving ring	$= 1,00$
q. Stabilitas sisa	$= 94,27$
r. Kelelehan	$= 3,65$

#### 4.1.5 Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum

Setelah selesai melakukan pengujian di Laboratorium dan menghitung nilai-nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *VMA*, *Flow* maka secara grafis dapat ditentukan kadar aspal optimum campuran dengan cara membuat grafik hubungan antara nilai-nilai tersebut di atas dengan kadar aspal, yang kemudian memplotkan nilai-nilai yang memenuhi spesifikasi terhadap kadar aspal, sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Penentuan kadar aspal optimum untuk campuran aspal Pertamina normal serta penambahan serat eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal normal.

Setelah melakukan percobaan pada campuran normal didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 5,53% dengan KAO tersebut maka didapat komposisi campuran dengan serat eceng gondok sebagai berikut dan perhitungan berat Agregat pada tabel 4.12 :

1. Agregat kasar CA  $\frac{3}{4}$  inch = 27,39%
2. Agregat medium MA  $\frac{3}{8}$  inch = 26,45%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 26,55%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 12,28%
5. Semen = 1,80%
6. Aspal = 5,53%
7. Serat eceng gondok = 1% , 3% , 5%

Tabel 4.12: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji penggunaan serat eceng gondok 1% , 3% , 5% dengan KAO 5,53%

Material	% Agregat	Berat Agregat (gram)	Kumulatif (gram)
Batu Pecah $\frac{3}{4}$	27,39	328,68	328,68
Medium	26,45	317,40	646,06
Abu Batu	26,55	318,60	964,68

Pasir	12,38	147,36	1112,04
Semen	1,79	21,53	1133,64
Aspal	5,53	66,36	1200
1% serat eceng gondok	1	0,66	1200,66

Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan serat eceng gondok dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas* (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*). Berikut analasi perhitungan untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,53% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan serat eceng gondok dapat dilihat pada Tabel 4.13 – 4.14.

#### 4.1.6 Pemeriksaan Marshall

##### 1. Hasil Marshall Normal

$$\begin{aligned}
 \text{a. } Bulk\ Density &= \frac{sample\ 1 + sample\ 2}{2} \\
 &= \frac{2,261 + 2,251}{2} = 2,256 \\
 \text{b. } Stability &= \frac{sample\ 1 + sample\ 2}{2} \\
 &= \frac{643 + 600}{2} = 622 \\
 \text{c. } Air\ Voids &= \frac{sample\ 1 + sample\ 2}{2} \\
 &= \frac{4,724 + 5,130}{2} = 4,927 \\
 \text{d. } VMA &= \frac{sample\ 1 + sample\ 2}{2} \\
 &= \frac{15,358 + 15,718}{2} = 15,538
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. Flow} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{2,40 + 2,54}{2} = 2,47
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran Normal.

Karakteristik	Kadar aspal %				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Bulk Density (gr/cc)	2,256	2,242	2,238	2,194	2,172
Stabilty (kg)	622	688	756	721	641
Air Voids (%)	4,927	4,863	4,365	5,623	5,910
VMA (%)	15,538	16,510	17,093	19,177	20,399
Flow (mm)	2,47	2,69	3,01	3,15	4,06

## 2. Hasil Marshall Penambahan Serat Eceng Gondok

$$\begin{aligned}
 \text{a. Bulk Density} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{2,378 + 2,368}{2} = 2,373 \\
 \text{b. Stability} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{1395,58 + 1611,02}{2} = 1503,30 \\
 \text{c. Air Voids} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{2,95 + 2,87}{2} = 2,91 \\
 \text{d. VMA} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{14,11 + 14,47}{2} = 14,29 \\
 \text{e. Flow} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{4,20 + 3,80}{2} = 4,00$$

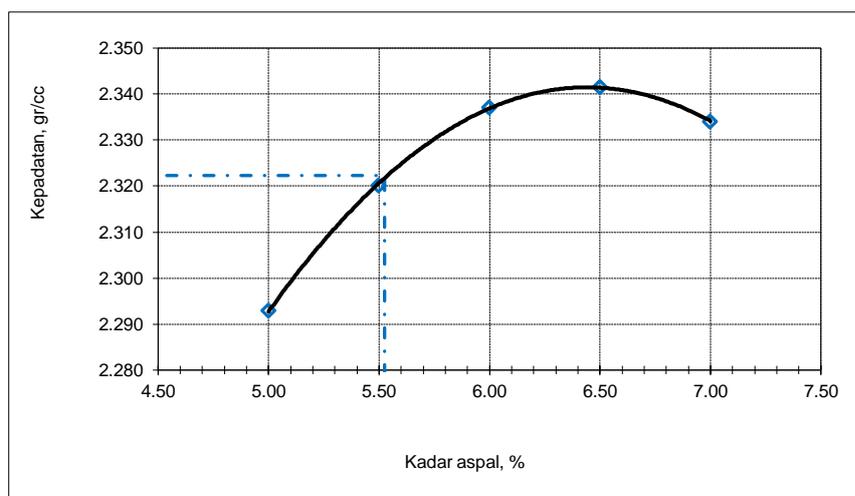
Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penambah serat Eceng Gondok 1%,3% dan 5%.

Karakteristik	Kadar Eceng Gondok %		
	1%	3%	5%
Bulk Density (gr/cc)	2,373	2,365	2346
Stabilty (kg)	1503,30	1269,27	1180,60
Air Voids (%)	1,85	2,17	2,94
VMA (%)	14,29	14,57	15,25
Flow (mm)	4,00	3,85	3,85

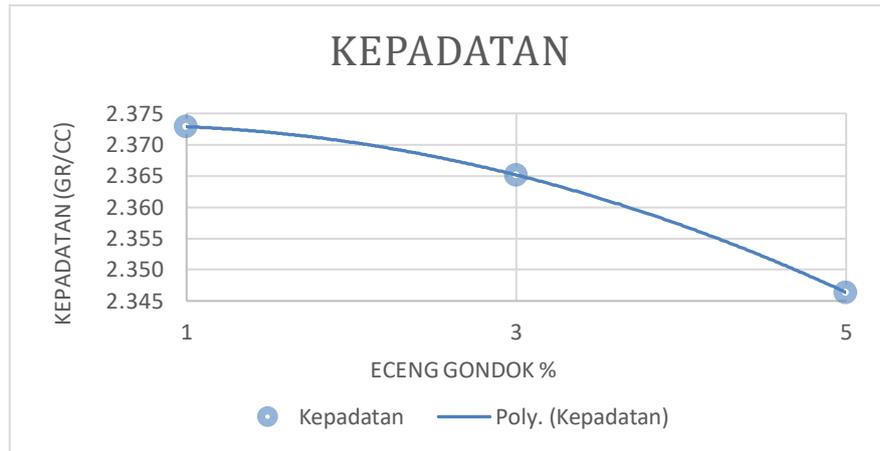
Dari hasil diatas untuk campuran aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% dapat juga dilihat pada Gambar 4.2 – 4.11.

a. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% dilihat pada Gambar 4.2. – 4.3.



Gambar 4.2: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density*.

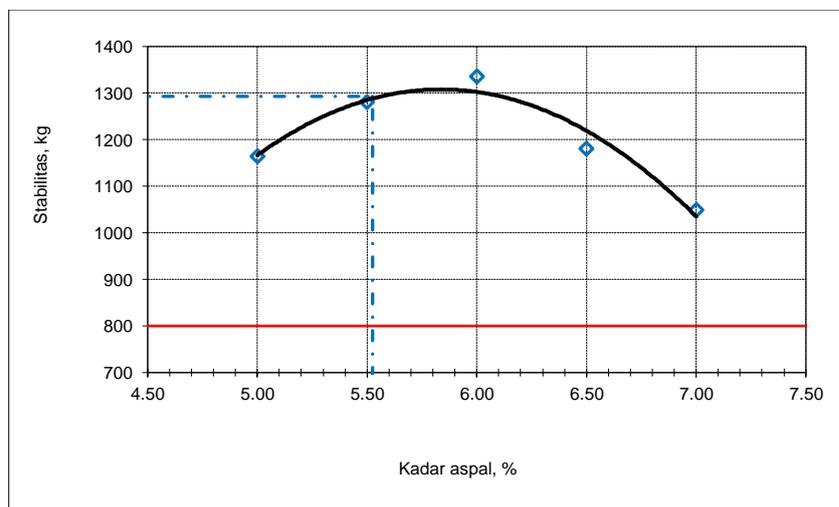


Gambar 4.3: Grafik hubungan *Bulk Density* (gr/cc) dengan serat eceng gondok

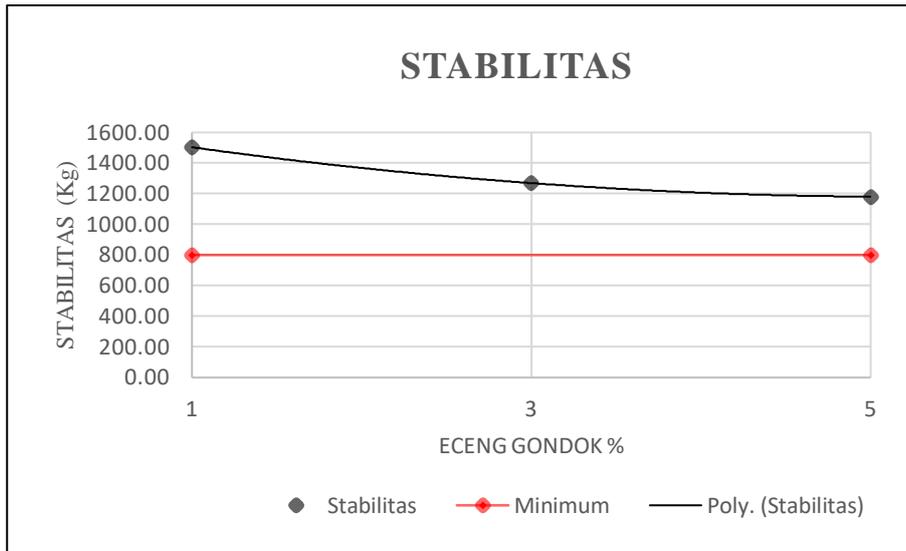
Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% kepadatan mencapai 2,373 gr/cc, 3% mencapai 2,365 gr/cc dan 5% mencapai 2,346 gr/cc, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka kepadatan semakin menurun.

b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% dilihat pada Gambar 4.4. – 4.5.



Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.

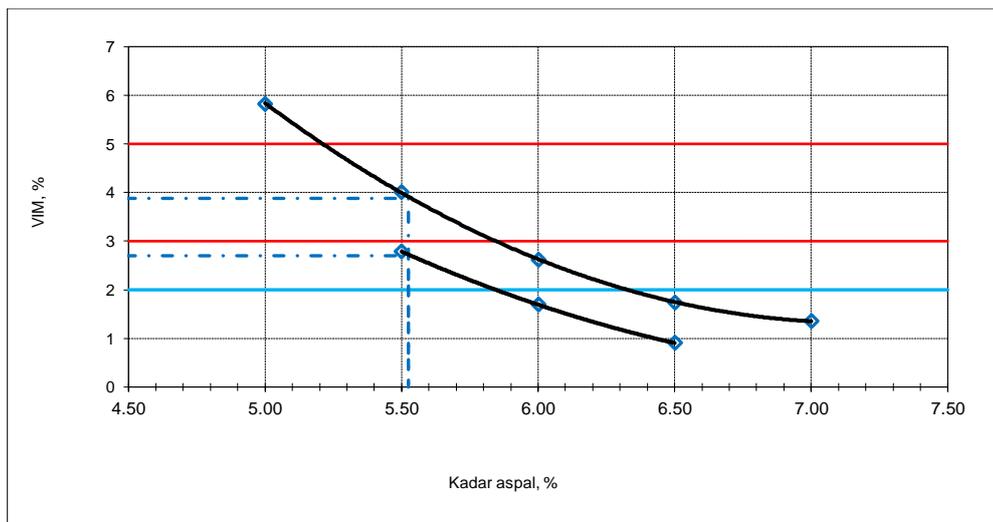


Gambar 4.5: Grafik hubungan antara *Stability* (Kg) dengan serat eceng gondok

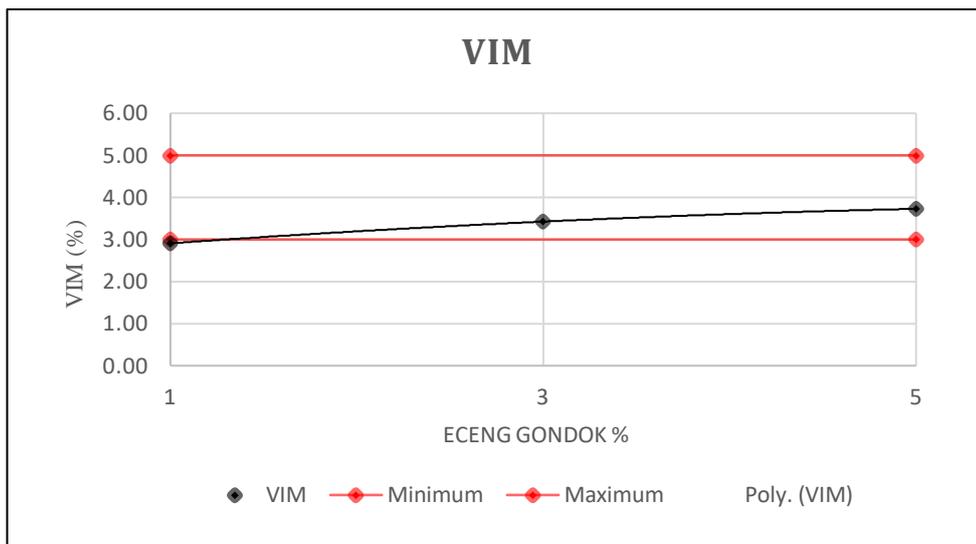
Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% stabilitas mencapai 1503,30 kg, 3% mencapai 1269,27 kg dan 5% mencapai 1180,65 kg, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka kepadatan semakin menurun.

c. *Air Voids/Voids in Mix Marshall (VIM)*

Hasil nilai *air voids* (VIM) ada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% %, dilihat pada Gambar 4.6. – 4.7.



Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran normal.

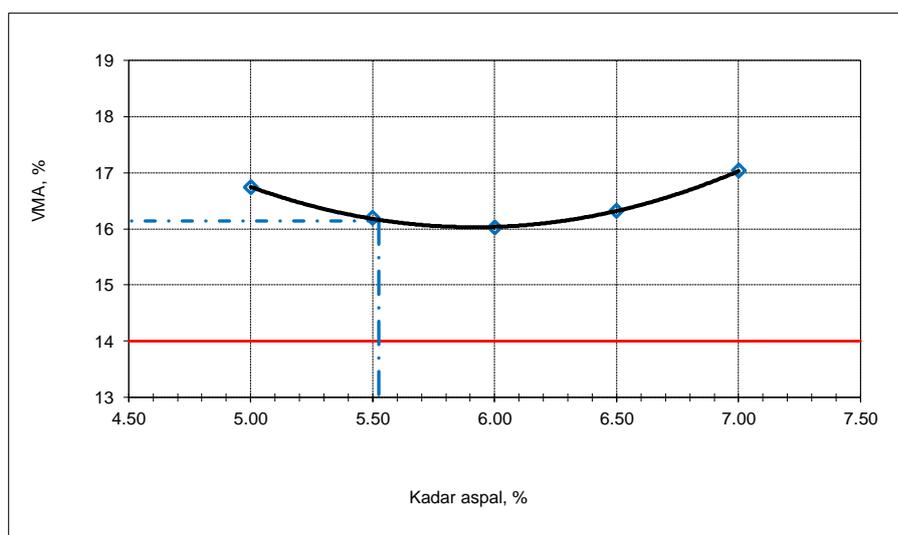


Gambar 4.7: Grafik hubungan antara (VIM) dengan (%) serat eceng gondok.

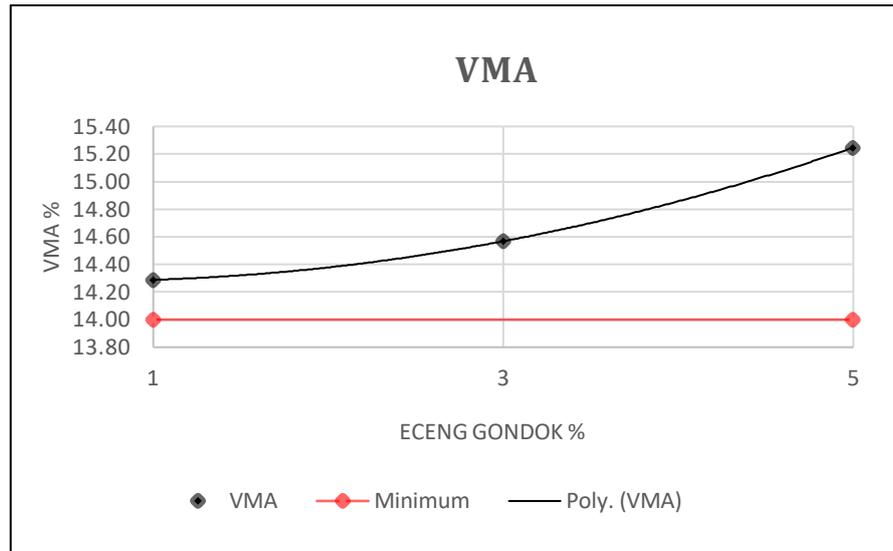
Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% VIM mencapai 2,91 gr/cc, 3% mencapai 3,43 gr/cc dan 5% mencapai 3,73 gr/cc, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka VIM semakin meningkat.

d. *Void In Mineral Agreggate (VMA)*

Hasil nilai VMA ada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% , dilihat pada Gambar 4.8. – 4.9.



Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.

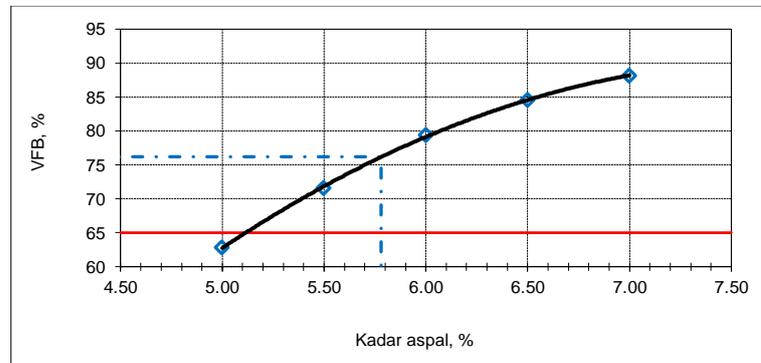


Gambar 4.9: Grafik hubungan antara VMA (%) dengan serat eceng gondok

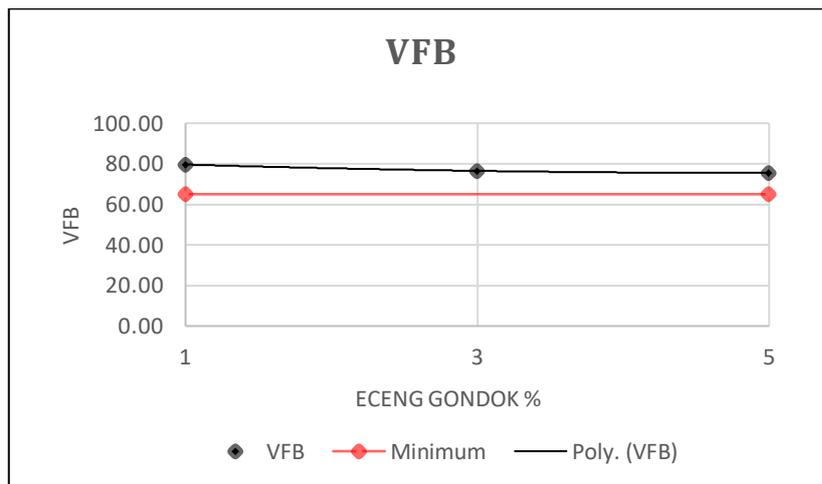
Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% VMA mencapai 14,29%, 3% mencapai 14,57% dan 5% mencapai 15,25%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka VMA semakin meningkat.

e. *Void In Filled Bitumen* (VFB)

Hasil nilai VFB ada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% , dilihat pada Gambar 4.10. – 4.11.



Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VFB (%) Campuran normal.

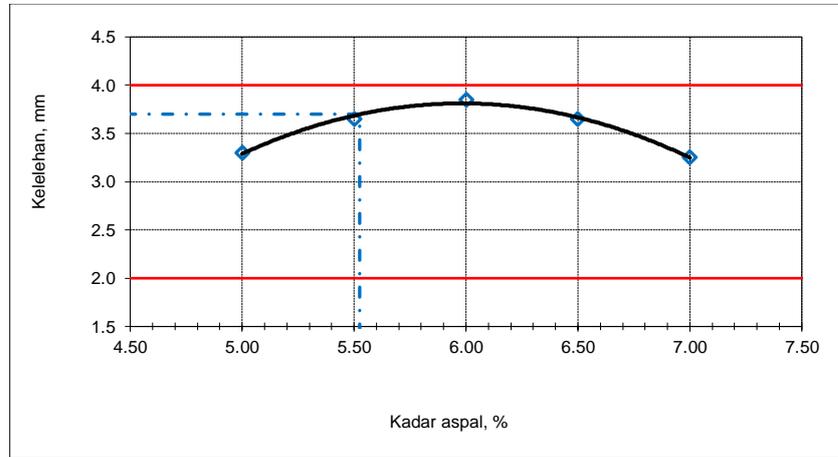


Gambar 4.11: Grafik hubungan antara VFB (%) dengan serat eceng gondok

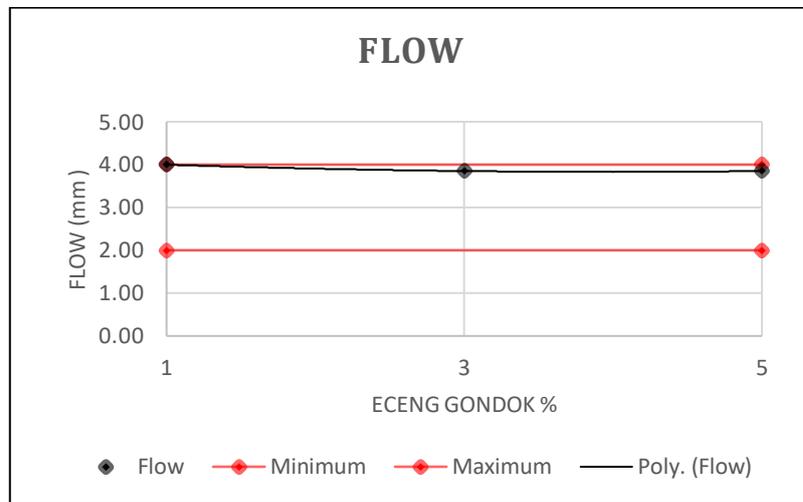
Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% VFB mencapai 79,63%, 3% mencapai 76,51% dan 5% mencapai 75,47%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka VFB semakin meningkat.

f. *Flow*

Hasil nilai *flow* ada aspal normal serta penambah serat eceng gondok 1%,3% dan 5% dilihat pada Gambar 4.12. – 4.13.



Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran normal.



Gambar 4.13: Grafik hubungan antara *Flow* (mm) dengan serat eceng gondok.

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan serat eceng gondok di 1% flow mencapai 4,00 mm, 3% mencapai 3,85 mm dan 5% mencapai 3,85 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % serat eceng gondok yang ditambahkan pada campuran aspal maka flow semakin menurun.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### a. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan terhadap pengujian campuran LASTON AC-BC dengan penambahan Serat Eceng Gondok diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian karakteristik sifat marshall pada campuran LASTON AC-BC yang menggunakan Serat Eceng Gondok sebagai bahan tambah dengan variasi 1%, 3% dan 5% didapat bahwa hasil pengujian tersebut standart spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Hasil *Marshall test* yang didapatkan, dengan nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada campuran aspal dengan:
  - Penambahan Serat Eceng Gondok 1% dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1.503,30 kg, *Bulk Density* 2,373 gr/cc, flow 4,00 mm, VIM 2,91% ,VMA sebesar 14,29 %, dan VFB 79,63%.
  - Penambahan Serat Eceng Gondok 3% dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1269,27 kg, *Bulk Density* 2,365 gr/cc, flow 3,85 mm, VIM 3,43% ,VMA sebesar 14,57%, dan VFB 76,51%.
  - Penambahan Serat Eceng Gondok 5% dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1180,65 kg, *Bulk Density* 2,346 gr/cc, flow 3,85 mm, VIM 3,73% dan VMA sebesar 15,25%, dan VFB 75,47%.

#### b. SARAN

1. Dalam melakukan penelitian ini untuk merencanakan suatu campuran aspal hendaklah dilakukan dengan sangat teliti pada saat pemeriksaan gradasi dan berat jenis. Dan juga pada saat pencampuran (*mix design*) haruslah teliti.
2. Diharapkan agar lebih memahami prosedur pembuatan campuran aspal yang telah ditetapkan oleh spesifikasi umum bina marga 2018 agar

memperkecil kesalahan dalam pembuatan benda uji dan pengujian Marshall.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hartantyo, S. D., & Hepiyanto, R. (2018). *Bahan Tambah Serat Eceng Gondok Pada Laston Tipe Xi Terhadap Indeks Marshall Test Menggunakan Kerikil Mantup*. UKaRsT, 2(2), 8. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v2i2.269>.
- Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Seksi 6.3. Campuran Beraspal Panas*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (DPPW) (2002), *Manual pekerjaan campuran beraspal panas*.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), *Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen*.
- Prasetyo, H., & Arif, S. (2018). *Studi Pencampuran Serat Eceng Gondok Sistem Hot Rolled Sheet Bc Spesifikasi Seksi-6 : 2010 Bina Marga*. Jurnal CIVILA, 3(2), 146. <https://doi.org/10.30736/cvl.v3i2.256>.
- Putera, R. D. H. (2012). *Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok ( Eichornia Crassipes ) Dengan Variasi Pelarut Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok ( Eichornia Crassipes ) Dengan Variasi Pelarut*. Skripsi.
- Bagir, A., & Pradana, G. E. (2008). *Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Komposit*. Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro, 1–7.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges)*. (September).
- Penelitian, S., Gultom, M. H., Dewi, H. I., & Lubis, M. I. A. (n.d.). 3, 1,2. 1–8.
- Putera, R. D. H. (2012). *Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok ( Eichornia Crassipes ) Dengan Variasi Pelarut Ekstraksi Serat Selulosa Dari Tanaman Eceng Gondok ( Eichornia Crassipes ) Dengan Variasi Pelarut*. Skripsi.
- Rifdah dan Tahdid. (2013). *Eceng Gondok Dan Jumlah Perekat Kanji*. 3(2), 543–553.

RSNI.M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall.*

Sukirman, S. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Granit, Jakarta

Sukirman, S. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Politeknik Bandung.

RSNI.M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall.*

RSNI.03-1737-1989, *Spesifikasi Umum 2005 Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum.*

SNI 1969:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*

SNI 1970:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*

SNI 2417:2008, *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*

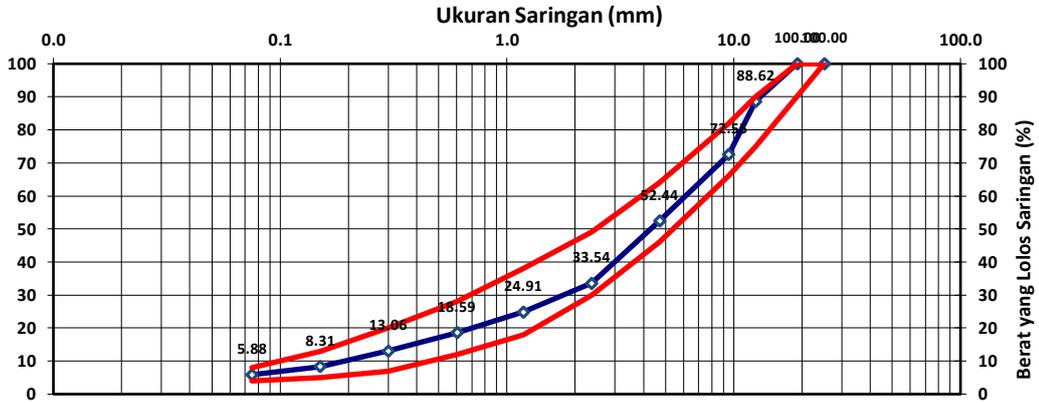
SNI 03-6757-2002, *Metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal didapatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh.*

Undang-Undang Republik Indonesia

# LAMPIRAN

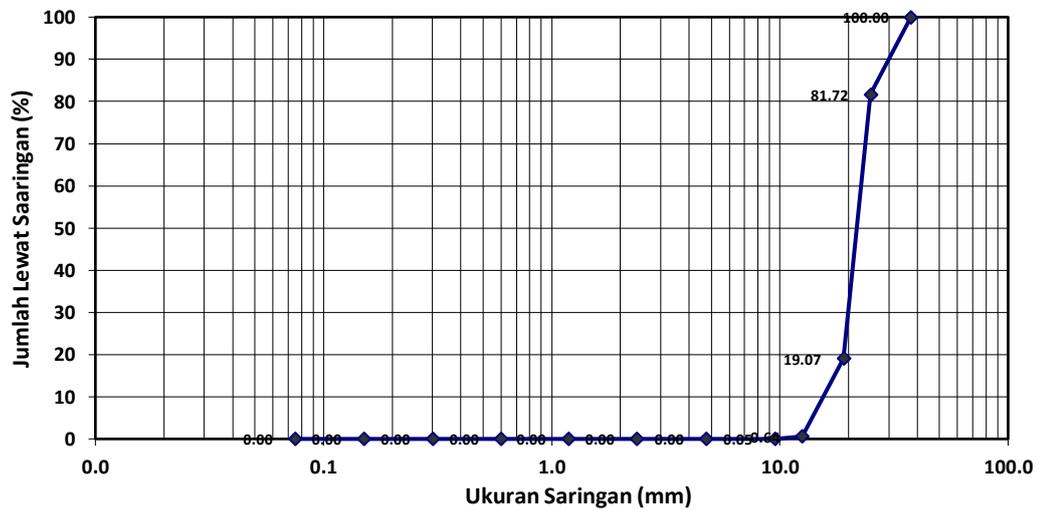
## KOMBINASI ANALISA SARINGAN NORMAL

Ukuran Saringan												
ASTM	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
mm	37,50	25,00	19,00	12,50	9,50	4,70	2,360	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075
Persen Agregat Lolos Saringan												
Batu Pecah ¾"	100,00	100,00	100,00	60,76	14,33	0,59	0,13	-	-	-	-	-
Medium Agregat	100,00	100,00	100,00	100,00	90,70	34,19	4,53	1,87	0,89	0,49	0,23	0,10
Abu Batu	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	65,44	42,31	30,63	23,25	17,13	12,38
Pasir	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,63	91,88	81,50	60,31	34,50	11,81	3,63
Semen	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Komposisi Agregat Gabungan												
Batu Pecah ¾"	<b>29,00 %</b>	29,00	29,00	29,00	17,62	4,16	0,17	0,04	-	-	-	-
Medium Agregat	<b>28,00 %</b>	28,00	28,00	28,00	28,00	25,39	9,57	1,27	0,52	0,25	0,14	0,06
Abu Batu	<b>28,10 %</b>	28,10	28,10	28,10	28,10	28,10	18,39	11,89	8,61	6,53	4,81	3,48
Pasir	<b>13,00 %</b>	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	12,69	11,94	10,60	7,84	4,49	1,54
Semen	<b>1,90 %</b>	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
<b>Total Agregat</b>	<b>100,00 %</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>88,62</b>	<b>72,55</b>	<b>52,44</b>	<b>33,54</b>	<b>24,91</b>	<b>18,59</b>	<b>13,06</b>	<b>8,31</b>
Spesifikasi Gradasi Agregat Gabungan Campuran Beraspal Laston Lapis Antara (AC - BC)												
<b>Maksimum</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>90</b>	<b>82</b>	<b>64</b>	<b>49</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>8</b>
<b>Minimum</b>		<b>100</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>66</b>	<b>46</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>

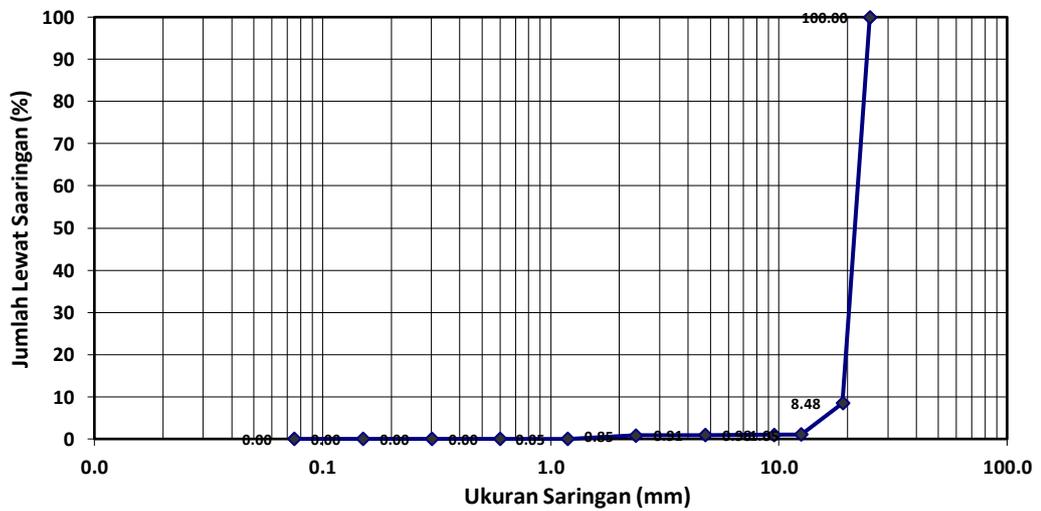


## ANALISA SARINGAN

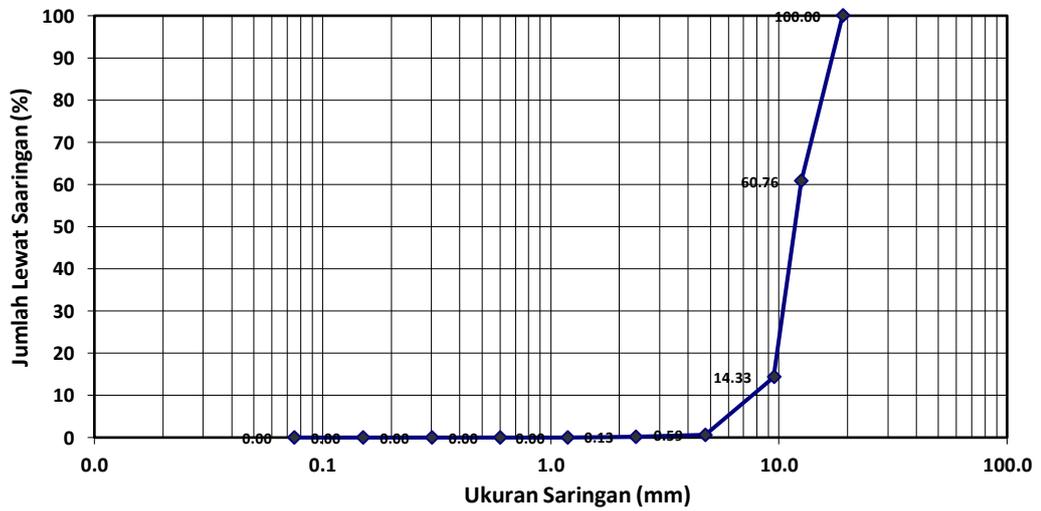
Batu Pecah 1½"			Massa Contoh Kering Oven		=	9.907
No. Saringan		Massa	Jumlah	Persen Jumlah		Spesifikasi
		Tertahan	Massa Tertahan	Tertahan	Lewat	
ASTM	mm	gram	gram	%	%	
1½"	37,50	-	-	-	100,00	
1"	25,00	1.811,00	1.811,00	18,28	81,72	
¾"	19,00	6.207,00	8.018,00	80,93	19,07	
½"	12,50	1.826,00	9.844,00	99,36	0,64	
⅜"	9,50	58,00	9.902,00	99,95	0,05	
No. 4	4,750	5,00	9.907,00	100,00	-	
No. 8	2,360	-	-	-	-	
No. 16	1,180	-	-	-	-	
No. 30	0,600	-	-	-	-	
No. 50	0,300	-	-	-	-	
No. 100	0,150	-	-	-	-	
No. 200	0,075	-	-	-	-	
P a n						



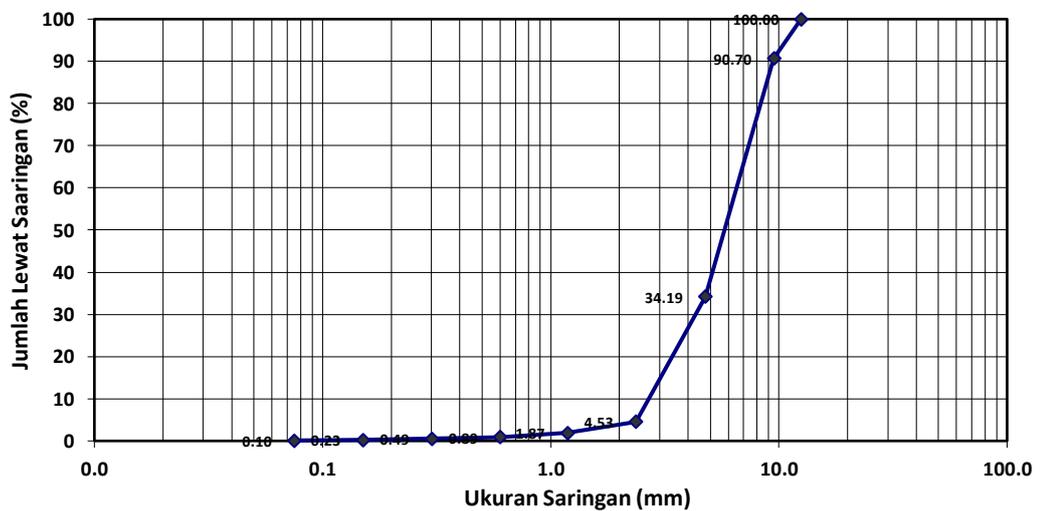
Batu Pecah 1"				Massa Contoh Kering Oven		=	10.385
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi	
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %		
1½"	37,50						
1"	25,00	-	-	-	100,00		
¾"	19,00	9.504,00	9.504,00	91,52	8,48		
½"	12,50	772,00	10.276,00	98,95	1,05		
⅜"	9,50	7,00	10.283,00	99,02	0,98		
No. 4	4,750	8,00	10.291,00	99,09	0,91		
No. 8	2,360	6,00	10.297,00	99,15	0,85		
No. 16	1,180	83,00	10.380,00	99,95	0,05		
No. 30	0,600	5,00	10.385,00	100,00	-		
No. 50	0,300	-	-	-	-		
No. 100	0,150	-	-	-	-		
No. 200	0,075	-	-	-	-		
P a n							



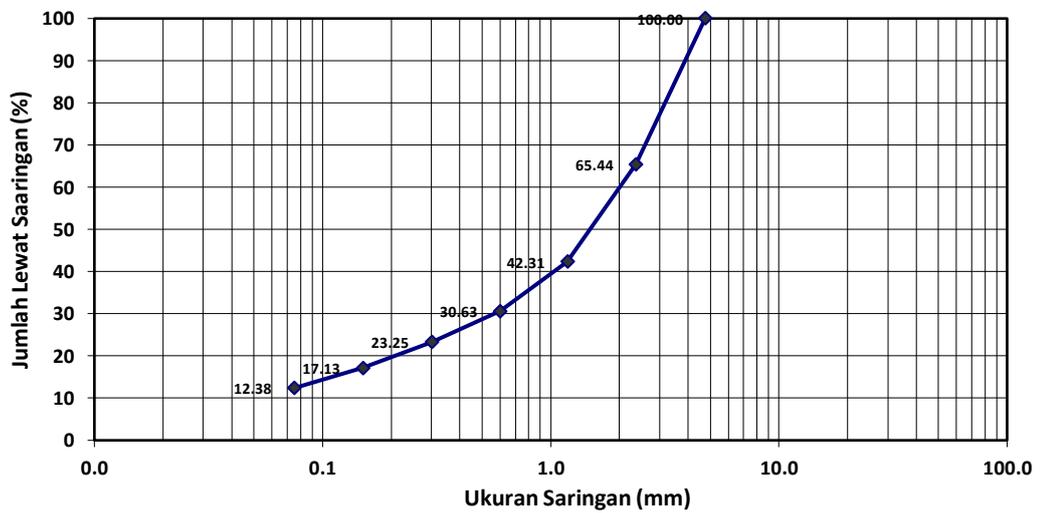
Batu Pecah 3/4"			Massa Contoh Kering Oven		=	9.986
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1 1/2"	37,50					
1"	25,00					
3/4"	19,00	-	-	-	100,00	
1/2"	12,50	3.919,00	3.919,00	39,24	60,76	
3/8"	9,50	4.636,00	8.555,00	85,67	14,33	
No. 4	4,750	1.372,00	9.927,00	99,41	0,59	
No. 8	2,360	46,00	9.973,00	99,87	0,13	
No. 16	1,180	13,00	9.986,00	100,00	-	
No. 30	0,600	-	-	-	-	
No. 50	0,300	-	-	-	-	
No. 100	0,150	-	-	-	-	
No. 200	0,075	-	-	-	-	
P a n						



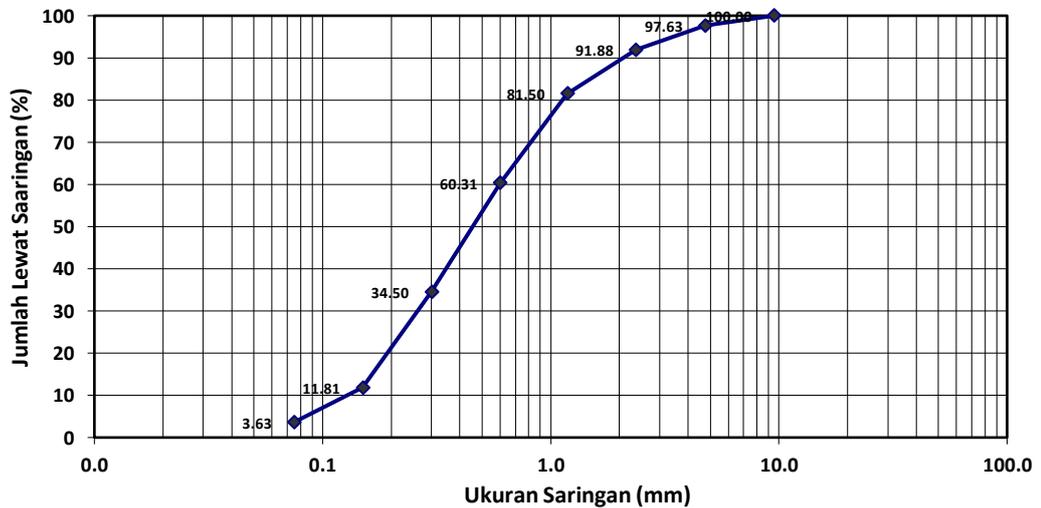
Medium Agregat		Massa Contoh Kering Oven		=		4.858	
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi	
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %		
1½"	37,50						
1"	25,00						
¾"	19,00						
½"	12,50	-	-	-	100,00		
3/8"	9,50	452,00	452,00	9,30	90,70		
No. 4	4,750	2.745,00	3.197,00	65,81	34,19		
No. 8	2,360	1.441,00	4.638,00	95,47	4,53		
No. 16	1,180	129,00	4.767,00	98,13	1,87		
No. 30	0,600	48,00	4.815,00	99,11	0,89		
No. 50	0,300	19,00	4.834,00	99,51	0,49		
No. 100	0,150	13,00	4.847,00	99,77	0,23		
No. 200	0,075	6,00	4.853,00	99,90	0,10		
P a n							



Abu Batu		Massa Contoh Kering Oven		=	800	
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1½"	37,50					
1"	25,00					
¾"	19,00					
½"	12,50					
⅜"	9,50					
No. 4	4,750	-	-	-	100,00	
No. 8	2,360	276,50	276,50	34,56	65,44	
No. 16	1,180	185,00	461,50	57,69	42,31	
No. 30	0,600	93,50	555,00	69,38	30,63	
No. 50	0,300	59,00	614,00	76,75	23,25	
No. 100	0,150	49,00	663,00	82,88	17,13	
No. 200	0,075	38,00	701,00	87,63	12,38	
P a n						



		Pasir		Massa Contoh Kering Oven		=	800
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi	
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %		
1½"	37,50						
1"	25,00						
¾"	19,00						
½"	12,50						
3/8"	9,50	-	-	-	100,00		
No. 4	4,750	19,00	19,00	2,38	97,63		
No. 8	2,360	46,00	65,00	8,13	91,88		
No. 16	1,180	83,00	148,00	18,50	81,50		
No. 30	0,600	169,50	317,50	39,69	60,31		
No. 50	0,300	206,50	524,00	65,50	34,50		
No. 100	0,150	181,50	705,50	88,19	11,81		
No. 200	0,075	65,50	771,00	96,38	3,63		
P a n							



**TABEL BERAT JENIS AGREGAT**

Agregat Kasar tertahan saringan No. 4		Batu Pecah 1½"			
Nomor pengujian		I	II	Rata-rata	Satuan
Massa contoh uji kering oven	BK				gram
Massa contoh uji JKP (SSD)	SSD				gram
Massa contoh dalam air	BA				gram
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> )	$\frac{BK}{SSD - BA}$				gram/cc
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	$\frac{SSD}{SSD - BA}$				gram/cc
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{BK}{BK - BA}$				gram/cc
Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> )	$\frac{SSD - BK}{BK} \times 100\%$				%
Agregat Kasar tertahan saringan No. 4		Batu Pecah 3/4"			
Nomor pengujian		I	II	Rata-rata	Satuan
Massa contoh uji kering oven	BK	3.274,50	3.282,00		gram
Massa contoh uji JKP (SSD)	SSD	3.299,00	3.308,00		gram
Massa contoh dalam air	BA	2.060,00	2.065,00		gram
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> )	$\frac{BK}{SSD - BA}$	<b>2,643</b>	<b>2,640</b>	<b>2,642</b>	gram/cc
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	$\frac{SSD}{SSD - BA}$	<b>2,663</b>	<b>2,661</b>	<b>2,662</b>	gram/cc
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{BK}{BK - BA}$	<b>2,696</b>	<b>2,697</b>	<b>2,696</b>	gram/cc
Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> )	$\frac{SSD - BK}{BK} \times 100\%$	<b>0,748</b>	<b>0,792</b>	<b>0,770</b>	%
Agregat Kasar tertahan saringan No. 4		Medium Agregat			
Nomor pengujian		I	II	Rata-rata	Satuan
Massa contoh uji kering oven	BK	<b>2.419,00</b>	<b>2.310,00</b>		gram
Massa contoh uji JKP (SSD)	SSD	<b>2.439,00</b>	<b>2.329,00</b>		gram
Massa contoh dalam air	BA	<b>1.529,00</b>	<b>1.460,00</b>		gram
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> )	$\frac{BK}{SSD - BA}$	<b>2,658</b>	<b>2,658</b>	<b>2,658</b>	gram/cc

*Lanjutan : Tebel Berat Jenis Agregat*

Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	$\frac{SSD}{SSD - BA}$	<b>2,680</b>	<b>2,680</b>	<b>2,680</b>	<b>gram/cc</b>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{BK}{BK - BA}$	<b>2,718</b>	<b>2,718</b>	<b>2,718</b>	<b>gram/cc</b>
Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> )	$\frac{SSD - BK}{BK} \times 100\%$	<b>0,827</b>	<b>0,823</b>	<b>0,825</b>	<b>%</b>

<b>Agregat Halus, lolos saringan No. 4</b>		<b>Abu Batu</b>			
<b>No Contoh</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat Contoh Uji JKP (SSD)		500,00	500,00		<b>gram</b>
Berat Contoh Kering Oven	<i>BK</i>	496,00	496,00		<b>gram</b>
Berat Piknometer + Air (25 <sup>0</sup> C)	<i>B</i>	676,40	685,20		<b>gram</b>
Berat Piknometer + Contoh + Air (25 <sup>0</sup> C)	<i>Bt</i>	984,30	993,00		<b>gram</b>
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> )	$\frac{BK}{B + 500 - Bt}$	<b>2,582</b>	<b>2,581</b>	<b>2,581</b>	<b>gram/cc</b>
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	<b>2,603</b>	<b>2,601</b>	<b>2,602</b>	<b>gram/cc</b>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{BK}{B + BK - Bt}$	<b>2,637</b>	<b>2,635</b>	<b>2,636</b>	<b>gram/cc</b>
Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> )	$\frac{500 - BK}{BK} \times 100\%$	<b>0,806</b>	<b>0,806</b>	<b>0,806</b>	<b>%</b>
<b>Agregat Halus, lolos saringan No. 4</b>		<b>Pasir</b>			
<b>No Contoh</b>		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>Rata-rata</b>	<b>Satuan</b>
Berat Contoh Uji JKP (SSD)		500,00	500,00		<b>gram</b>
Berat Contoh Kering Oven	<i>BK</i>	488,00	488,00		<b>gram</b>
Berat Piknometer + Air (25 <sup>0</sup> C)	<i>B</i>	655,50	656,50		<b>gram</b>
Berat Piknometer + Contoh + Air (25 <sup>0</sup> C)	<i>Bt</i>	964,40	965,45		<b>gram</b>
Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> )	$\frac{BK}{B + 500 - Bt}$	<b>2,554</b>	<b>2,554</b>	<b>2,554</b>	<b>gram/cc</b>
Berat Jenis Semu ( <i>Apparent</i> )	$\frac{500}{B + 500 - Bt}$	<b>2,616</b>	<b>2,617</b>	<b>2,617</b>	<b>gram/cc</b>
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	$\frac{BK}{B + BK - Bt}$	<b>2,725</b>	<b>2,725</b>	<b>2,725</b>	<b>gram/cc</b>
Penyerapan ( <i>Absorbtion</i> )	$\frac{500 - BK}{BK} \times 100\%$	<b>2,459</b>	<b>2,459</b>	<b>2,459</b>	<b>%</b>



## MARSHALL TEST CAMPURAN NORMAL

No	Kadar Aspal		Massa Benda Uji			Isi Benda Uji cc	Kepadatan gr/cc	Massa Jenis Campuran Maksimum (teoritis)	Rongga Dalam Agregat (VMA) %	Rongga Terhadap Campuran (VIM) %	Rongga Terisi Aspal (VFB) %	Stabilitas			Pelelehan mm	Hasil Bagi Marshall kg/mm	Kadar Aspal Efektif %
	thd Massa Agregat %	thd Massa Campuran %	Kering gr	SSD gr	Dalam Air gr							Bacaan Pada Alat	Kalibrasi Proving Ring	Setelah Dikoreksi kg			
a	b	c	d	e	f	$g = e - f$	$h = d/g$	$i = 100 / ((100 - c)/v + c/w)$	$j = 100 - (h \times (100 - c)/u)$	$k = 100 - ((100 \times h)/i)$	$l = 100 \times ((j-k)/i)$	m	n	$o = m \times n$	p	q = o/p	$r = c - ((x/100) \times (100 - c))$
1.a	-	5,0	1174,9	1181,4	668,8	512,60	2,292	2,435	16,77	5,86	65,04	1.150,70	1.150,70	1.150,70	3,20	359,59	4,88
b	-	5,0	1192,5	1196,4	676,5	519,90	2,294	2,435	16,71	5,79	65,33	1.176,50	1.176,50	1.176,50	3,40	346,03	4,88
							<b>2,293</b>	<b>2,435</b>	<b>16,74</b>	<b>5,83</b>	<b>65,19</b>			<b>1.163,60</b>	<b>3,30</b>	<b>352,81</b>	<b>4,88</b>
2.a	-	5,5	1167,6	1173,2	670,0	503,20	2,320	2,417	16,19	4,01	75,23	1.211,80	1.211,80	1.260,27	3,50	360,08	5,38
b	-	5,5	1169,3	1174,5	670,5	504,00	2,320	2,417	16,20	4,02	75,17	1.250,10	1.250,10	1.300,10	3,80	342,13	5,38
							<b>2,320</b>	<b>2,417</b>	<b>16,19</b>	<b>4,02</b>	<b>75,20</b>			<b>1.280,19</b>	<b>3,65</b>	<b>351,11</b>	<b>5,38</b>

Lanjutan : Tabel Marshall Test Campuran Normal

3.a	-	6,0	1147,3	1150,3	659,3	491,00	2,337	2,400	16,04	2,64	83,55	1.228,50	1.228,50	1.339,07	3,80	352,39	5,88
b	-	6,0	1178,6	1184,0	679,8	504,20	2,338	2,400	16,01	2,60	83,75	1.280,30	1.280,30	1.331,51	3,90	341,41	5,88
							<b>2,337</b>	<b>2,400</b>	<b>16,03</b>	<b>2,62</b>	<b>83,65</b>			<b>1.335,29</b>	<b>3,85</b>	<b>346,90</b>	<b>5,88</b>
4.a	-	6,5	1161,6	1166,1	669,8	496,30	2,341	2,383	16,35	1,78	89,10	1.181,10	1.181,10	1.228,34	3,60	341,21	6,38
b	-	6,5	1174,8	1176,7	675,2	501,50	2,343	2,383	16,28	1,70	89,58	1.175,50	1.088,50	1.132,04	3,70	305,96	6,38
							<b>2,342</b>	<b>2,383</b>	<b>16,32</b>	<b>1,74</b>	<b>89,34</b>			<b>1.180,19</b>	<b>3,65</b>	<b>323,58</b>	<b>6,38</b>
5.a	-	7,0	1202,0	1203,2	688,0	515,20	2,333	2,366	17,06	1,40	91,80	1.161,60	1.021,60	1.021,60	3,30	309,58	6,88
b	-	7,0	1184,3	1185,2	678,0	507,20	2,335	2,366	17,00	1,32	92,24	1.144,50	1.034,50	1.075,88	3,20	336,21	6,88
							<b>2,334</b>	<b>2,366</b>	<b>17,03</b>	<b>1,36</b>	<b>92,02</b>			<b>1.048,74</b>	<b>3,25</b>	<b>322,89</b>	<b>6,88</b>

Ka : 6,0      BJ. Bulk Agregat : 2,616      BJ. Aspal : 1,0245      GMM : 2,400      BJ. Efektif Agregat : 2,625      Absorpsi Aspal : 0,13

Keterangan

GMM ditentukan dengan cara AASHTO T 209 pada kadar aspal optimum perkiraan (Pb)

$P_b = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\%FA) + 0,18 \times (\%FF) + K$ ; K = 0,5 - 1 untuk Laston dan 2 - 3 untuk Lataston.

$$\text{BJ. Efektif Agregat} = \frac{(100 - K_a)}{(100/G_{mm}) - (K_a/BJ.\text{aspal})} \quad \text{Absorpsi Aspal} = 100 \times \frac{(BJ.\text{Efektif Agregat} - BJ.\text{Bulk Agregat})}{(BJ.\text{Efektif Agregat} \times BJ.\text{Bulk Agregat})} \times BJ.\text{Aspal}$$

## DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN

---



Agregat  $\frac{3}{4}$



Medium Agregat



Pasir (Sand)



Abu Batu (Cr)



Pengujian Kuartring (Pembagi Agregat)



Pengujian Gradasi



Proses Penimbangan Agregat Untuk Pembuatan Benda Uji



Benda Uji Saat Di Timbang



Proses Pemanasan Agregat



Proses Pencetakan Benda Uji



Benda Uji Setelah Di Cetak



Proses Penumbukan Benda Uji

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Shania Novilsha  
Panggilan : Nia  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 22 November 1998  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat Sekarang : Jl. M.Basir Link.30 Gg.Ikhlas, No.01  
HP/Tlpn Seluler : 0812-6523-3131

---

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210025  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil  
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

---

### PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
<b>Kelulusan</b>		
Sekolah Dasar	SD Negeri 060948	2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP Yayasan Perguruan Islam	2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK Negeri 5 Medan	2016

---

### ORGANISASI

Informasi	Tahun
Osis SMK Negeri 5 Medan	2013-2016
Paskibra SMK Negeri 5 Medan	2013-2015
Rohis SMK Negeri 5 Medan	2013-2016

---