

TUGAS AKHIR
**KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT CONCRETE –
WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN BAHAN PENGISI FILLER
KAPUR DOLOMIT**
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

MARWAN SYAHPUTRA
1307210195



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
Jl. Kapten Mukhtar Dnsri No.3 Medan 20238 Telp.(061) 6623301
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rektor@umsu.ac.id

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Marwan Syahputra

NPM : 1307210195

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing
Course (AC-WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Kapur Dolomit
(*Studi Penelitian*)

Bidang Ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 18 Maret 2019

Pembimbing I

Muhammad Husin Gultom ST, MT

Pembimbing II

Rhini Wulan Dary, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Marwan Syahputra

NPM : 1307210195

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Kapur Dolomit
(Studi 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, Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II/Penguji



Rhini Wulan Dary, ST, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



Ir. Zurkiyah, MT

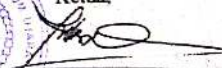
Dosen Pembanding II/Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc



Program Studi Teknik Sipil
Ketua,


Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, MSc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Marwan Syahputra
Tempat/Tanggal Lahir : Rimo / 07 Januari 1994
NPM : 1307210195
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Kapur Dolomit”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan 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/kesajanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Maret 2019

Saya yang menyatakan,

Marwan Syahputra



ABSTRAK

KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN BAHAN PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT (*Studi Penelitian*)

Marwan Syahputra

1307210195

Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Rhini Wulan Dary, ST, MT

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang menghubungkan kawasan antar kawasan, fungsinya agar dapat meningkatkan kegiatan ekonomi di suatu tempat karena jalan beraspal yang baik dapat memudahkan urusan perjalanan orang lain untuk pergi atau mengirim barang lebih cepat ke suatu tujuan dari dalam kota maupun luar daerah. Dengan adanya jalan beraspal yang bagus, komoditi dapat mengalir ke pasar setempat dan hasil ekonomi dari suatu tempat dapat kepada pasar diluar wilayah. Selain itu jalan juga mengembangkan ekonomi lalu lintas di sepanjang lintasannya. Tulisan ini mencoba meneliti berupa kapur dolomit yang berasal dari pegunungan yang sering digunakan sebagai pupuk tanaman berupa abu terbang dapat dimanfaatkan sebagai *filler* dalam campuran aspal karena jumlahnya yang sangat banyak. *Filler* adalah salah satu bahan yang digunakan dalam campuran lapisan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (lapisan aus). Dalam penelitian ini pembuatan benda uji (*bricket*) dicampur secara panas (*hot mix*) pada suhu 150⁰C dan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Pada penelitian ini digunakan variasi kapur dolomit sebagai *filler* 3% dan 5%. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan didapat bahwa hasil pengujian tersebut memenuhi standart spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Dan yang memiliki nilai tertinggi dalam keadaan optimum terdapat pada campuran yang menggunakan *filler* 5%. Dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 939 kg, *Bulk Density* 2,195 (gr/cc), flow 2,987 mm, VIM sebesar 3,064 VMA sebesar 17,872%, VFB 87,560%.

Kata kunci: *filler*, Kapur Dolomit, lapisan AC-WC, spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3.

ABSTRACT

THE CHARACTERISTICS OF MIXED ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC) CHARACTERISTICS WITH FOLDER DOLOMIT FILLER MATERIALS (Research Study)

Marwan Syahputra

1307210195

Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Rhini Wulan Dary, ST, MT

Road is a land transportation infrastructure that connects regions between regions, its function is to be able to increase economic activities in a place because good paved roads can facilitate other people's travel affairs to go or send goods faster to a destination within the city or outside the area. With the presence of good paved roads, commodities can flow to the local market and economic results from one place to the market outside the region. In addition, the road also develops a traffic economy along its path. This paper tries to examine the form of dolomite limestone derived from mountain plants which is often used as plant fertilizer in the form of fly ash can be used as a filler in the asphalt mixture because the amount is very large. Filler is one of the ingredients used in a mixture of the Asphalt Concrete-Wearing Course (wear layer). In this study the production of bricket was mixed hot at a temperature of 1500C and referred to the Bina Marga Specification 2010 revision 3. In this study dolomite lime variation was used as a filler of 3% and 5%. From the Marshall Test data, it was found that the test results met the standard specifications of Bina Marga 2010 revision 3. And those with the highest values in optimum conditions were found in the mixture using 5% filler. Where the stability value of 939 kg, Bulk Density 2,195 (gr / cc), flow 2,987 mm, VIM 3,064 VMA 17,872%, VFB 87,560%.

Keywords: filler, Dolomite Lime, AC-WC coating, Bina Marga specifications 2010 revision 3.

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat 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 “Karakteristik Marshall Campuran *Asphal Concrete - Wearing Course (AC-WC)* Dengan Bahan Pengisi Kapur Dolomit” sebagai syarat untuk meraih gelar 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 mengucapkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Rhini Wulan Dary ST, MT, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Zurkiyah, MT selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal zulkarnain selaku Dosen Pembanding II dan Penguji serta ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Hj. Irma Dewi, ST, MSi, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury, ST, MSc, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

8. Yang paling saya sayangi orang tua saya: Bangun Capah, dan Purti Berutu, terimakasih untuk semua doa dan kasih sayang yang tulus yang tak ternilai harganya, serta telah bersusah payah membesarkan dan membiayai pendidikan saya dari Sekolah Dasar sampai ke Perguruan Tinggi sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Sukron Sitourus, Denny Azhari, Abdul Razak Purba, Rengga Yoni, Kharismanda Siregar, Wulan Rahayu Harahap, Dinda Karnelia Ujung, Alprida Ginting, Riki Irfandi, Lidya Mega Riski Susanto, Ari Purnomo Aji, Dede Hardiansyah, Fansuri Nst, Ahkamil Hakim, Abrar Nash, Abdi Rivaldi Hasan, Tamsil Hasan Nasution, Muhammad Arif Kudadiri, Muktarrudin, Arnaldo Faria Harahap, Reza Suhwandi Harahap ST, Aslan ST, Adnin Arafah ST, Yongki Simbolon ST. Seluruh kelas A2 Siang dan seluruh angkatan 2013 Fakultas Teknik yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
11. Rekan Rekan Juang Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

Medan, Maret 2019

Marwan Syahputra

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Aspal	6
2.2.1. Fungsi Aspal	7
2.2.2. Jenis Aspal	7
2.2.3. Klasifikasi Aspal	11
2.2.4. Campuran Beraspal	13
2.2.5. Jenis Campuran Beraspal	13
2.2. Kapur Dolomit	14
2.2.1. Sifat Kapur Dolomit	14
2.3. Agregat	15
2.3.1. Jenis Jenis Agregat	15
2.3.2. Ukuran Butiran	16

2.3.3.	Sifat Agregat	16
2.3.4.	Gradasi	17
2.3.5.	Gradasi Agregat Gabungan	19
2.3.6.	Bentuk Butir Agregat	20
2.3.7.	Pengujian Agregat	21
2.3.7.1.	Pengujian Analisis Ukuran Butir (Gradasi)	22
2.3.7.2.	Berat Jenis (<i>Sfecific Gravity</i>) dan Penyerapan (<i>Absorpsi</i>)	23
2.3.7.3.	Pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Bagan Alir Metode Penelitian	30
3.2.	Metode Penelitian	31
3.3.	Material Untuk Penelitian	31
3.4.	Pengumpulan Data	31
3.5.	Prosedur Penelitian	31
3.6.	Pemeriksaan Bahan Campuran	32
3.6.1.	Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar Dan Halus	32
3.6.2.	Pemeriksaan Terhadap Aspal	32
3.6.3.	Alat Yang Digunakan	33
3.7.	Prosedur Kerja	34
3.7.1.	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	34
3.7.2.	Tahapan Pembuatan Benda Uji	35
3.7.3.	Metode Pengujian Sampel	36
3.7.4.	Penentuan Berat Jenis <i>Bulk Gravity</i>	37
3.7.5.	Pengujian Stabilitas Dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Hasil Penelitian	39
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat	39
4.1.2.	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	48
4.1.3.	Hasil Pengujian Aspal	51
4.1.4.	Perhitungan Parameter Pengujian Benda Uji	52
4.1.5.	Perbandingan Sifat <i>Marshall</i>	63
4.2.	Pembahasan dan Analisa	67

4.2.1. Perhitungan Kadar Aspal Optimum	67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	70
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	72
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi aspal keras berdasarkan <i>visikositas</i> (depertemen pemukiman)	12
Tabel 2.2	Klasifikasi aspal keras berdasarkan hasil RTFOT (depertemen pemukiman dan prasarana wilayah 2002)	12
Tabel 2.3	Klasifikasi aspal berdasarkan penetrasi (depertemen pemukiman dan prasarana wilayah 2002)	13
Tabel 2.4	Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal (Depertemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2002)	20
Tabel 2.5	Ukuran saringan menurut ASTM (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	22
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ Inch	39
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ma) $\frac{1}{2}$ Inch	40
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Pasir (Sand)	41
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu (Cr)	42
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Kapur Dolomit (<i>Filler</i>)	42
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Kombinasi Gradasi Agregat Normal	43
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Kombinasi Gradasi Agregat Dengan Campuran Kapur Dolomit 3% Pada <i>Filler</i>	44
Tabel 4.8	Hasil Pemeriksaan Kombinasi Gradasi Agregat Dengan Campuran Kapur Dolomit 5% Pada <i>Filler</i>	45
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Setiap Pembuatan Benda Uji Normal	47
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Setiap Pembuatan Benda Uji Penggunaan <i>Filler</i> 3%.	47
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Setiap Pembuatan Benda Uji Penggunaan <i>Filler</i> 5%.	47
Tabel 4.12	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar CA $\frac{3}{4}$ Inch	48
Tabel 4.13	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar MA $\frac{1}{2}$ inch	49

Tabel 4.14	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu (<i>cr</i>)	50
Tabel 4.15	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>).	50
Tabel 4.16	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Kapur Dolomit (<i>Filller</i>)	51
Tabel 4.17	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70	52
Tabel 4.18	Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran Normal	54
Tabel 4.19	Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran penggunaan <i>filler</i> 3%.	55
Tabel 4.20	Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran penggunaan <i>filler</i> 5%	55
Tabel 4.21	Kadar Aspal Optimum Untuk Campuran Aspal Pertamina Normal Serta Penggunaan Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Gradasi Agregat (Sukirman, 1999)	19
Gambar 2.2	Contoh Tipikal Macam – Macam Gradasi Agregat (Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, 2002)	19
Gambar 2.3	Tipikal Bentuk Butir Kubikal, Lonjong, Dan Pipih (Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah, 2002)	21
Gambar 2.4	Berat Jenis Agregat (Departemen Pemukiman Dan Prasarana Wilayah 2002)	23
Gambar 2.5	Hubungan Volume Dan Rongga Density Benda Uji Campuran Aspal Panas Padat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)	26
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 4.1	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Normal	43
Gambar 4.2	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Campuran kapur Dolomit 3% Pada <i>Filler</i> .	44
Gambar 4.3	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Campuran kapur Dolomit 5% Pada <i>Filler</i>	45
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density (Gr/Cc)</i> Campuran Normal	56
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density (Gr/Cc)</i> Campuran <i>Filler</i> 3%.	56
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density (Gr/Cc)</i> Campuran <i>Filler</i> 5%.	57
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> Campuran Normal	57
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability (Kg)</i> Campuran <i>Filler</i> 3%.	58
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability (Kg)</i> Campuran <i>Filler</i> 5%.	58
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids (VIM) (%)</i> Campuran Normal	59
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids (VIM) (%)</i> Campuran <i>Filler</i> 3%.	60
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids (VIM) (%)</i> Campuran <i>Filler</i> 5%.	60

Gambar 4.13	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (Mm) Campuran Normal.	61
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (Mm) Campuran <i>Filler</i> 3%.	62
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (Mm) Campuran <i>Filler</i> 5%.	62
Gambar 4.16	Perbandingan Nilai <i>Bulk Density</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	63
Gambar 4.17	Perbandingan Nilai <i>Stability</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Campuran Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	64
Gambar 4.18	Perbandingan Nilai <i>Flow</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Campuran Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	65
Gambar 4.19	Perbandingan Nilai VIM Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Campuran Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	65
Gambar 4.20	Perbandingan Nilai VFB Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Campuran Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	66
Gambar 4.21	Perbandingan Nilai VMA Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Campuran Kapur Dolomit Pada <i>Filler</i> 3% Dan 5%.	67
Gambar 4.22	Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Normal.	68
Gambar 4.23	Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal <i>Filler</i> 3%.	68
Gambar 4.24	Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal <i>Filler</i> 5%.	69

DAFTAR NOTASI

A	= Berat uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (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)
Bt	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)
C	= Berat piknometer berisi aspal (gr)
D	= Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut (mm)
d	= Ukuran saringan yang ditinjau (mm)
Gmb	= Berat jenis curah campuran padat
Gmm	= Berat jenis maksimum campuran
Gsa	= Berat jenis semu
Gsb	= Berat jenis curah
H	= Tebal perkerasan (mm)
p	= Persen lolos saringan (%)
P	= Pembacaan arloji stabilitas (kg)
Pi	= Penetrasi pada kondisi asli
Pir	= Indeks penetrasi aspal
Pr	= Penetrasi pada kondisi dihamparkan
q	= Angka koreksi benda uji
S	= Stabilitas
SPr	= Titik lembek aspal
T	= Temperatur perkerasan yang ditinjau (°C)
Tw	= Lama pembebanan (detik)
V	= Kecepatan kendaraan (km/jam)
VFA/VFB	= Rongga terisi aspal (%)
VIM	= Rongga udara dalam campuran (%)
VMA	= Rongga dalam agregat mineral (%)
Vpp	= Volume pori meresap aspal
Vpp -Vap	= Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal

V_s = Volume bagian padat agregat
 W_s = Berat agregat kering (gr)
 γ_w = Berat isi air.

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AC-WC	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AC-Base	= <i>Asphalt Concrete-Base</i>
AMP	= <i>Asphalt Mixing Plant</i>
VMA	= <i>Void in mineral aggregate</i>
VIM	= <i>Void in mix</i>
VFWA	= <i>Void filled with asphalt</i>
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
VFB	= <i>Void filled Bitumen</i>
TFOT	= <i>Thin Film Oven Test</i>
RTFOT	= <i>Rolling Thin Film Oven Test</i>
Sbit	= <i>Stiffness Bitumen</i>
Smix	= <i>Stiffness Mix</i>
PI	= <i>Penetration Index</i>
PRD	= <i>Persentage Refusal Density</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang menghubungkan kawasan antar kawasan, fungsinya agar dapat meningkatkan kegiatan ekonomi di suatu tempat karena jalan beraspal yang baik dapat memudahkan urusan perjalanan orang lain untuk pergi atau mengirim barang lebih cepat ke suatu tujuan dari dalam kota maupun luar daerah. Dengan adanya jalan beraspal yang bagus, komoditi dapat mengalir ke pasar setempat dan hasil ekonomi dari suatu tempat dapat kepada pasar diluar wilayah. Selain itu jalan juga mengembangkan ekonomi lalu lintas di sepanjang lintasannya. (Silvia Sukirman, 2003).

Kerusakan jalan telah menjadi permasalahan umum yang biasa dihadapi, hampir disetiap daerah memiliki jalan yang rusak. Beberapa hal yang menjadi penyebab kerusakan jalan di beberapa daerah adalah sebagai berikut. Kualitas jalan yang kurang baik yang menyebabkan permukaan aspal yang tidak merata, dan drainase yang tidak mengalir baik pembuangannya, akibatnya terjadi genangan air pada saat musim hujan di karenakan endapan oleh air yang tergenang diatas permukaan aspal yang tidak merata tersebut dan kurangnya daya serap aspal terhadap air. (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling diminati pada struktur perkerasan jalan raya. Daya dukung yang besar sehingga mampu menerima beban lalu lintas kendaraan ditambah biaya konstruksi yang lebih ekonomis merupakan kelebihan dari perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya. (Sukirman, 1999).

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembedaan jalan raya, material ini di pilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan fleksibel. Untuk menekan jumlah kebutuhan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal atau dengan peningkatan mutu aspal dalam campuran seperti peningkatan *stabilitas*, *durabilitas* dan ketahanan terhadap air dengan menambahkan bahan tambahan

campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal, contohnya kapur dolomit.

Dalam hal ini penulis mendasarkan penelitian pada kondisi jalan di Indonesia yang mengalami deformasi bentuk akibat gaya tekan yang besar dan pengaruh cuaca di Indonesia yang beriklim tropis dengan jumlah curah hujan yang tinggi. Sehingga penulis membuat terobosan baru tentang penelitian yang mengkombinasikan aspal penetrasi 60/70 dengan kapur dolomit untuk melihat pengaruh yang terjadi pada kekuatan tekan dan ketahanan rendaman air.

Sedangkan alasan pemilihan aspal keras penetrasi 60/70 sebagai bahan campuran uji dikarenakan aspal penetrasi 60/70 adalah bagian dari aspal keras yang memiliki *densitas* (berat jenis) sebesar $1,0 \text{ gr/cm}^3$, aspal penetrasi 60/70 memiliki titik lembek $48^{\circ}\text{-}58^{\circ}\text{C}$, titik leleh 160°C dan titik nyala 200°C . pada aplikasinya aspal penetrasi 60/70 ini digunakan untuk pembuatan jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah dengan cuaca iklim yang panas. Aspal ini memiliki karakteristik, terutama bila dilihat pada titik leleh dan berat jenis. Selain itu aspal jenis ini merupakan jenis aspal yang paling umum untuk pembuatan jalan di Indonesia, karena sesuai dengan kondisi iklim tropis di Indonesia. (SNI 06-2456-1991)

Pengujian campuran aspal dilakukan adalah untuk mengatasi kekurangan dari aspal *konvensional*, salah satunya dengan menggunakan aspal yang dicampur dengan bahan berjenis kapur dolomit. Pada proses aspal yang di campur dengan bahan kapur dolomit, setelah itu dilakukan pencampuran dengan beberapa macam jenis agregat, yakni bahan agregat kasar dan bahan agregat halus dan *filler* dimana dipisah dalam beberapa bentuk yaitu: kerikil besar, kerikil medium, abu batu, pasir dan semen.

Kapur dolomit adalah mineral yang dihasilkan dari alam dan didalamnya mengandung unsur hara berupa Magnesium (Mg) dan Calsium (Ca). Dolomit juga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan karena memiliki ukuran yang lembut atau hancur dapat digunakan bahan dasar pembuatan jalan, agregat beton dan aspal. Kapur dolomit ini biasanya digunakan oleh para petani sebagai pupuk yang berfungsi untuk meningkatkan kandungan hara dan menetralkan asam pada

tanah, kapur dolomit memiliki fungsi yang sangat penting mampu menetralkan pH tanah.

Penggunaan sebagai bahan campuran di dasarkan kepada zat yang dikandungnya dari hasil penelitian diperoleh bahwa kandungan calcium oksida, magnesium oksida yang apabila ditambahkan pada (C_4H_{10}) akan membentuk reaksi senyawa yang dapat meningkatkan karakteristik campuran beraspal, karena dapat meningkatkan daya tahan terhadap keretakan, dan juga daya serap air yang cukup baik selain itu lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Sehingga dengan adanya unsur kapur dolomit ini akan memungkinkan didapatkannya campuran beraspal yang lebih kuat dan baik.

Dari hal tersebut maka penulis berharap dapat mengkombinasikan aspal dengan kapur dolomit, dalam hal ini aspal penetrasi 60/70 dengan kapur dolomit akan memberikan dampak yang lebih baik dan diharapkan agar dapat diperoleh aspal modifikasi yang memiliki kekutan tekan dan ketahanan rendaman air yang lebih baik dari aspal biasa yang di pakai di jalan – jalan Indonesia yang beriklim tropis. (SNI 06-2456-1991)

1.2.Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah disampaikan, maka permasalahan yang ingin diteliti melalui penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah dengan kapur dolomit sebagai bahan pengisi pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)* dapat meningkatkan kualitas karakteristik *Marshall* ?
2. Bagaimanakah pengaruh kapur dolomit sebagai bahan tambah terhadap karakteristik *marshall* pada *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)* ?

1.3. Ruang Lingkup

Didalam penelitian ini penulis harus memberikan batasan – batasan masalah penelitian, supaya bisa menghindari hal – hal yang tidak perlu dibahas dalam tugas akhir ini. Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan untuk memberikan arah yang lebih baik serta memudahkan dalam penyelesaian masalah

dengan tujuan sesuai yang ingin dicapai, maka pembahasan ini hanya dititik beratkan pada: tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan pengujian *Marshall*.

1. Gradasi agregat berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.
2. Sifat campuran aspal dan pengujian *Marshall* berdasarkan spesifikasi umum 2010 Revisi 3.
3. Penelitian ini hanya menggunakan *filler* 3% dan 5%.

1.4. Tujuan Penelitian

Pada tugas akhir penelitian ini dilakukan bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui apakah kapur dolomit sebagai bahan pengisi ini memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2010 Revisi 3.
2. Untuk mengetahui pengaruh campuran kapur dolomit pada aspal penetrasi 60/70 terhadap kekuatan tekan standar rujukan RSNI M-01-2003.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari beberapa aspek yaitu:

1. Aspek keilmuan atau akademis

Penelitian ini erat hubungannya dengan mata kuliah material teknik dan metalurgi serbuk. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang kapur dolomit yang kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.

2. Aspek praktek

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan pada jalan – jalan yang ada di Indonesia yang memiliki jumlah lalu lintas yang padat dan juga curah hujan yang tinggi, untuk memanfaatkan potensi alam kapur dolomit yang berasal dari pupuk tanaman.

1.6.Sistematika Penulisan

Didalam penulisan tugas akhir ini di kelompokkan ke dalam 5 bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

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 AC-WC* dengan penambahan *filler* kapur dolomit.

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.

BAB 4 ANALISA DATA

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

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. Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai cokelat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994)

Bitumen adalah suatu campuran senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu proses pemanasan, atau berasal dari kedua proses tersebut kadang – kadang disertai dengan derivatnya yang bersifat non logam yang dapat berbentuk gas, cairan setengah padat atau padat dan campuran tersebut dapat larut dalam karbondisulfida (C_{s2}). Aspal yang di pakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat fisik yang penting antara lain: kepekatan (*consistency*), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan oleh karena cuaca, derajat pengerasan dan ketahanan terhadap air. (*The Asphalt institute, 1993*)

Aspal yang dihasilkan dari industri kilang minyak mentah (*crude oil*) dikenal sebagai *residual bitumen*, yang dihasilkan dari minyak mentah melalui proses *destilasi*. Proses penyulingan dilakukan dengan pemanasan hingga suhu $350^{\circ}C$ dibawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi – fraksi minyak seperti *gasoline* (bensin), *kerosene* (minyak tanah) dan *gas oil*. Secara kualitatif aspal terdiri dari senyawa *asphaltenes* dan *maltenes*, sedangkan secara kuantitatif *asphaltenes* merupakan campuran kompleks dari hidrokarbon, terdiri dari cincin *aromatic* kental dan senyawa *heteroaromatic* mengandung belerang. Ada juga *amina* dan *amida*, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), *nikel* dan *vanadium*. Aspal merupakan senyawa kompleks bahan utamanya disusun oleh *hidrokarbon* dan atom – atom N, S dan O dalam jumlah yang kecil. Dimana unsur – unsur yang terkandung dalam bitumen antara (0 – 11%), *sulfur* (0 – 6%) dan *nitrogen* (0 – 1%). (ASTM, 1994)

Aspal adalah bahan yang *thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau visikotasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal maka visikotasnya akan semakin rendah, aspal mempunyai sifat *thixotropy* yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Terdapat bermacam macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/90. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia. (ASTM, 1994)

2.1.1 Fungsi Aspal

Fungsi aspal adalah sebagai berikut:

1. Aspal berfungsi untuk megikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing, protect*) terhadap air.
2. Aspal digunakan sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
3. Aspal sebagai lapis resap pengikat (*primecoat*) adalah lapis tipis aspal cair yang diletakkan diatas pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Aspal sebagai lapis pengikat (*tackcoat*) yaitu aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat keduanya.
5. Aspal digunakan sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

2.1.2 Jenis Aspal

Aspal digunakan sebagai bahan untuk pembuatan jalan, aspal terbagi atas beberapa jenis – jenis yaitu sebagai berikut:

1. Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi dialam, berdasarkan defositnya aspal alam ini dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu:
 - a. Aspal danau

Angka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lembek sangat tinggi karena aspal ini dicampur dengan aspal keras yang mempunyai angka penetrasi yang tinggi dengan perbandingan tertentu sehingga dihasilkan aspal dengan penetrasi yang diinginkan. Aspal ini secara alamiah terdapat didanau Trinidad, venezuela dan lewel. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral dan bahan organik lainnya.

b. Aspal batu

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 persentasi antara 0 – 40%. Untuk pemakaiannya, deposit ini harus ditimbang terlebih dahulu, lalu aspalnya diektaksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan 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 *mastic*. Aspal batu *Kentucky* dan buton adalah aspal yang secara alamiah terdeposit didaerah *Kentucky*, USA dan dipulau buton.

2. Aspal hasil destilasi

Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yaitu 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. Berikut merupakan jenis – jenis dari aspal destilasi:

a. Aspal keras

Pada proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480°C . temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang disuling atau tingkat aspal keras yang akan dihasilkan. 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. 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, dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu. Aspal keras yang dihasilkan dengan sifat – sifat yang diinginkan melalui proses penyulingan yang ditangani sedemikian rupa biasanya digunakan untuk bahan pembuatan AC (*asphalt Concrete*).

Jenis – jenisnya adalah sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi rendah 40/50 digunakan untuk kasus:
Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
2. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus:
Jalan dengan volume lalu lintas sedang /tinggi dan daerah cuaca iklim panas.
3. Aspal penetrasi tinggi 80/90, digunakan untuk kasus:
Jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
4. Aspal penetrasi tinggi 100/110, digunakan untuk kasus:
Jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

b. Aspal cair

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 minyak ringan terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Kecepatan menguap dari minyak mengeluarkan yang digunakan sebagai pelarut atau minyak yang sengaja ditinggalkan dalam residu pada proses destilasi akan menentukan jenis aspal

cair yang dihasilkan. Aspal cair dibedakan dalam beberapa jenis yaitu sebagai berikut:

1. Aspal cair cepat mantap (*RC = Rapid Curing*) yaitu, aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap, pelarut yang digunakan pada jenis aspal ini biasanya adalah bensin.
2. Aspal cair mantap sedang (*MC = Medium Curing*) yaitu, aspal yang bahan pelarutnya tidak begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada jenis aspal ini biasanya adalah minyak tanah.
3. Aspal Cair Lambat Mantap (*SC = Slow Curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini adalah solar.

c. Aspal Emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras, pada proses ini partikel – partikel aspal keras dipisahkan dan dibersihkan dalam air yang mengandung *emulsifier (emulgator)*. Partikel aspal yang terdispersi ini berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran sangat kecil bahkan sebagian 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:

1. Aspal emulsi *Anionik*, yaitu aspal emulsi yang berion negatif.
2. Aspal emulsi *kationik*, yaitu aspal emulsi yang berion positif.
3. Aspal emulsi *non – Ionik*, yaitu aspal emulsi yang tidak berion (netral)
4. Aspal Modifikasi aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. *Polymer* adalah jenis bahan tambah yang sering digunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal *polymer*. Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan *polymer* yang biasa digunakan untuk tujuan ini, yaitu:
 - a. Aspal *polymer plastomer* seperti halnya dengan aspal *polymer elastomer*, yaitu penambahan bahan *polymer plastomer* pada aspal keras juga dimasukkan untuk meningkatkan sifat *rheologi* baik pada aspal keras dan

sifat fisik campuran beraspal. Jenis *polymare plastomer* yang telah banyak digunakan antara lain adalah *EVA (Ethylene Vinyle Acetate)*, *polypropylene* dan *polyethylene*. Persentase penambahan *polymer* ini kedalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat – sifat *rheologi* aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

- b. Aspal *polymer elastomer* dan karet adalah jenis – jenis *polymer elastomer* yang *SBS (Styrene Butadine Sterene)*, *SBR (Styrene Butadine Rubber)*, *SIS (Styrene Isoprene Styrene)*, dan karet adalah jenis *polymer elastomer* yang biasanya digunakan sebagai bahan pencampur aspal keras. Penambahan *polymer* jenis ini dimasukkan untuk memperbaiki sifat *rheologi* aspal, antara lain penetrasi, kekentalan, titik lembek dan elastisitas aspal keras. Campuran beraspal yang dibuat dengan aspal *polymer elastomer* akan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dari campuran beraspal yang dibuat dengan aspal keras. Persentase penambahan bahan tambah (*adiktif*) pada pembuatan aspal *polymer* harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu memang dapat memperbaiki sifat – sifat *rheologi* aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

2.1.3. Klasifikasi Aspal

Aspal keras dapat diklasifikasikan kedalam tingkatan (*grade*) atau kelas berdasarkan tiga sistem yang berbeda yaitu *visikositas*, *visikositas* setelah penuaan dan penetrasi. Masing – masing sistem mengelompokkan aspal dalam tingkatan atau kelas yang berbeda pula. Dari ketiga sistem pengklasifikasian aspal yang ada yang paling banyak digunakan adalah sistem pengklasifikasian berdasarkan *visikositas* dan penetrasi dapat dilihat pada Tabel 2.1 – 2.3.

Tabel 2.1: Klasifikasi aspal keras berdasarkan viskositas (dapertemen pemukiman).

Pengujian	Satuan	STANDAR VISKOSITAS					
		AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viskositas 60°C	poise	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viskositas min. 135 °C	cst	125	175	250	300	350	400
Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik.	0,1 mm	220	140	80	60	50	40
Titik nyala	°C	162	177	219	232	232	232
Kelarutan dalam Trichlorethylene	%	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Tes residu dari TFOT							
- Penurunan berat	%	-	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
-Viskositas max, 60°C	poise	1000	2000	4000	8000	12000	16000
-Daktalitas 25°C, 5 cm/menit	cm	100	100	75	50	40	25

Tabel 2.2: Klasifikasi aspal keras berdasarkan hasil RTFOT (depertemen pemukiman dan prasarana wilayah 2002).

Tes Residu (AASHTO T 240)	Satuan	VISKOSITAS				
		AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Viskositas 60°C	Poise	1000±250	2000±500	4000±1000	8000±2000	16000±4000
Viskositas min. 135 °C	Cst	140	200	275	400	550
Penetrasi 25°C, 100 gram, 5 detik.	0,1 mm	65	40	25	20	50
Tes Residu (AASHTO T 240)	Satuan	VISKOSITAS				
		AR-10	AR-20	AR-40	AR-80	AR-160
Penetrasi sisa 25°C, 100 gram, 5 detik. Terhadap penetrasi awal	%	-	40	45	50	52
Sifat Aspal keras segar						
Titik Nyala min	°C	205	219	227	232	238
Kelarutan dalam Tricholoroethylene min	%	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
<i>Sumber : The Asphalt Institute, 1983</i>						

Tabel 2.3: Klasifikasi aspal berdasarkan penetrasi (depertemen pemukiman dan prasarana wilayah 2002).

Sifat Fisik	Satuan	Tingkat Penetrasi Aspal		
		Pen. 40	Pen. 60	Pen. 80
Penetrasi, 25 ⁰ C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	40-59	60-79	80-99
Titik Lembek, 25 ⁰ C	⁰ C	51-63	50-58	46-54
Titik nyala	⁰ C	> 200	> 200	> 225
Daktilitas, 25 ⁰ C	cm	> 100	> 100	> 100
Kelarutan dalam Trichloroethylene	%	> 99	> 99	> 99
Penurunan berat	%	< 0,8	< 0,8	< 1,0
Berat Jenis		> 1,0	> 1,0	> 1,0
Penetrasi Residu, 25 ⁰ C, 100 gram, 5 detik	0,1 mm	> 58	> 54	> 50
Daktilitas ⁰ C cm	cm	-	> 50	> 75

2.1.4. Campuran Beraspal

Campuran beraspal merupakan campuran yang terdiri dari kombinasi agregat kasar, agregat halus dan filler yang dicampuri dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam, campuran beraspal terdiri dari dua keadaan panas (*hotmix*) dan dingin (*coldmix*).

2.1.1.4. Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran berspal dapat dibagi tiga berdasarkan jumlah lapisan dan jenis agregat yang digunakan sebagai konstruksi jalan, yaitu:

1. Laston (lapisan aspal beton / *AC / Asphalt Concrete*) laston adalah lapis permukaan atau lapis pondasi yang terdiri atas tiga lapis, yaitu:
 - a. Lapis pondasi (*AC – Base / Asphalt Concrete – Base*), adalah lapisan pertama yang berfungsi sebagai pondasi jalan.
 - b. Lapis permukaan antara (*AC – BC / Asphalt Concrete – Bearing Courese*), adalah lapisan ketiga yang berfungsi sebagai penahan keausan lapis aus (*AC – WC / Asphalt Concrete – Wearing Course*). Akibat berat kendaraan, gesekan ban dan pengaruh cuaca.

2. Lataston (lapis tipis aspal beton / *HRS / Hot Rolled Sheet*) lataston adalah lapis permukaan berupa mortar pasir aspal yang diberi sisipan butiran kasar dari agregat yang bergradasi senjang dengan dominasi pasir dan aspal keras, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.
 - a. Lapis pondasi (*HRS – Base / Hot Rolled Sheet*), adalah lapisan pertama yang berfungsi sebagai pondasi jalan.
 - b. Lapis aus (*HRS – WC / Hot Rolled Sheet – Wearing Course*), adalah lapisan kedua yang berfungsi sebagai penahan keausan akibat berat kendaraan, gesekan ban kendaraan pengaruh cuaca.
3. Latasir (lapis tipis aspal pasir / *Sand Sheet*) latasir adalah lapis penutup permukaan jalan yang terdiri atas agregat halus atau pasir atau campuran dan keduanya aspal keras yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

2.2. Kapur dolomit

Dolomit adalah mineral yang dihasilkan dari alam dan didalamnya mengandung unsur hara berupa *Magnesium (Mg)*, *Calcium (Ca)* dan kapur.

Dolomit juga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan karena memiliki ukuran yang lembut atau hancur, dapat digunakan bahan dasar pembuatan jalan, agregat beton dan aspal. Kapur dolomit ini biasa digunakan oleh para petani sebagai pupuk yang berfungsi untuk meningkatkan kandungan hara dan menetralkan asam pada tanah. Kapur dolomit memiliki fungsi yang sangat penting yaitu mampu menetralkan pH terhadap tanah.

2.2.3. Sifat Kapur Dolomit

Mineral dolomit mengkristal dalam sistem *trigonal rombohedral* ia membentuk kristal putih, cokelat, abu – abu, atau merah muda. Dolomit adalah karbonat ganda memiliki susunan struktural *magnesium* dan *calcium* yang berseling – seling. Dolomit tidak cepat larut *bereversen (mendesis)* dalam asam klorida encer seperti *kalsit*.

2.3. Agregat

Agregat adalah butiran – butiran batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau *fragmen – fragmen*.

2.3.1. Jenis – Jenis Agregat

Agregat dapat berupa material alam atau buatan, agregat menurut proses pengolahannya dapat dibagi atas tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat alam dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam dengan sedikit proses pengolahan, agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat dari alam dapat diklasifikasikan tiga kategori secara geologis, yaitu:
 - a. Batuan beku, batuan ini umumnya terbentuk kristal yang dibentuk akibat membekunya mineral magma pada rekahan bumi.
 - b. Batuan sedimen, batuan ini terbentuk dari deposit material yang tidak larut (seperti batuan yang ada pada dasar laut atau danau), material ini terbentuk karena pemanasan dan tekanan batuan sedimen biasanya berlapis – lapis dan diklasifikasikan berdasarkan mineral yang dominan seperti kapur, marmer, *siliceous*, *argillaceous*.
 - c. Batuan *matamorphic*, batuan ini berasal dari lelehan atau sedimen yang terkena panas dan tekanan cukup tinggi yang merubah struktur mineralnya sehingga berbeda dari bentuk asalnya.
2. Agregat melalui proses pengolahan di gunung – gunung atau di bukit – bukit dan sungai – sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk dan berukuran besar, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
3. Agregat buatan agregat yang merupakan mineral pengisi/*filler* diperoleh dari hasil sampingan pabrik – pabrik semen atau pemecah batu.

2.3.2. Ukuran Butiran

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai ke yang kecil, semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut. Ada dua istilah yang biasanya digunakan berkenaan dengan ukuran butiran, yaitu:

- Ukuran maksimum yang didefinisikan sebagai ukuran saringan terkecil yang meloloskan 100% agregat.
- Ukuran nominal maksimum, yang didefinisikan sebagai ukuran saringan terbesar yang masih menahan maksimum dari 10% agregat.

Istilah – istilah lainnya yang biasa digunakan sehubungan dengan ukuran agregat yaitu:

- Agregat kasar, agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm).
- Agregat halus, agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm).
- Mineral pengisi, fraksi dari agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) minimum 75% terhadap berat total agregat.
- Mineral abu, fraksi dari agregat halus yang 100% lolos saringan No. 200 (0,075 mm).

Mineral pengisi dari mineral abu dapat terjadi secara alamiah atau dapat juga dihasilkan dari proses pemecahan batuan atau dari proses buatan, mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat berdaya tahan dan kedap air. Walaupun begitu kelebihan atau kekurangan sedikit saja dari mineral ini akan menyebabkan campuran terlalu kering atau terlalu basah, perubahan sifat campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau debu yang digunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

2.2.3. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas, agregat dengan kualitas dan sifat baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan

dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh:
 - a. Gradasi
 - b. Ukuran maksimum
 - c. Kadar lempung
 - d. Kekerasan dan ketahanan
 - e. Bentuk butir
 - f. Tekstur permukaan
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - a. Porositas
 - b. Kemungkinan basah
 - c. Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:
 - a. Tahanan geser (*skid resistance*)Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

2.3.4. Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan menyatakan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing – masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat, gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur, gradasi agregat ditentukan oleh analisis saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan, ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan saringan kawat per inchi persegi saringan tersebut.

Gradasi agregat dinyatakan dari dalam persentase berat masing – masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing – masing saringan, Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform gradated*) gradasi terbuka (*open graded*)

Adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama, gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat *porus* atau memiliki *permeabilitas* yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampa halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Suatu campuran dikatakan bergradasi sangat rapat bila persentase lolos dari masing-masing saringan memenuhi Pers 2.1.

$$P = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n \quad (2.1)$$

Dengan pengertian

d = Ukuran saringan yang ditinjau

D = Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut

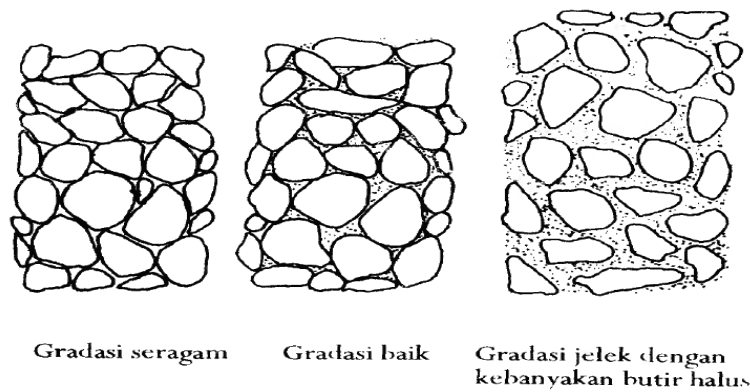
n = 0,35 – 0,45

campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

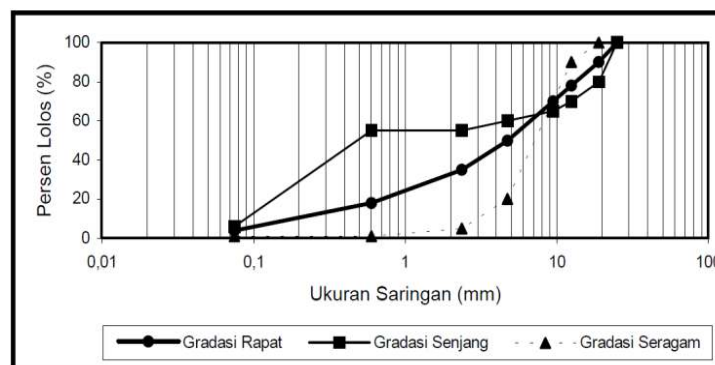
Adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang (*gap graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebutkan diatas.

- a. Gradasi seragam
- b. Gradasi baik
- c. Gradasi jelek dengan kebanyakan butir halus



Gambar 2.1: Jenis gradasi agregat (Sukirman, 1999).

Bentuk gradasi biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal atau prosentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertical. Contoh macam – macam gradasi agregat secara tipikal ditunjuk pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Contoh tipikal macam – macam gradasi agregat (Depertemen permukiman dan prasarana wilayah, 2002).

2.3.5. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, gradasi agregat adalah distribusi dan variasi ukuran butir agregat, gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga pada campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas dalam campuran.

Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan ukuran saringan menyatakan bukaan

jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. harus memenuhi batas – batas yang diberikan dalam Tabel 2.4. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas – batas yang diberikan dapat dilihat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal (Depertemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2002).

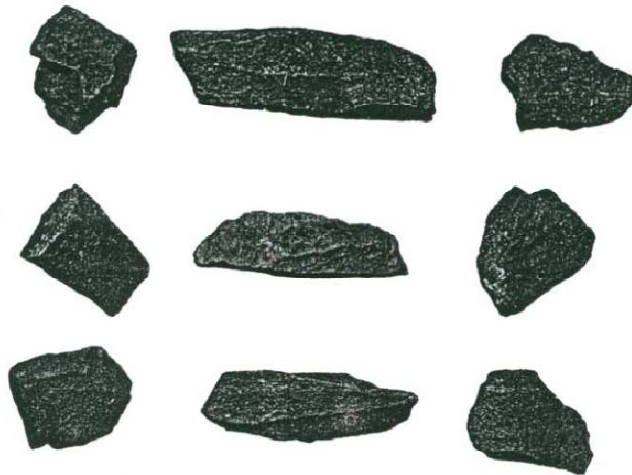
Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang lolos Terhadap total Agregat Dalam campuran								
	Latasir (SS)		Latasir (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang		WC	BC	Base
		WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base	
37.5									
25							100	90-100	
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-100
12.5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90	60-78
9.5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
4.75							53-69	46-64	35-54
2.36		75-100	50-75	35-55	50-62	32-44	33-53	30-49	23-41
1.18							21-40	18-38	13-30
0.6			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
0.3					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
0.15							6-15	5-13	4-10
0.075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7

2.3.6. Bentuk Butir Agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (*rounded*) sampai bersudut (*angular*), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.3. Bentuk butir agregat ini dapat mempengaruhi *workabilitas* campuran perkerasan selama penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antara agregat (*agregat interlocking*) yang baik dapat menahan perpindahan (*displacement*) agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik.

Dalam campuran beraspal penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang baik, Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel agregat ini sangatlah dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut. Yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3: Tipikal bentuk butir kubikal, lonjong, dan pipih (Departemen pemukiman dan prasarana wilayah, 2002).

2.3.7. Pengujian Agregat

Pengujian agregat diperlukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat sebelum digunakan sebagai bahan campuran beraspal panas, dalam spesifikasi dicantumkan persyaratan rentang karakteristik kualitas agregat yang dapat digunakan misalnya persyaratan nilai maksimum penyerapan agregat dimaksudkan untuk menghindari penggunaan agregat yang mempunyai nilai penyerapan yang tinggi karena akan mengakibatkan daya serap terhadap aspal besar.

Jenis agregat yang ada bervariasi, misalnya pasir vulkanis yang mempunyai tahanan geser tinggi dan akan membuat campuran beraspal sangat kuat pasir yang sangat mengikat, misalnya kuarsa umumnya sukar didapatkan pasir laut yang

halus mudah didapatkan tetapi menyebabkan campuran beraspal relatif rendah kekuatannya.

2.3.7.1. Pengujian Analisis Ukuran Butir (Gradasi)

Gradasi agregat adalah pembagian ukuran butiran yang dinyatakan dalam persen dari berat total. Tujuan utama pekerjaan analisis ukuran butir agregat adalah untuk pengontrolan gradasi agar diperoleh kontruksi campuran yang bermutu tinggi.

Gradasi ditentukan dengan melakukan penyaringan terhadap contoh bahan melalui sejumlah saringan yang tersusun sedemikian rupa dari ukuran besar hingga kecil, bahan yang tertinggal dalam tiap saringan kemudian ditimbang.

Ukuran saringan yang digunakan ditentukan dalam spesifikasi analisis saringan ada 2 macam yaitu analisis saringan kering dan analisis saringan dicuci (analisis saringan basah). Analisis saringan kering biasanya digunakan untuk pekerjaan rutin untuk agregat normal, namun bila agregat tersebut mengandung abu yang sangat halus atau mengandung lempung, maka diperlukan analisis saringan dicuci. Untuk agregat halus umumnya digunakan analisis saringan dicuci (basah).

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5. bentuk ukuran saringan berdasarkan urutannya dapat dilihat pada tabel tersebut.

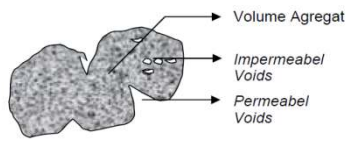
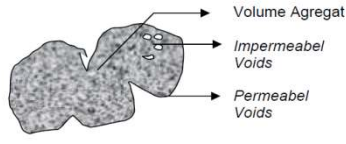
Tabel 2.5: Ukuran saringan menurut ASTM (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

No. Saringan	Lubang saringan	
	inch	mm
1 1/2 in.	1,50	38,1
1 in.	1,00	25,4
3/4 in.	0,75	19,0
1/2 in.	0,50	12,7
3/8 in.	0,375	9,51
No. 4	0,187	4,76
No. 8	0,0937	2,38
No. 16	0,0469	1,19
No. 30	0,0234	0,595
No. 50	0,0117	0,297
No. 100	0,0059	0,149
No.200	0,0029	0,074

2.3.7.2. Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan Penyerapan (*Absorpsi*)

1. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan berat air dengan volume yang sama pada temperatur $20^{\circ} - 25^{\circ}\text{C}$ ($68^{\circ} - 77^{\circ}\text{F}$). Dikenal beberapa macam berat jenis agregat yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

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

Gambar 2.4: Berat jenis agregat (Departemen pemukiman dan prasarana wilayah 2002).

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
- Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*)
- Berat jenis efektif (*effective specific gravity*)

Berat Jenis bulk, volume 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.

Berat Jenis dapat dinyatakan dengan Pers 2.2 - 2.4.

Berat Jenis Semu:

$$G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad (2.2)$$

Berat Jenis Curah:

$$Gsb = \frac{Ws}{(Vs+Vpp).\gamma_w} \quad (2.3)$$

Berat Jenis Efektif:

$$Gse = \frac{Ws}{(Vs+Vpp-Vap).\gamma_w} \quad (2.4)$$

Dengan pengertian:

W_s = Berat agregat kering

γ_w = Berat Isi air = 1g/cm³

V_s = Volume bagian padat agregat

V_{pp} = Volume pori meresap aspal

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

Pemilihan macam berat jenis untuk suatu agregat yang digunakan dalam rancangan campuran beraspal, dapat berpengaruh besar terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan bila digunakan berat jenis semu maka aspal dianggap dapat terhisap oleh semua pori yang dapat menyerap air. 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.

1. Berat jenis dan penyerapan agregat

Alat dan prosedur pengujian sesuai dengan SNI 03-1969-1990. Berat Jenis Penyerapan agregat kasar dihitung dengan Pers 2.5 - 2.8.

- Berat Jenis Curah (*bulk specific gravity*) =

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

- Berat Jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{Bj}{Bj-Ba} \quad (2.6)$$

- Berat Jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{Bk}{Bk-Ba} \quad (2.7)$$

- Penyerapan (*absorsi*) =

$$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dengan pengertian:

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air, dalam gram

2. Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Alat dan prosedur pengujian sesuai dengan SNI-13-1970-1990. Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus dihitung dengan Pers 2.9 – 2.12.

- Berat Jenis Curah (*bulk specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B + A - B_t} \quad (2.9)$$

- Berat Jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) =

$$\frac{A}{B + A - B_t} \quad (2.10)$$

- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) =

$$\frac{B_k}{B + B_k - B_t} \quad (2.11)$$

- Penyerapan (*absorpsi*) =

$$\frac{(A - B_k)}{B_k} \times 100\% \quad (2.12)$$

Dengan pengertian:

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

B_t = Berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram

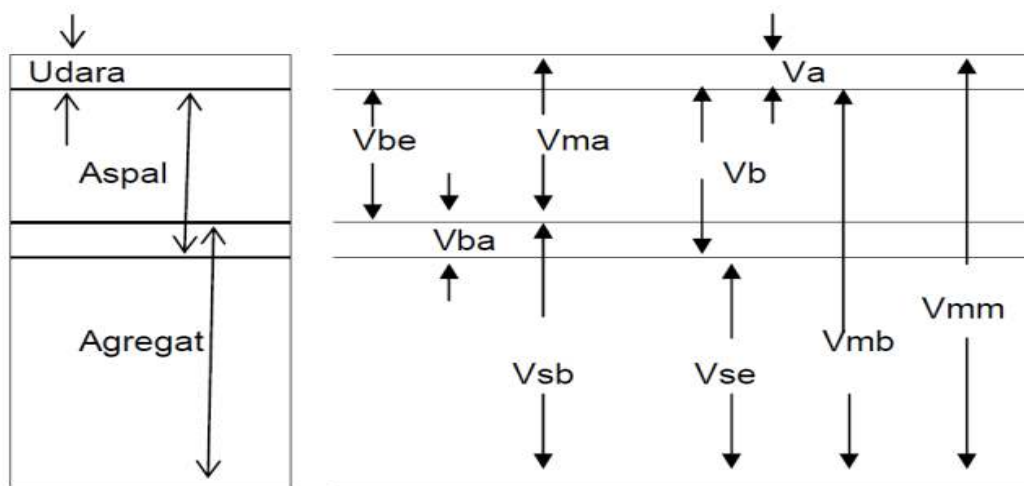
A = 500 = Berat uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram.

3. Penyerapan (*absorpsi*)

Agregat hendaknya sedikit berpori agar dapat menyerap aspal, sehingga terbentuklah suatu ikatan mekanis antara *film-aspal* dan butiran batu, agregat berpori banyak akan menyerap aspal besar pula sehingga tidak ekonomis. Agregat berpori terlalu besar umumnya tidak dapat digunakan sebagai campuran beraspal.

2.3.7.3. Pemeriksaan daya lekat agregat terhadap aspal

Stripping yaitu pemisahan aspal dari agregat akibat pengaruh air, dapat membuat agregat tidak cocok untuk bahan campuran beraspal karena bahan tersebut mempunyai sifat *hyrdophylik* (senang terhadap air). Jenis agregat yang menunjukkan sifat ketahanan yang tinggi terhadap pemisahaan aspal (*film-stripping*), biasanya merupakan bahan agregat yang cocok untuk campuran beraspal. Agregat semacam ini bersifat *hydrophobic* (tidak suka kepada air) prosedur pengujian untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal diuraikan pada SNI 06-2439-1991 yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Hubungan volume dan rongga density benda uji campuran aspal panas padat (Departemen Perhubungan dan Prasarana Wilayah, 2002).

Keterangan gambar:

V_{ma} = Volume rongga dalam agregat mineral

V_{mb} = Volume contoh padat

V_{mm} = Volume tidak ada rongga udara dari campuran

V_a = Volume rongga udara

V_b = Volume aspal

V_{ba} = Volume aspal terabsorpsi

V_{be} = Volume aspal efektif

V_{sb} = Volume agregat (dengan Berat Jenis Curah)

V_{se} = Volume agregat (dengan Berat Jenis Efektif)

W_b = Berat aspal

W_s = Berat agregat

γ_w = Berat jenis air 1.0 g/cm³ (62.4 lb/ft³)

G_{mb} = Berat jenis Curah contoh campuran padat

$$\% \text{ rongga} = \left(\frac{V_a}{V_{mb}} \right) \times 100 \quad (2.13)$$

$$\% \text{ VMA} = \left(\frac{V_{be} + V_a}{V_{mb}} \right) \times 100 \quad (2.14)$$

$$\text{Density} = \left(\frac{W_b + W_s}{V_{mb}} \right) \times \gamma_w = G_{mb} \times \gamma_w \quad (2.15)$$

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

1. *Marshall Density*

Lapisan perkerasan dengan kepadatan yang tinggi akan sulit ditembus oleh air dan udara. Ini menyebabkan lapisan perkerasan akan semakin awet dan tahan lama. Campuran perkerasan yang cukup padat akan memberikan volume pori yang kecil dan perkerasan yang cukup kaku sehingga perkerasan akan mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas.

2. Rongga udara (*Void in the mix*)

Rongga udara dalam campuran padat dihitung dari berat jenis maksimum campuran dan berat jenis sampel padat menggunakan Pers 2.16.

$$VIM = \frac{100 \times G}{h} - 100 \quad (2.16)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran

G = Berat jenis maksimum dari campuran

H = Berat jenis yang telah dipadatkan

3. Rongga udara antara agregat (VMA)

VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal (seluruh aspal kecuali yang diserap oleh agregat) dan volume rongga udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air atau beban lalu lintas.

Dengan semakin bertambahnya nilai VMA dari campuran maka semakin besar pula ruangan yang tersedia untuk lapisan aspal. Semakin tebal lapisan aspal pada agregat maka daya tahan perkerasan akan semakin meningkat.

Nilai VMA ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers 2.17.

$$VMA = 100 - \frac{Gxb}{bj \text{ agregat}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara antara agregat

G = Berat jenis maksimum dari campuran

B = Berat jenis campuran yang telah di padatkan

4. Rongga terisi aspal

VFB adalah merupakan persen (%) volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan suatu campuran yang awet dan mempunyai tingkat oksidasi yang rendah maka pori diantara agregat halus terisi aspal cukup untuk membentuk lapisan aspal yang tebal.

Nilai VFB ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers 2.18.

$$VFB = 1000 x \frac{I-k}{I} \quad (2.18)$$

VFB = Rongga terisi aspal

I = Rongga udara dalam campuran

K = Rongga udara antar agregat

5. Marshall stability

Marshall stability merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan keruntuhan dari sampel campuran perkerasan ketika di uji. *Stabilitas* merupakan salah satu cara faktor penentu aspal optimum campuran aspal beton.

Angka stabilitas di dapat dari hasil pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin penguji serta angka korelasi beban yang dapat dilihat dari tabel hasil uji.

6. Marshall flow

Flow menunjukkan deformasi total dalam satuan millimeter (mm) yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan sehingga mencapai beban maksimum pada saat pengujian *Stabilitas Marshall*. Menurut *Marshall institute* batas *flow* yang diizinkan untuk lalu lintas rendah adalah 2-5 mm, lalu lintas sedang adalah 2-4 mm, lalu lintas berat 2-4 mm.

Nilai yang rendah menunjukkan bahwa campuran lembek memiliki *stabilitas* yang rendah. Bina Marga dan aspal *institute* mensyaratkan *Marshall Quotient* pada batas 200 - 300 kg/mm .

7. Absorpsi (penyerapan)

Absorpsi merupakan penyerapan air oleh campuran. Besarnya nilai *absorpsi* dapat dihitung dengan Pers.2.19.

$$\text{Absorpsi} = \frac{\text{Berat campuran direndam} - \text{berat campuran}}{\text{berat campuran}} \quad (2.19)$$

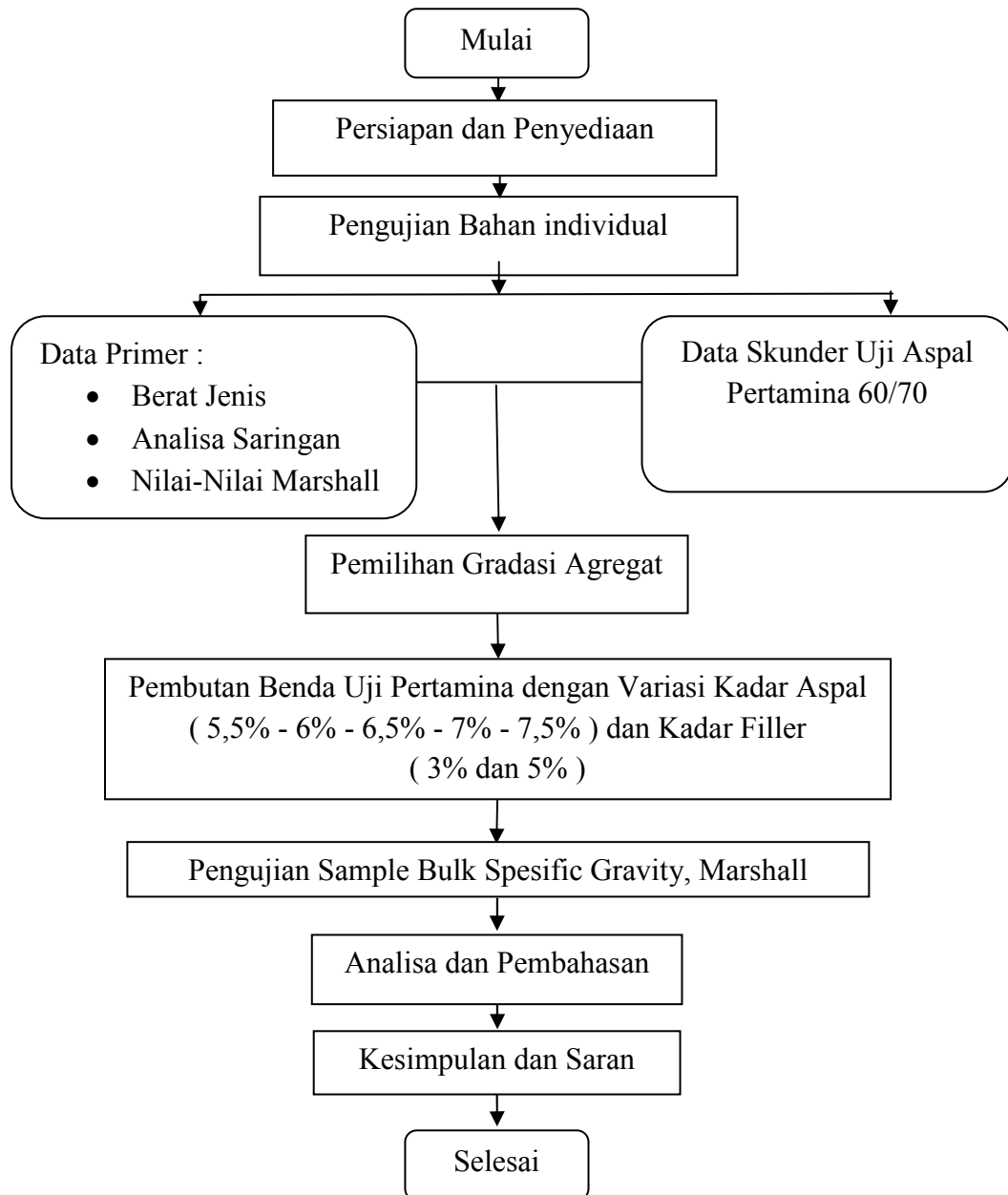
Absorpsi dalam campuran tidak boleh besar, hal ini untuk meminimalkan potensi *stripping* atau pelemahan ikatan antara aspal dan agregat.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2 Metode Penelitian

Tahap awal penelitian yang dilakukan dilaboratorium teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, adalah pengambilan data dan memeriksa mutu bahan aspal dan mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

3.3 Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan dan material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, dan aspal pertamina yang didapatkan dari *Asphalt Mixing Plant* PT. Bangun Cipta Kontraktor Medan. Dan *filler* yang di gunakan adalah kapur dolomit yang didapatkan dari toko pupuk dolomit Medan.

3.4 Pengumpulan Data

1. Data sekunder adalah data yang digunakan dari benda uji material yang telah dilakukan perusahaan dan diuji dibalai pengujian material. Dimana data skunder aspal pertamina penetrasi 60/70 saya dapatkan dari PT. BANGUN CIPTA KONTRAKTOR
2. Data primer adalah data yang didapatkan saat melakukan penelitian di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dimana data-data tersebut adalah.
 - a. Berat jenis agregat
 - b. Analisa saringan
 - c. Nilai-nilai marshall

3.5 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam pelaksanaan perencanaan yaitu dengan penelitian 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 lapis aspal beton *AC-WC*.

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.

3.6 Pemeriksaan Bahan Campuran

Untuk mendapatkan lapis aspal beton *AC-WC* yang berkualitas ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat dan karakteristiknya.

3.6.1 Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus

Agar kualitas agregat dapat dijamin untuk mendapatkan lapis aspal beton *AC-WC* yang berkualitas maka beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah:

1. Diperlukan analisa saringan untuk agregat kasar maupun agregat halus, dimana prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T47-82 atau SNI 03-1968-1990.
2. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T85-74 atau SNI 1969-2008.
3. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T84-74 atau SNI 1970-2008.
4. Pengujian pemeriksaan sifat-sifat campuran dengan *Marshall test* prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-06-2489-1991.
5. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat.
6. Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075) dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 03-4142-1996.

3.6.2 Pemeriksaan Terhadap Aspal

Aspal yang digunakan terdiri dari aspal minyak, aspal minyak diambil dari PT. Bangun Cipta Kontraktor, Patumbak, Deli Serdang. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina penetrasi 60/70 dan aspal Esso penetrasi 60/70.

Pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan penetrasi aspal mengikuti prosedur (SNI 2456-2011) untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Kekerasan aspal diukur dengan menggunakan jarum penetrasi standart yang masuk kedalam permukaan aspal umumnya dilakukan pada suhu 25°C, dengan berat beban jarum 100 gr dalam jangka waktu 5 detik. Semakin besar angka penetrasi aspal maka aspal tersebut semakin lunak, dan penetrasi dilakukan setelah kehilangan berat.
2. Pemeriksaan titik lembek (dengan suhu yang diamati dimulai 50°C-55°C) mengikuti SNI 2434-1991 berfungsi untuk mengetahui pada suhu berapa aspal akan digunakan meleleh. Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu aspal yang terletak didalam cincin yang berukuran tertentu sehingga menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin dengan tinggi tertentu.
3. Pemeriksaan berat jenis mengikuti SNI 2441-2011. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.
4. Pemeriksaan daktilitas mengikuti SNI 2432-2011. Untuk mengetahui sifat kohesi antar aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tertentu.
5. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan alat (*Cleveland oven cup*) yang mengikuti SNI 2433-2011 untuk mengikuti suhu. Dimana aspal mulai memercikkan api dan mulai terbakar. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihatnya nyala singkat sekurang kurangnya 2 detik pada suhu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihatnya.

3.6.3 Alat Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan antara lain:

1. Saringan atau ayakan ayakan 1^{1/2}, 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 dilaboratorium maupun pada saat pengambilan material.

3. Goni dan juga pan sebagai tempat atau wadah tempat material.
4. Timbangan kapasitas 20 kg dan timbangan kapasitas 3000 gram 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 kasar dan halus.
9. Cetakan mold berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76,2 (3 in), beserta *jack hammer marshall AC-BC*.
10. *Extruder* berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan banda uji *Marshall* dari mold.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. Penangas air (*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 *Marshall test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

3.7 Prosedur Kerja

3.7.1 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 menerus lapisan antara laston/AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Dan dilihat pada gradasi yang ideal.

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 sebagai berikut:

1. Agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ inch = 13 %
2. Agregat kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inchi = 35 %
3. Agregat halus (Cr) = 40 %
4. Agregat halus (Sand) = 12 %

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%.

3.7.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji

1. Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan.
2. Menentukan persentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
3. Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang sudah ditentukan dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan.
4. Pencampuran benda uji
 - Untuk setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ ($2,5 \pm 0,05 \text{ inc}$)
 - Panaskan agregat hingga suhu $150 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Tuangkan 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.
5. Pemadatan benda uji
 - Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara $90 \text{ }^\circ\text{C} - 150 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Letakan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
- Letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan.
- Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali sekeliling dan 10 kali bagian tengahnya.
- Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan.
- Padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk sisi atas dan 75 kali untuk sisi bawah.
- Setelah kira-kira temperatur hangat keluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan *Extruder* dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal serta biarkan selama 24 jam pada temperatur ruang.

3.7.3 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan prosedur *Marshall test* yang dikeluarkan oleh RSNI M-01-2003.

Pengujian sampel terbagai atas 2 bagian pengujian yaitu:

1. Penentuan *Bulk Specific Gravity* sampel.
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 sampel untuk menguji semi *circular testing head* dengan kecepatan konstan 51 mm (2 inch) permenit. 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 $\pm 200^{\circ}\text{C}$.

3.7.4 Penentuan Berat Jenis *Bulk 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 dilakukan sesuai dengan SNI 03-6557-2002 metode pengujian berat jenis nyata campuran berasal 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 didalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume *bulk specific gravity* benda uji (cm^3). sedangkan *bulk specific gravity* sampel merupakan perbandingan antara benda uji diudara dengan volume bulk benda uji (gr/cm^3).

Adapun proses tahapan penimbangan sebagai berikut:

- Timbang benda uji diudara
- Rendam benda uji didalam air
- Timbang benda uji SSD diudara
- Timbang benda uji didalam air

3.7.5 Pengujian Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*)

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

1. Rendamlah 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. Untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam pemanas air selama 24 jam dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
3. 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* di stel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
4. Sampel percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan ditengah bagian bawah dari *test head*. *Flow meter* diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
5. Pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
6. Pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukanya 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.
7. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
8. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
9. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pemebebanan 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.
10. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada pembuatan aspal beton maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) 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 kapur dolomit sebagai pengganti. Untuk memperoleh aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 yang telah ditetapkan dengan acuan (SNI 03-1968-1990). Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis saringan seperti yang tertera pada Tabel 4.1. – Tabel 4.5.

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
1½	37.50	100%	100%
1	25.40	100%	100%
$\frac{3}{4}$	19.00	100%	100%
$\frac{1}{2}$	12.50	39.12	60.88
$\frac{3}{8}$	9.50	22.72	77.28
4	4.75	3.83	96.17
8	2.36	100%	100%
16	1.18	100%	100%
30	0.60	100%	100%

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	%Tertahan
50	0.30	100%	100%
100	0.15	100%	100%
200	0.075	100%	100%

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
1½	37.50	100%	100%
1	25.40	100%	100%
¾	19.00	100%	100%
½	12.50	100%	100%
3/8	9.50	88.88	11.12
4	4.75	37.28	62.72
8	2.36	27.58	72.42
16	1.18	19.38	80.62
30	0.60	14.98	85.02
50	0.30	8.98	91.02
100	0.15	8.78	91.22
200	0.075	7.16	92.84

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	%Tertahan
1½	37.50	100%	100%

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
1	25.40	100%	100%
$\frac{3}{4}$	19.00	100%	100%
$\frac{1}{2}$	12.50	100%	100%
$\frac{3}{8}$	9.50	100%	100%
4	4.75	100%	100%
8	2.36	99.15	0.85
16	1.18	81.45	18.55
30	0.60	48.65	51.35
50	0.30	7.40	92.6
100	0.15	7.10	92.9
200	0.075	5.20	94.8

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
$1\frac{1}{2}$	37.50	100%	100%
1	25.40	100%	100%
$\frac{3}{4}$	19.00	100%	100%
$\frac{1}{2}$	12.50	100%	100%
$\frac{3}{8}$	9.50	100%	100%
4	4.75	100%	100%
8	2.36	68.00	32.00
16	1.18	42.30	57.7
30	0.60	30.80	69.2

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
50	0.30	22.70	77.8
100	0.15	14.90	85.1
200	0.075	9.20	90.8

Tabel 4.5: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus kapur dolomit (*filler*).

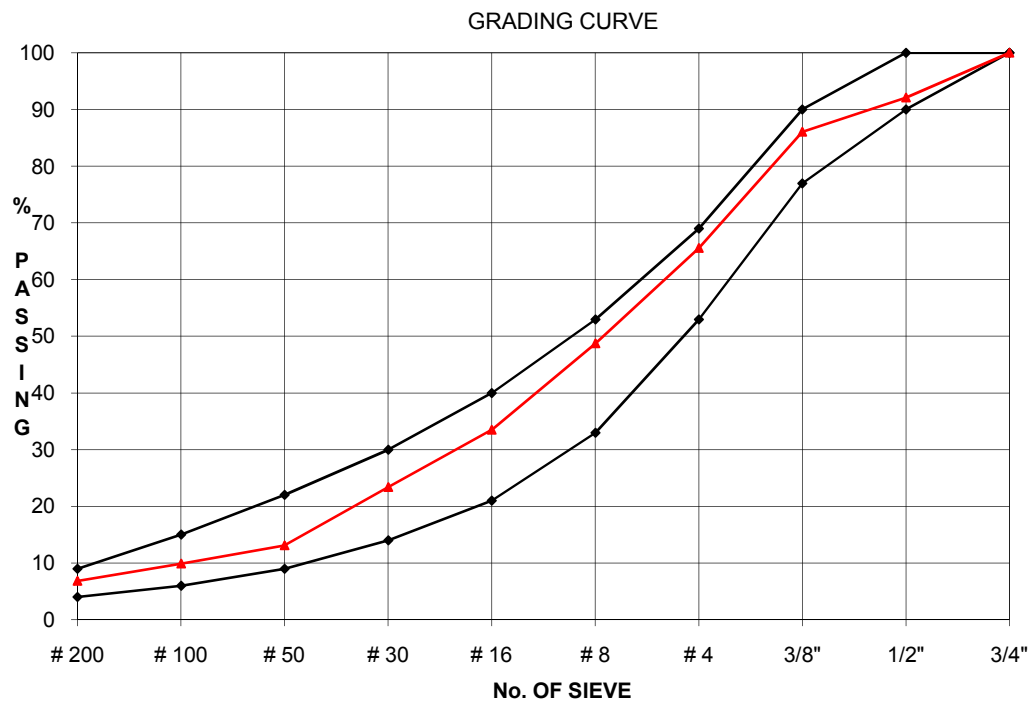
No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos saringan	% Tertahan
1½	37.50	100%	100%
1	25.40	100%	100%
¾	19.00	100%	100%
½	12.50	100%	100%
3/8	9.50	100%	100%
4	4.75	100%	100%
8	2.36	100%	100%
16	1.18	100%	100%
30	0.60	99.90	0.1
50	0.30	99.65	0.35
100	0.15	96.40	3.6
200	0.075	83.15	16.85

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk Laston harus berada di antara batas atas dan batas bawah. Dari hasil analisis saringan maka terdapat 3 gradasi agregat yaitu standart, penggunaan filler 3% dan penggunaan filler 5%. Dari hasil analisis saringan maka gradasi agregat diperoleh

seperti Tabel 4.6 – Tabel 4.8. Dan Gambar 4.1. – Gambar 4.3. yang menunjukkan grafik.

Tabel 4.6: Hasil pemeriksaan kombinasi gradasi agregat normal.

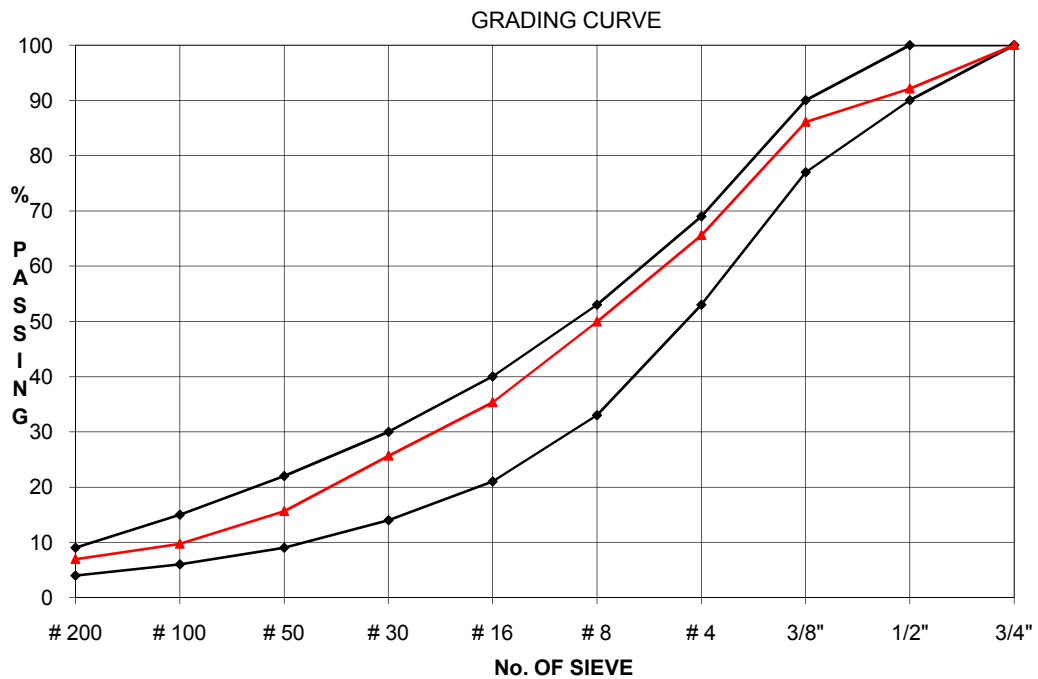
No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat				AVG
			CA $\frac{3}{4}$	MA $\frac{1}{2}$	Cr	Sand	
			13%	35%	40%	12%	
3/4"	100	100	13.00	35.00	40.00	12.00	100.00
1/2"	90	100	5.09	35.00	40.00	12.00	92.09
3/8"	77	90	2.95	31.11	40.00	12.00	86.06
No. 4	53	69	0.50	13.05	40.00	12.00	65.55
No. 8	33	53	0.00	9.65	27.20	11.90	48.75
No. 16	21	40	0.00	6.78	16.92	9.77	33.48
No. 30	14	30	0.00	5.24	12.32	5.84	23.40
No. 50	9	22	0.00	3.14	9.08	0.89	13.11
No. 100	6	15	0.00	3.07	5.96	0.85	9.89
No. 200	4	9	0.00	2.51	3.68	0.62	6.81



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat normal.

Tabel 4.7: Hasil pemeriksaan kombinasi gradasi agregat dengan kapur dolomit 3% pada *filler*.

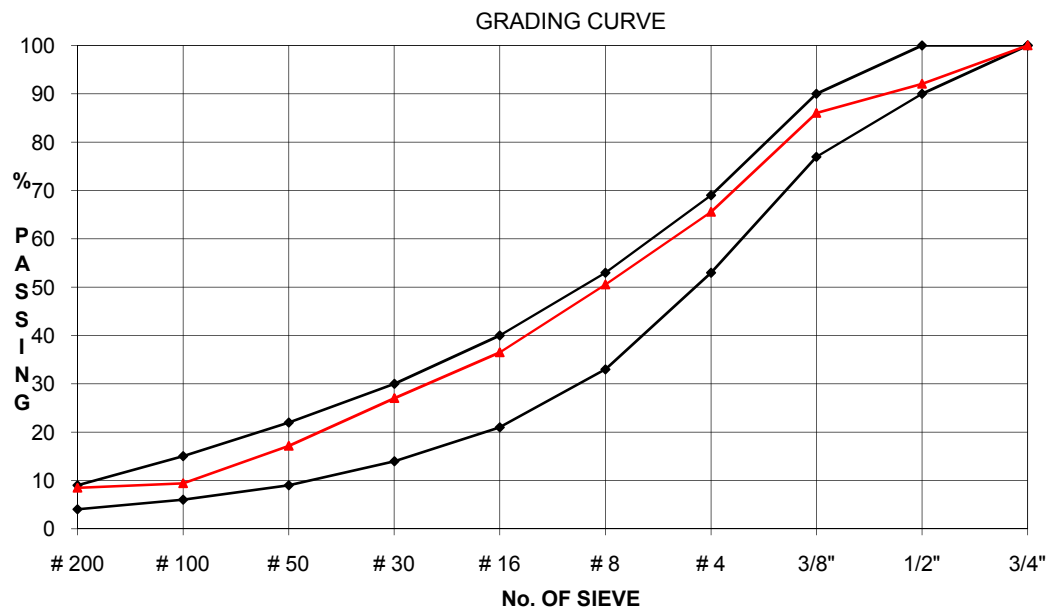
No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			CA ³ / ₄	MA ¹ / ₂	Cr	Sand	Dolomit	
			13%	35%	37%	12%	3%	
3/4"	100	100	13.00	35.00	37.00	12.00	3.00	100.00
1/2"	90	100	5.09	35.00	37.00	12.00	3.00	92.09
3/8	77	90	2.95	31.11	37.00	12.00	3.00	86.06
No. 4	53	69	0.50	13.05	37.00	12.00	3.00	65.55
No. 8	33	53	0.00	9.65	25.35	11.90	3.00	49.90
No. 16	21	40	0.00	6.78	15.91	9.65	3.00	35.34
No. 30	14	30	0.00	5.24	11.66	5.78	3.00	25.67
No. 50	9	22	0.00	3.14	8.66	0.83	2.99	15.62
No. 100	6	15	0.00	3.07	5.85	0.79	2.89	12.60
No. 200	4	9	0.00	2.45	1.85	0.13	2.49	6.92



Gambar 4.2: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat campuran kapur dolomit 3% pada *filler*.

Tabel 4.8: Hasil pemeriksaan kombinasi gradasi agregat dengan campuran kapur dolomit 5% pada *filler*.

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			CA $\frac{3}{4}$	MA $\frac{1}{2}$	Cr	Sand	Dolomit	
			13%	35%	35%	12%	5%	
1 1/2"	100	100	13.00	35.00	35.00	12.00	5.00	100.00
1"	100	100	13.00	35.00	35.00	12.00	5.00	100.00
3/4"	100	100	13.00	35.00	35.00	12.00	5.00	100.00
1/2"	90	100	5.09	35.00	35.00	12.00	5.00	92.09
3/8"	77	90	2.95	31.11	35.00	12.00	5.00	86.06
No. 4	53	69	0.50	13.05	35.00	12.00	5.00	65.55
No. 8	33	53	0.00	9.65	23.98	11.90	5.00	50.53
No. 16	21	40	0.00	6.78	15.05	9.65	5.00	36.48
No. 30	14	30	0.00	5.24	11.03	5.78	5.00	27.04
No. 50	9	22	0.00	3.14	8.19	0.83	4.98	17.14
No. 100	6	15	0.00	3.07	5.53	0.79	4.82	9.40
No. 200	4	9	0.00	2.45	1.75	0.13	4.16	8.48



Gambar 4.3: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat campuran kapur dolomit 5% pada *filler*.

Dari hasil pengujian analisis saringan di dapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3.

A. Data persen agregat yang di peroleh pada normal

- Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch = 13 %
- Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inch = 35 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 40 %
- Agregat halus pasir (*Sand*) = 12%

B. Data persen agregat yang di peroleh pada campuran kapur dolomit 3% pada *filler*.

- Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch = 13 %
- Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inch = 35 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 37 %
- Agregat halus pasir (*Sand*) = 12%
- Kapur dolomit = 3%

C. Data persen agregat yang di peroleh pada campuran kapur dolomit 5% pada *filler*.

- Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch = 13 %
- Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inch = 35 %
- Agregat halus abu batu (Cr) = 35 %
- Agregat halus pasir (*Sand*) = 12 %
- Kapur dolomit = 5 %

Setiap pembuatan benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$. Dari data persen agregat didapatlah hasil proporsi untuk masing-masing benda uji, berikut analisis perhitungan untuk berat agregat yang di perlukan pada benda uji normal dengan kadar aspal 5,5%, serta rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 4.9- Tabel 4.11.

- kadar aspal 5,5% : $1200 \times 5,5\% = 66 \text{ gr}$
- Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch : $(1200-66) \times 13\% = 396,90 \text{ gr}$
- Agregat medium MA $\frac{1}{2}$ inch : $(1200-66) \times 35\% = 147,42 \text{ gr}$
- Agregat halus abu batu (Cr) : $(1200-66) \times 40\% = 453,60 \text{ gr}$

- Agregat halus pasir (*Sand*) : $(1200-66) \times 12\% = 136,08 \text{ gr}$
 Total = 1200 gr

Tabel 4.9: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk setiap pembuatan benda uji normal.

KADAR ASPAL (%)	ASPAL (gram)	CA ¾ inch (gram)	MA ½ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)
5.5%	66	147.42	396.90	453.60	136.08
6.0%	72	146.64	394.80	451.20	135.36
6.5%	78	145.86	392.70	448.80	134.64
7.0%	84	145.08	390.60	446.40	133.92
7.5%	90	144.30	388.50	444.00	133.20

Tabel 4.10: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk setiap pembuatan benda uji penggunaan *filler* 3%.

KADAR ASPAL (%)	ASPAL (gram)	CA ¾ “ (gram)	MA ½ “ (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Kapur dolomit (gram)
5.5%	66	147.42	396.90	419.58	136.08	34.02
6,0%	72	146.64	394.80	417.36	135.36	33.84
6.5%	78	145.86	392.70	415.14	134.64	33.66
7,0%	84	145.08	390.60	412.92	133.92	33.48
7.5%	90	144.30	388.50	410.70	133.20	33.30

Tabel 4.11: Hasil Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk setiap pembuatan benda uji penggunaan *filler* 5%.

KADAR ASPAL (%)	ASPAL (gram)	CA ¾ “ (gram)	MA ½ “ (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Kapur dolomit (gram)
5.5%	66	147.42	396.90	396.90	136.08	56.70
6.0%	72	146.64	394.80	394.80	135.36	56.40
6.5%	78	145.86	392.70	392.70	134.64	56.10

Tabel 4.11: Lanjutan

7.0%	84	145.08	390.60	390.60	133.92	55.80
7.5%	90	144.30	388.50	388.50	133.20	55.50

Setelah dilakukan pengujian gradasi agregat dan didapat proporsi masing-masing pada benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis agregat.

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk agregat kasar dan agregat halus yang mengacu pada (SNI 03-1968-1990). Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12. – Tabel 4.16.

1. Berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{2918}{2937-1876} = 2,75$ gr
- Berat Jenis kering permukaan jenuh $= \frac{2918}{2918-1876} = 2,80$ gr
- Berat Jenis semu $= \frac{2937}{2937-1876} = 2,77$ gr
- Penyerapan $= \frac{2937-2918}{2918} \times 100\% = 0,65\%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA $\frac{3}{4}$ inch dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,75	2,64	2,69
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,80	2,63	2,72
Berat jenis semu (Ss)	2,77	2,62	2,69
Penyerapan (Sw)	0,65	0,34	0,50

2. Berat jenis agregat kasar MA ½ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat Jenis Curah} &= \frac{1910}{1899-1158} = 2,58 \text{ gr} \\
 \text{➤ Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{1899}{1899-1158} = 2,56 \text{ gr} \\
 \text{➤ Berat Jenis semu} &= \frac{1910}{1910-1158} = 2,42 \text{ gr} \\
 \text{➤ Penyerapan} &= \frac{1910-1899}{1899} \times 100\% = 0,58 \%
 \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA ½ inch dapat dilihat pada Tabel.4.13.

Tabel 4.13: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA ½ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,58	2,51	2,54
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,56	2,47	2,52
Berat jenis semu (Ss)	2,54	2,42	2,48
Penyerapan (Sw)	0,58	1,43	1,00

3. Berat jenis agregat halus abu batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat Jenis Curah} &= \frac{495}{500+670-971} = 2,49 \text{ gr} \\
 \text{➤ Berat Jenis kering permukaan jenuh} &= \frac{500}{495+670-971} = 2,58 \text{ gr} \\
 \text{➤ Berat jenis semu} &= \frac{495}{495+670-971} = 2,55 \text{ gr} \\
 \text{➤ Penyerapan} &= \frac{(500-495)}{500} \times 100\% = 1,00 \%
 \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian abu batu dapat dilihat pada Tabel.4.14.

Tabel 4.14: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (cr).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,649	2,48	2,48
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,58	2,59	2,58
Berat jenis semu (Ss)	2,55	2,56	2,56
Penyerapan (Sw)	1,00	1,20	1,10

4. Berat jenis agregat halus pasir (*Sand*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{494}{670+494-955} = 2,30 \text{ gr}$
- Berat Jenis kering permukaan jenuh $= \frac{500}{494+670-955} = 2,39 \text{ gr}$
- Berat jenis semu $= \frac{494}{494+670-955} = 2,36 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{(500-494)}{500} \times 100\% = 1,20 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian pasir dapat dilihat pada Tabel.4.15.

Tabel 4.15: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,30	2,40	2,35
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,39	2,46	2,43
Berat jenis semu (Ss)	2,36	2,44	2,40
Penyerapan (Sw)	1,20	0,80	1,00

5. Berat jenis agregat halus kapur dolomit (*filler*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel:

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Berat Jenis Curah} &&= \frac{492}{500+693-1010} &&= 2,69 \text{ gr} \\
 &\text{➤ Berat Jenis kering permukaan jenuh} &&= \frac{500}{592+693-1010} &&= 2,86 \text{ gr} \\
 &\text{➤ Berat jenis semu} &&= \frac{492}{492+693-1010} &&= 2,81 \text{ gr} \\
 &\text{➤ Penyerapan} &&= \frac{(500-492)}{500} \times 100\% &&= 1,60 \%
 \end{aligned}$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus kapur dolomit dapat dilihat pada Tabel.4.16.

Tabel 4.16: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus kapur dolomit (*Filler*).

Perhitungan	I	II	Rata-Rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,69	2,69	2,69
Berat jenis curah kering permukaan (Ss)	2,86	2,91	2,88
Berat jenis semu (Ss)	2,81	2,85	2,83
Penyerapan (Sw)	1,60	2,00	1,80

4.1.3. Hasil Pengujian Aspal

Dalam penelitian ini, aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji aspal keras Pertamina Pen 60/70 adalah data sekunder. Yaitu data hasil pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan P.T Bangun Cipta Kontraktor dan di uji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Bangun Cipta Kontraktor).

No.	Jenis Pengujian	Hasil Uji	Metode Pengujian	Satuan
1	Penetrasi pada 25 °C	68,00	SNI 06-2456-2011	0,1 mm
2	Titik Lembek	49	SNI 06-2434-2011	°C
3	Daktalitas pada 25 °C, 5cm/menit	135	SNI 06-2432-2011	Cm
4	Titik Nyala	-	SNI 06-2433-2011	°C
5	Berat jenis	1,035	SNI 06-2441-2011	-

Dari pemeriksaan laboratorium diperoleh hasil bahwa aspal keras Pertamina Pen 60/70 memenuhi standart pengujian spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 sebagai bahan ikat campuran beton aspal tersebut.

4.1.4. Perhitungan Parameter Pengujian 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 5,5%:

- a. Persentase terhadap batuan = 5,8 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5,5 %
- c. Berat sampel kering = 1193 gram
- d. Berat sampel jenuh = 1204 gram
- e. Berat sampel dalam air = 676 gram
- f. Volume sampel = 1204 – 676
= 528 cc
- g. Berat isi sampel = 1193 / 528
= 2,259 gr/cc

h. Berat jenis maksimum	$= \frac{100}{\left(\frac{100\%}{2,609}\right) - \left(\frac{5,5\%}{1,035}\right)}$
	$= 2,408 \%$
i. Persentase volume aspal	$= \frac{5,5\% \square 2,259}{1,035}$
	$= 12,003 \%$
j. Persentase volume agregat	$= \frac{(100 - 5,5\%) \square 2,259}{2,609}$
	$= 82,461 \%$
k. Persentase rongga terhadap campuran	$= 100 - \left(\frac{100 \square 2,259}{2,609}\right)$
	$= 5,901 \%$
l. Persentase rongga terhadap agregat	$= 100 - \left(\frac{2,259 \square 5,5\%}{2,609}\right)$
	$= 17,672 \%$
m. Persentase rongga terisi aspal	$= 100 \times \left(\frac{17,672 - 5,901}{17,672}\right)$
	$= 66,610 \%$
n. Kadar aspal efektif	$= 5,318$
o. Pembacaan arloji stabilitas	$= 110$
p. Kalibrasi proving ring	$= (7,693 \times 110) + 0,316$
	$= 847$
q. Stabilitas akhir	$= (134434 \times 523^{-1,8897}) \times 110$
	$= 806$
r. Kelelehan	$= 2,63 \text{ mm}$

Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penggunaan kapur dolomit pada filler 3% dan 5% dapat dilihat pada lampiran. Dari hasil

pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), kelelahan (*Flow*). Berikut analasi perhitungan untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penggunaan *filler* 3% dan 5% dapat dilihat pada Tabel 4.18 – Tabel 4.20.

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Bulk density} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{2,259 + 2,268 + 2,270}{3} = 2,266 \\
 2. \quad \text{Stability} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{815 + 781 + 821}{3} = 806 \\
 3. \quad \text{Air voids} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{6,158 + 5,822 + 5,722}{3} = 5,901 \\
 4. \quad \text{Voids filled} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{65,336 + 66,674 + 67,820}{3} = 66,610 \\
 5. \quad \text{VMA} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{17,764 + 17,470 + 17,781}{3} = 17,672 \\
 6. \quad \text{Flow} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\
 &= \frac{2,60 + 2,50 + 2,80}{3} = 2,63
 \end{aligned}$$

Tabel 4.18: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran Normal.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Bulk Density (gr/cc)	2.266	2.294	2.293	2.280	2.278
Stability (kg)	806	944	978	902	902
Air Voids (%)	5.901	4.050	3.438	3.332	2.719
VMA (%)	17.672	17.078	17.568	18.482	18.963
Flow (mm)	2.633	3.000	4.300	4.367	4.533
Voids Filled (%)	66.610	76.287	80.447	81.997	85.660

Tabel 4.19: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penggunaan filler 3%.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Bulk Density (gr/cc)	2.194	2.244	2.236	2.224	2.220
Stability (kg)	782	806	881	815	822
Air Voids (%)	6.474	3.688	3.392	3.265	2.824
VMA (%)	17.855	16.415	17.155	18.032	18.636
Flow (mm)	2.427	3.050	4.350	4.417	4.383
Voids Filled (%)	63.741	77.557	80.232	81.899	84.841

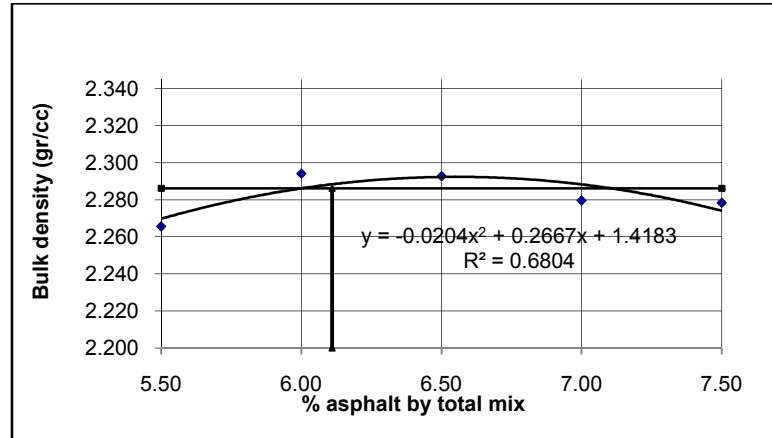
Tabel 4.20: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penggunaan filler 5%.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Bulk Density (gr/cc)	2.164	2.186	2.214	2.191	2.195
Stability (kg)	939	923	918	886	883
Air Voids (%)	6.100	4.504	2.644	3.064	2.250
VMA (%)	17.312	16.890	16.261	17.596	17.872
Flow (mm)	2.433	2.987	4.400	4.497	4.670
Voids Filled (%)	64.760	73.330	83.819	82.598	87.560

Dari hasil nilai Berat Isi (*Bulk Density*), stabilitas (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), kelelahan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% dapat juga dilihat pada Gambar 4.4 – Gambar 4.15.

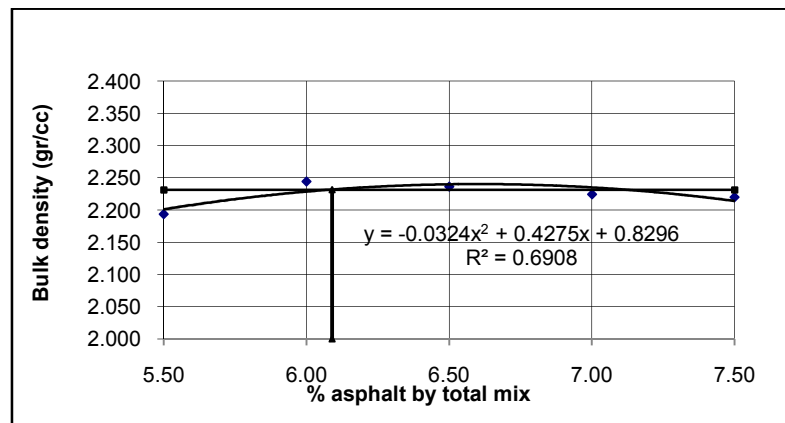
a. *Bulk Density*

Hasil nilai *Bulk Density* pada aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%, dilihat pada Gambar 4.4. – Gambar 4.6.



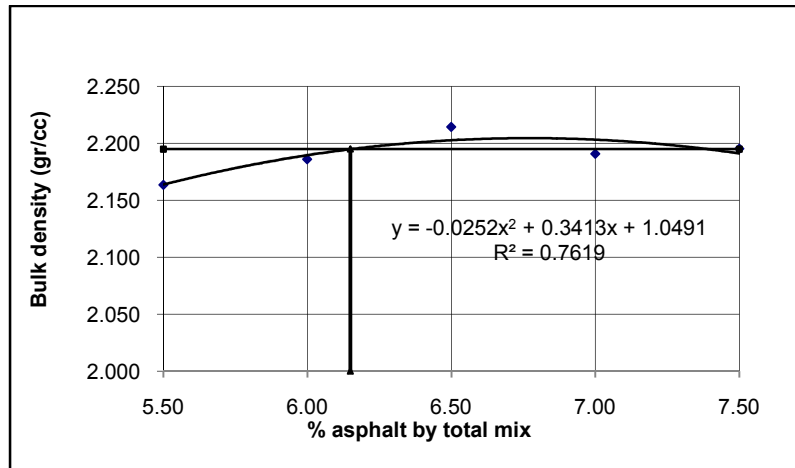
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (*gr/cc*) campuran normal.

Menunjukkan nilai bulk density dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,260), pada 6,00 (2,285), pada 6,50 (2,290), pada 7,00 (2,280) pada 7,50 (2,280).



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (*gr/cc*) *Filler* 3%.

Menunjukkan nilai *Bulk Density Filler* 3%. dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,200), pada 6,00 (2,225), pada 6,50 (2,225), pada 7,00 (2,255) pada 7,50 (2,225).

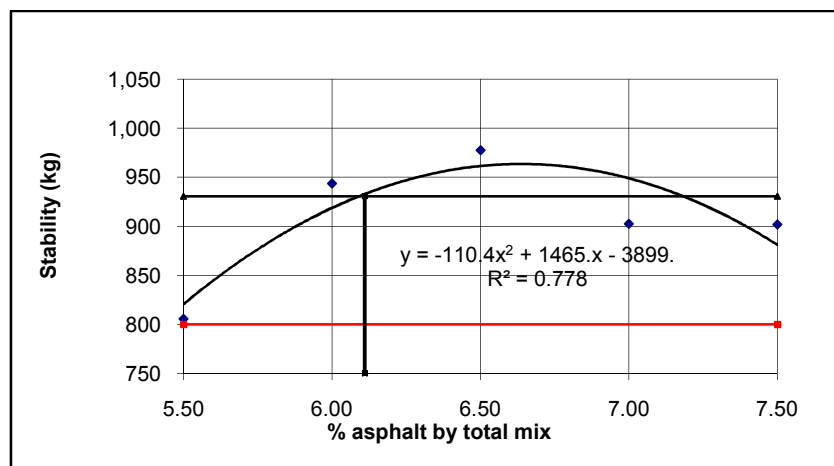


Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) Filler 5%.

Menunjukkan nilai bulk density dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,170) pada 6,00 (2,190), pada 6,50 (2,200), pada 7,00 (2,200) pada 7,50 (2,190).

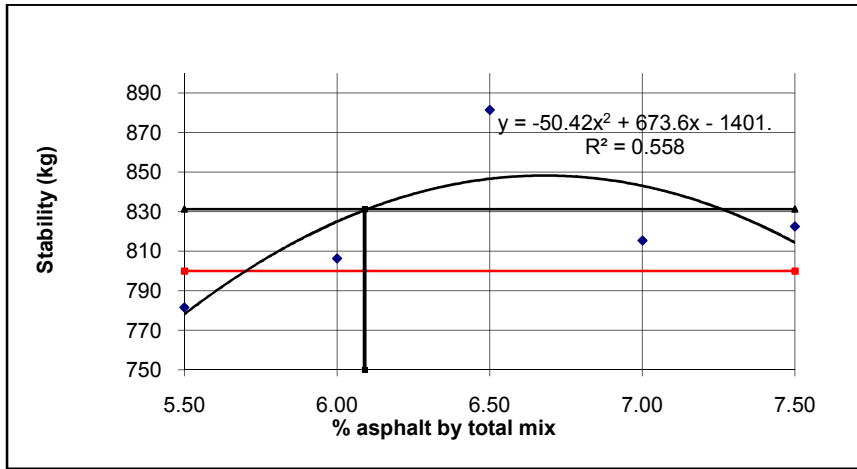
b. *Stability*

Hasil nilai *Stability* pada aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% dapat dilihat pada Gambar 4.7. – Gambar 4.9. berikut.



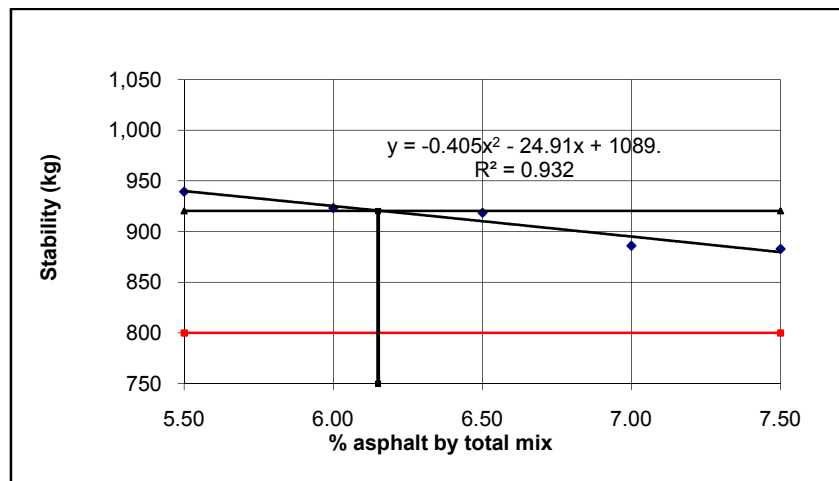
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* campuran normal.

Menunjukkan nilai *Stability* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 800 kg kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (825), pada 6,00 (925), pada 6,50 (960), pada 7,00 (950) pada 7,50 (890).



Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (kg) campuran *Filler* 3%.

Menunjukkan nilai *Stability* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 800 kg dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (780), pada 6,00 (820), pada 6,50 (845), pada 7,00 (840) pada 7,50 (820).

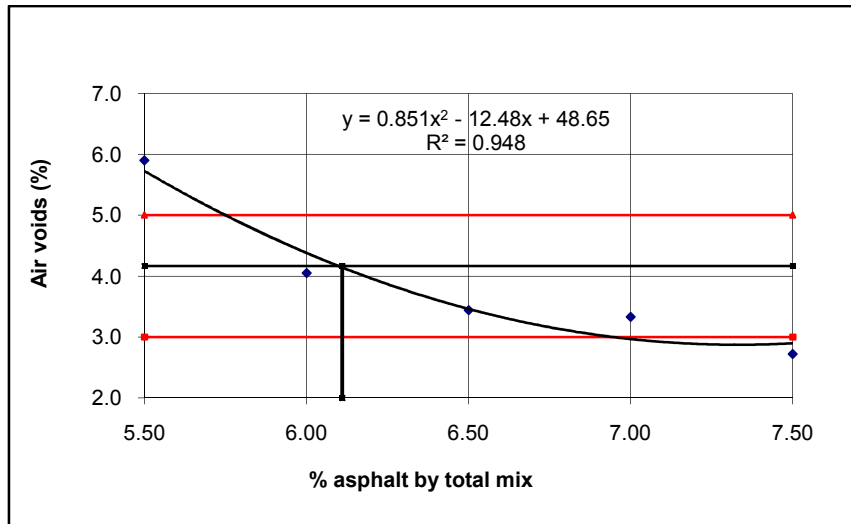


Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (kg) campuran *Filler* 5%.

Menunjukkan nilai *Stability* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 800 kg dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (940), pada 6,00 (930), pada 6,50 (920), pada 7,00 (890) pada 7,50 (930).

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

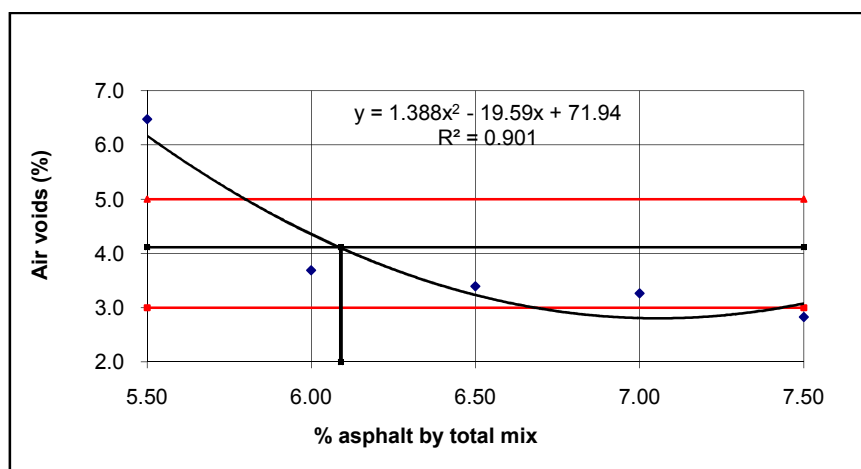
Hasil nilai *Air Voids* (VIM) pada aspal Pertamina normal serta kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% dapat dilihat pada Gambar 4.10. – Gambar 4.12. berikut.



Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran normal.

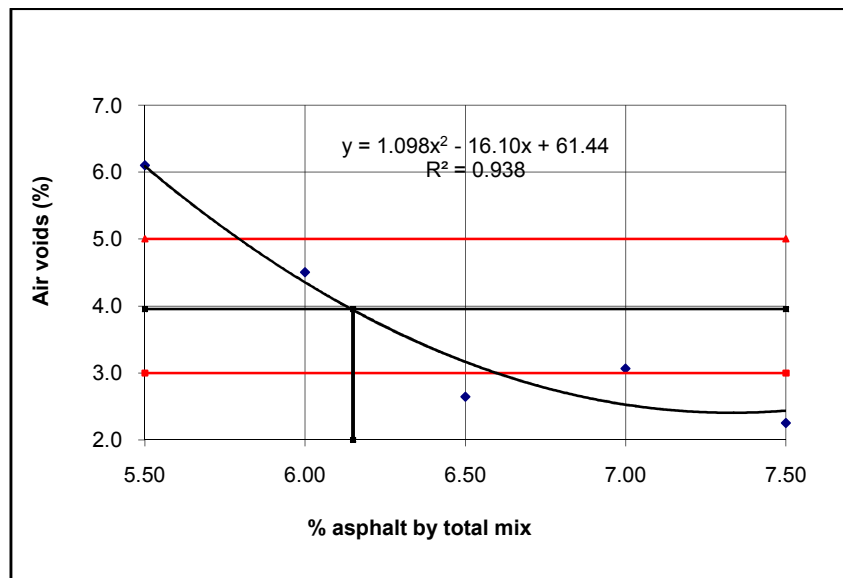
Menunjukkan nilai *Air Voids* (VIM) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (5,90), pada 6,00 (4,20), pada 6,50 (3,20), pada 7,00 (3,0) pada 7,50 (2,90).

Nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 3 dan maksimum 5, yaitu mulai dari kadar aspal 5,70, kadar aspal 6,00 kadar aspal 6,50 dan kadar aspal 7,00.



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran *Filler* 3%.

Menunjukkan nilai *Air Voids* (VIM) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (6,10), pada 6,00 (4,20), pada 6,50 (3,20), pada 7,00 (2,80) pada 7,50 (3,0). Nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 3 dan maksimum 5, yaitu kadar aspal yang memenuhi 5,80 kadar aspal 6,00 kadar aspal 6,50 kadar aspal 7,50.

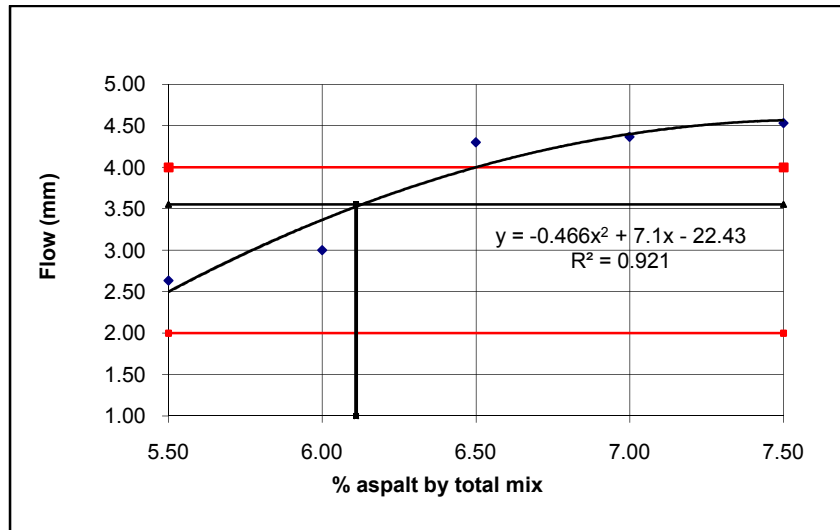


Gambar 4.12: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran *Filler* 5%.

Menunjukkan nilai *Air Voids* (VIM) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (6,0), pada 6,00 (4,5), pada 6,50 (3,2), pada 7,00 (2,7) pada 7,50 (2,6). Nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 3 dan maksimum 5, yaitu kadar aspal yang memenuhi 5,80 kadar aspal 6,00 kadar aspal 6,50 dan kadar aspal 6,70.

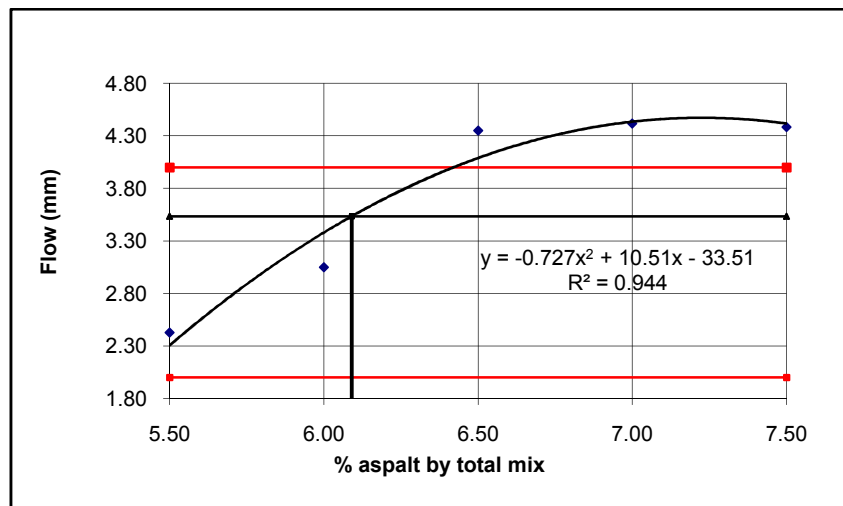
d. *Flow*

Hasil nilai *Flow* untuk campuran aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% dapat dilihat pada Gambar 4.13. – Gambar 4.15. berikut.



Gambar 4.13: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran normal.

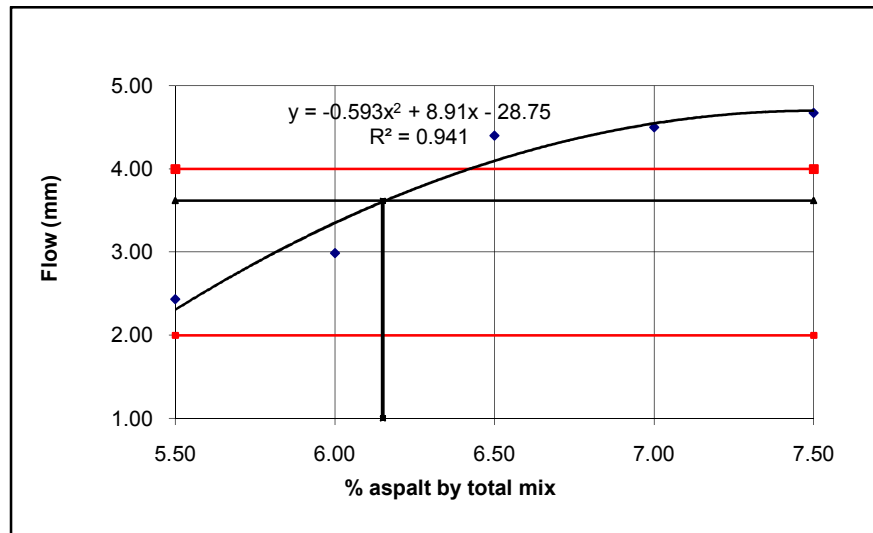
Menunjukkan nilai *Flow* (mm) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,50), pada 6,00 (3,40), pada 6,50 (4,00), pada 7,00 (4,40) pada 7,50 (4,50). Nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 2,00 dan maksimum 4,00, yaitu kadar aspal yang memenuhi 5,50 kadar aspal 6,00 dan kadar aspal 6,50.



Gambar 4.14: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran *Filler* 3%.

Menunjukkan nilai *Flow* (mm) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,30), pada 6,00 (3,30), pada 6,50 (4,10), pada 7,00 (4,40) pada 7,50 (4,40). Nilai yang

memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas *flow* minimum 2,00 dan maksimum 4,00, yaitu kadar aspal yang memenuhi 5,50 kadar aspal 6,00 dan kadar aspal 6,40.



Gambar 4.15: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran *Filler* 5%.

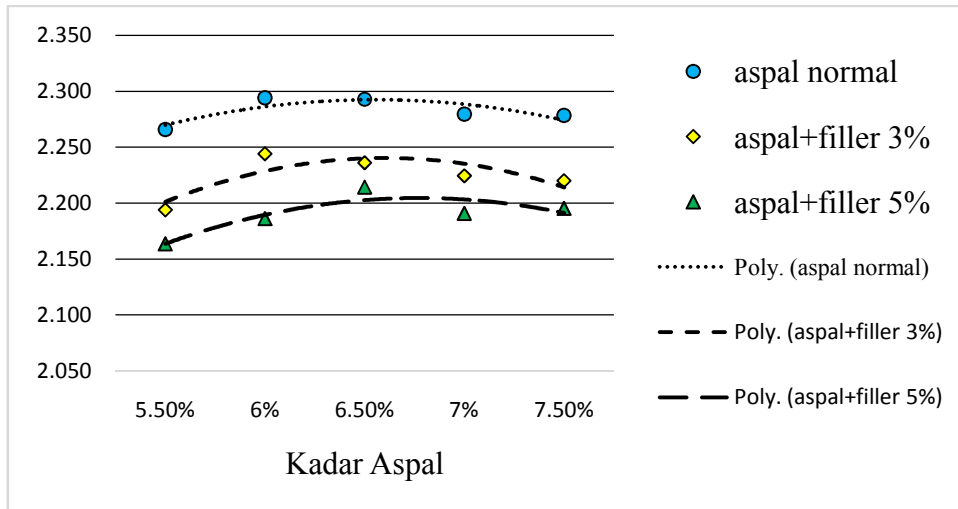
Menunjukkan nilai *Flow* (mm) dari kadar aspal 5,50 mendapatkan nilai (2,30), pada 6,00 (3,30), pada 6,50 (4,10), pada 7,00 (4,50) pada 7,50 (4,70). Nilai yang memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 3 dengan batas minimum 2,00 dan maksimum 4,00, yaitu kadar aspal yang memenuhi 5,50 kadar aspal 6,00 dan kadar aspal 6,30.

4.1.5. Perbandingan Sifat *Marshall*

Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* campuran aspal Pertamina normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% untuk nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *Voids Filled*, VMA dan *Flow* dapat dilihat perbandingan di antara kedua jenis campuran tersebut seperti yang ditunjukkan berikut.

a. Bulk Density

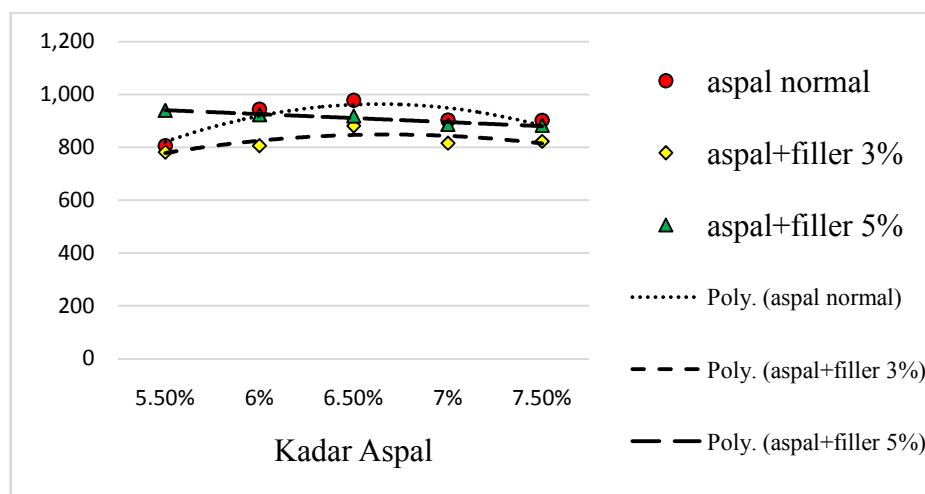
Dari hasil percobaan *Bulk Density* menunjukkan perbedaan nilai *Bulk Density* antara campuran aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%. Hasil *Bulk Density normal* lebih tinggi di banding pada penggunaan *filler* 3% dan 5%, pada penggunaan *filler* nilai bulk density 3% berada di atas 5% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16: Perbandingan nilai *Bulk Density* campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

b. *Stability*

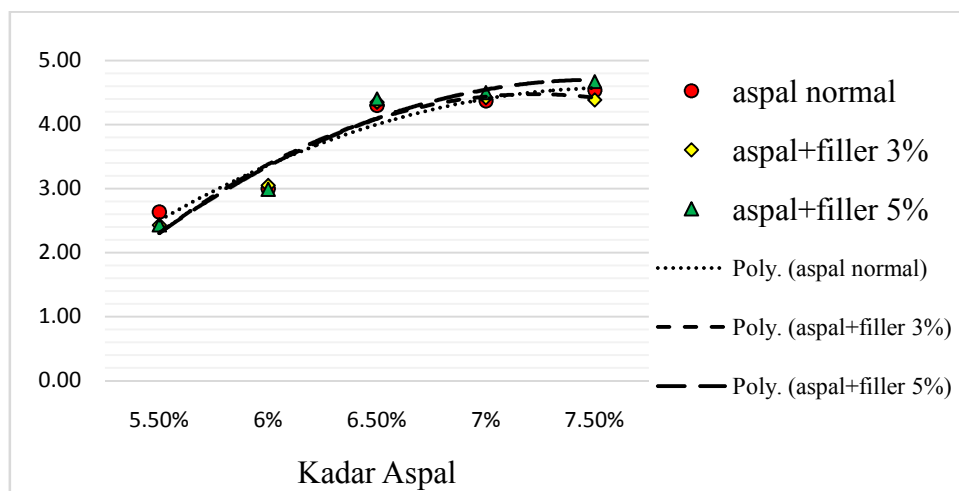
Hasil nilai *Stability* pada *Marshall* campuran aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% menunjukkan perbandingan. Nilai *Stability* untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5% berada di bawah penggunaan *filler* 5%, namun pada kadar aspal 6,5% berada di atas nilai *Stability* campuran aspal *filler* 3% dan 5%. Serta pada penggunaan *filler* nilai *Stability* campuran *filler* 5% berada di bawah 3%. Perbandingan nilai *Stability* di antara kedua campuran aspal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17: Perbandingan nilai *Stability* campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

c. *Flow*

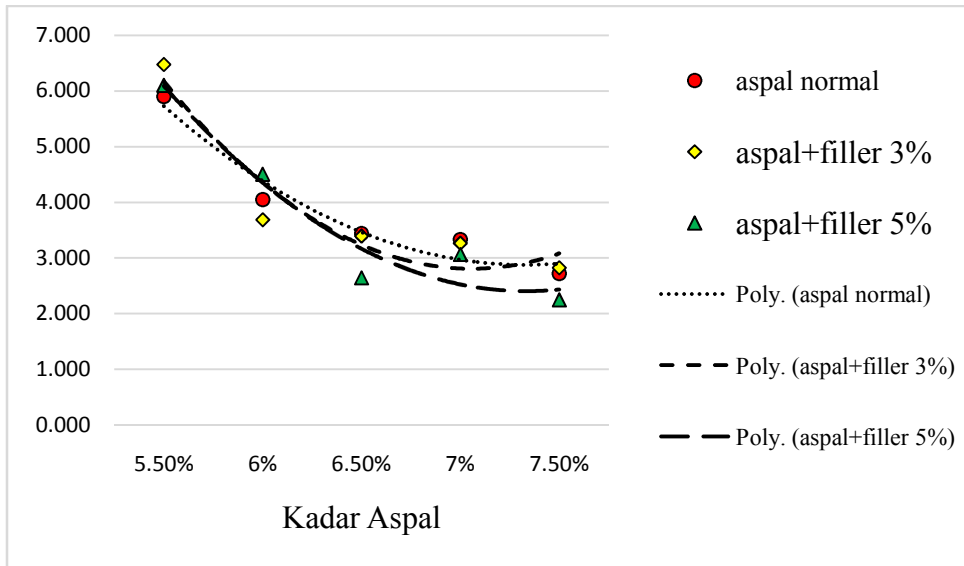
Hasil uji *Marshall Flow* menunjukkan bahwa nilai *Flow* pada campuran normal serta penggunaan kapur dolomi pada *filler* 3% dan 5% menunjukkan perbandingan karakteristik *Marshall Flow*. Perbandingan di antara tiga jenis campuran tersebut menunjukkan bahwa nilai *Flow* campuran aspal normal 7%-7,5% berada diatas namun pada kadar aspal 5,5% lebih rendah dari penggunaan *Filler* 5% pada kadar 7,5%, pada campuran penggunaan *filler* 3% dan 5% pada kadar aspal 5,5%-6% menunjukan nilai yang hampir sama namun pada kadar aspal 6,5%-7% nilai flow penggunaan *filler* 5% berada di atas 3% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18: Perbandingan nilai *flow* campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

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

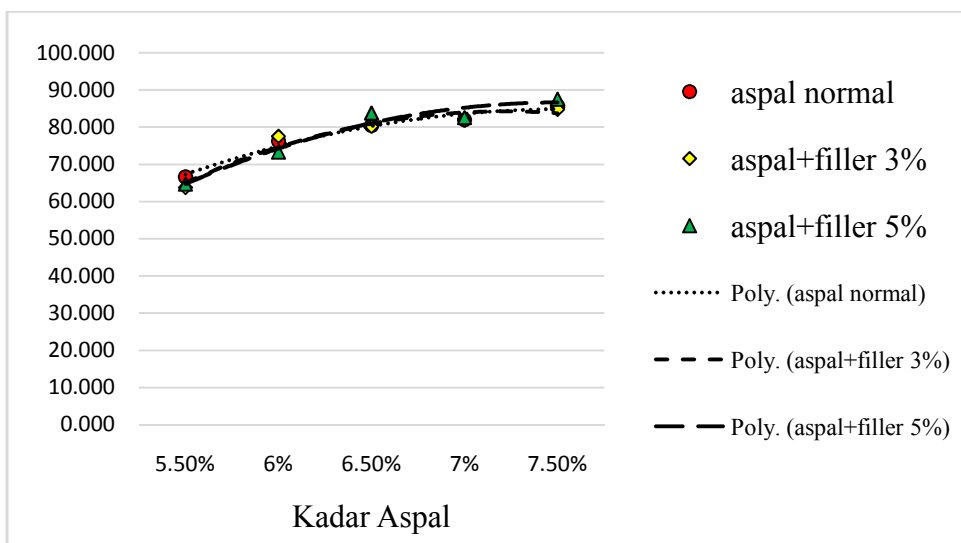
Hasil nilai VIM menunjukkan bahwa nilai VIM campuran aspal normal pada kadar aspal 5% menunjukan nilai yang lebih tinggi disbanding campuran ficker 3% dan 5% namun pada kadar aspal 5,5%-7% lebih rendah dibandingkan nilai VIM pada campuran Normal dan *Filler* 5%. Sedangkan campuran *Filler* 5% pada kadar aspal 5,5%-6% berada di bawah campran normal dan pada kadar aspal 7%-7,5% menunjukan nilai VIM ang hampir sama. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19: Perbandingan nilai VIM campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

e. *Void Filled/Void Filleds Bitumen (VFB)*

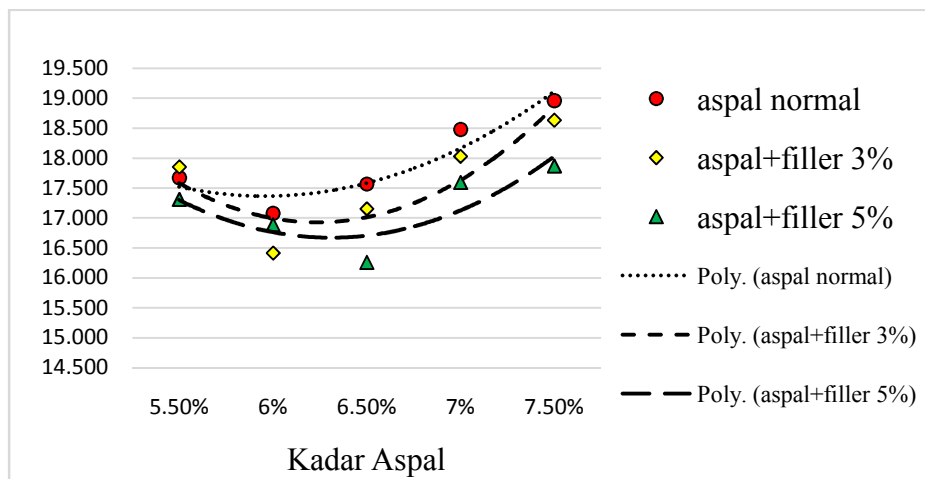
Dari hasil pengujian karakteristik sifat *Marshall* nilai VFB untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5% berada di atas campuran penggunaan *filler* 5% dan normal, namun pada kada aspal 6% menunjukkan nilai lebih tinggi dari pada penggunaan campuran 3% nilai VFB berada di bawah campuran normal dan penggunaan *filler* 3%. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20: Perbandingan nilai VFB campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

f. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

Perbedaan nilai VMA pada campuran Normal kadar aspal 5,5% dan campuran aspal penggunaan *Filler* 3% tidak terlalu signifikan, berbeda pada kadar aspal 5,5%-7% nilai VMA campuran aspal penggunaan *Filler* 3% berada di atas campuran Normal begitu juga dengan campuran penggunaan *Filler* 5% menunjukkan perbandingan berada di bawah campuran normal dan campuran penggunaan *Filler* 3%. Perbandingan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 4.21.



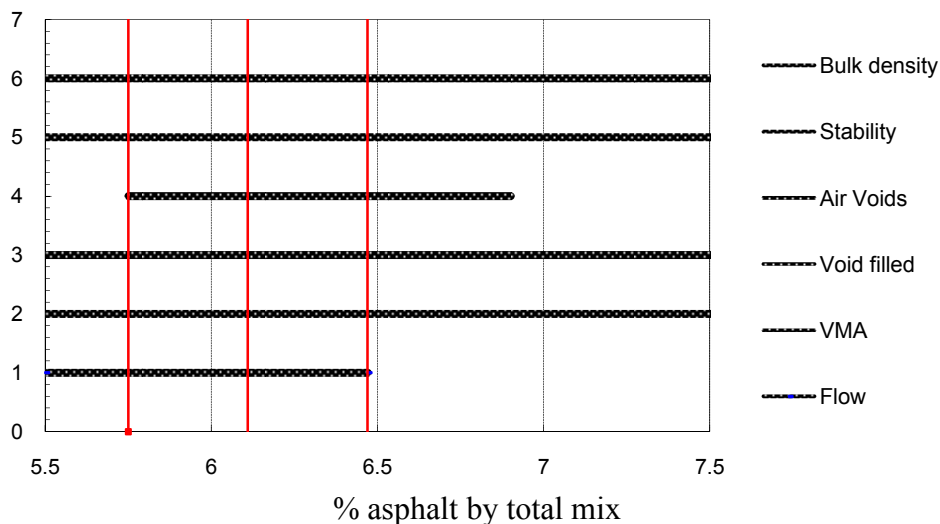
Gambar 4.21: Perbandingan nilai VMA campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

Hasil pemeriksaan karakteristik sifat campuran *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *Voids Filled*, VMA dan *Flow* pada jenis campuran aspal normal serta penggunaan campuran kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%. Menunjukkan bahwa ketiga jenis campuran tersebut memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3. Dari hasil nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *Voids Filled*, VMA dan *Flow* dapat dilihat bahwa karakteristik jenis campuran tersebut memiliki perbandingan disetiap karakteristik sifat *Marshall*.

4.2. Pembahasan dan Analisis

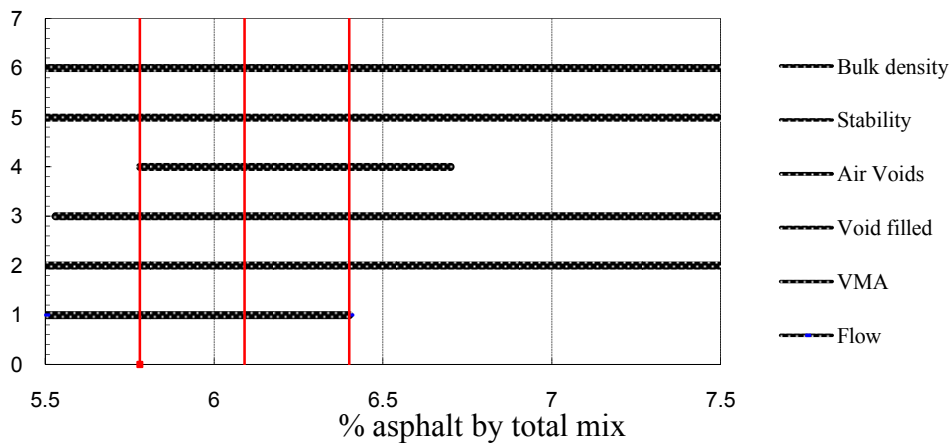
4.2.1. Perhitungan Kadar Aspal Optimum

Setelah selesai melakukan pengujian di Laboratorium dan menghitung nilai-nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *Void Filled*, *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 penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5% dapat dilihat pada Gambar 4.22 - Gambar 4.24.



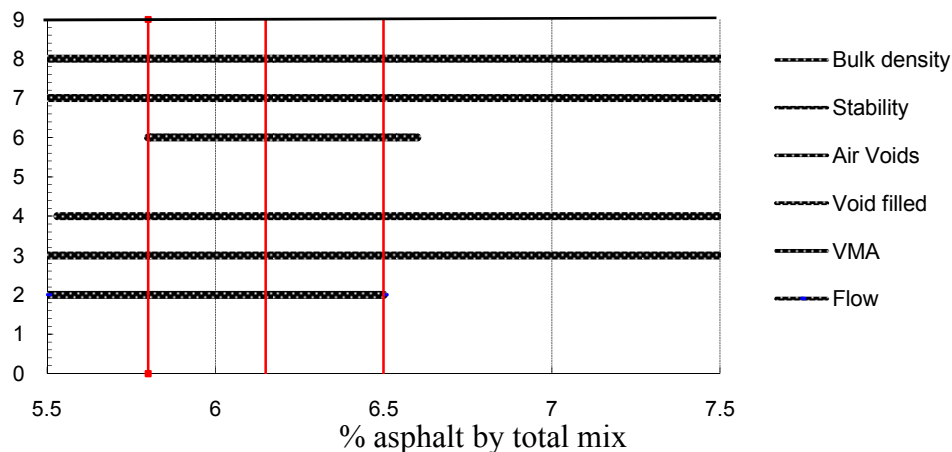
Gambar 4.22: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal normal.

Dengan gambar diatas sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Batas koridor *Bulk Density* dari 5,5 sampai 7,5, *Stability* 5,5 sampai 7,5, *Air Voids* 5,75 sampai 6,90, *Void Filled* 5,5 sampai 7,5, *Vma* 5,5 sampai 7,5 dan *Flow* 5,5 sampai 6,47.



Gambar 4.23: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal Filler 3%.

Dengan gambar diatas sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Batas koridor *Bulk Density* dari 5,5 sampai 7,5, *Stability* 5,5 sampai 7,5, *Air Voids* 5,78 sampai 6,70, *Void Filled* 5,53 sampai 7,5, *Vma* 5,5 sampai 7,5 dan *Flow* 5,5 sampai 6,4.



Gambar 4.24: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal Filler 5%.

Dengan gambar diatas menunjukkan sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Batas koridor *Bulk Density* dari 5,5 sampai 7,5, *Stability* 5,5 sampai 7,5, *Air Voids* 5,8 sampai 6,60, *Void Filled* 5,53 sampai 7,5, *Vma* 5,5 sampai 7,5 dan *Flow* 5,5 sampai 6,5.

Kadar aspal optimum diperoleh dengan cara mengambil nilai tengah dari batas koridor seperti yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Kadar aspal optimum untuk campuran aspal normal serta penggunaan kapur dolomit pada *filler* 3% dan 5%.

No.	Karakteristik Campuran	Jenis Aspal		
		Normal	<i>Filler</i> 3%	<i>Filler</i> 5%
1	Bulk Density (gr/cc)	2,286	2,231	2,195
2	Stability (kg)	931	831	920
3	Flow (mm)	3,544	3,533	3,618
4	Air Voids (%)	4,167	4,115	3,954
6	Voids Filled (%)	76,301	76,054	76,704
7	VMA (%)	17,369	16,934	16,675
8	Asphalt Optimum (%)	6,110	6,090	6,150

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis pembahasan terhadap pengujian campuran jenis *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan kapur dolomit sebagai *filler* diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian karakteristik sifat marshall pada campuran *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan kapur dolomit sebagai filler dengan persen variasi 3% dan 5% didapat bahwa hasil pengujian tersebut memenuhi standart spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3.
2. Hasil pemeriksaan karakteristik sifat *Marshall* didapat bahwa sifat *Marshall* dalam keadaan optimum pada campuran aspal normal lebih tinggi di beberapa karakteristik, seperti *bulk density*, *stability*, *flow* dan *air voids* namun lebih rendah dibandingkan campuran aspal penggunaan *filler* kapur dolomit pada karakteristik campuran seperti, *voids filled* dan VMA. Hal itu di sebabkan karena semakin banyak kadar *filler* kapur dolomit dalam campuran penggunaan filler tersebut maka akan semakin banyak persen rongga yang akan terisi aspal (*void filled*) dan juga semakin bertambahnya rongga volume udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang di sebabkan bertambahnya rongga udara antar agregat (VMA).

5.2.Saran

Dari hasil selama penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara timbul beberapa saran yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut:



1. Dalam melakukan penelitian ini untuk merencanakan suatu campuran aspal hendaklah dilakukan dengan sangat teliti pada saat pemekriksaan gradasi dan berat jenis. Dan juga pada saat pencampuran (*mix design*) haruslah teliti.

2. Diperlukannya ketelitian pada saat pengujian *Marshall Test* untuk memperkecil terjadinya kesalahan pada saat pengujian.
3. Dan diperlukannya ketelitian disetiap alat kerja pada Laboratorium
4. Jika ada yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut, gunakan kadar *filler* lainnya

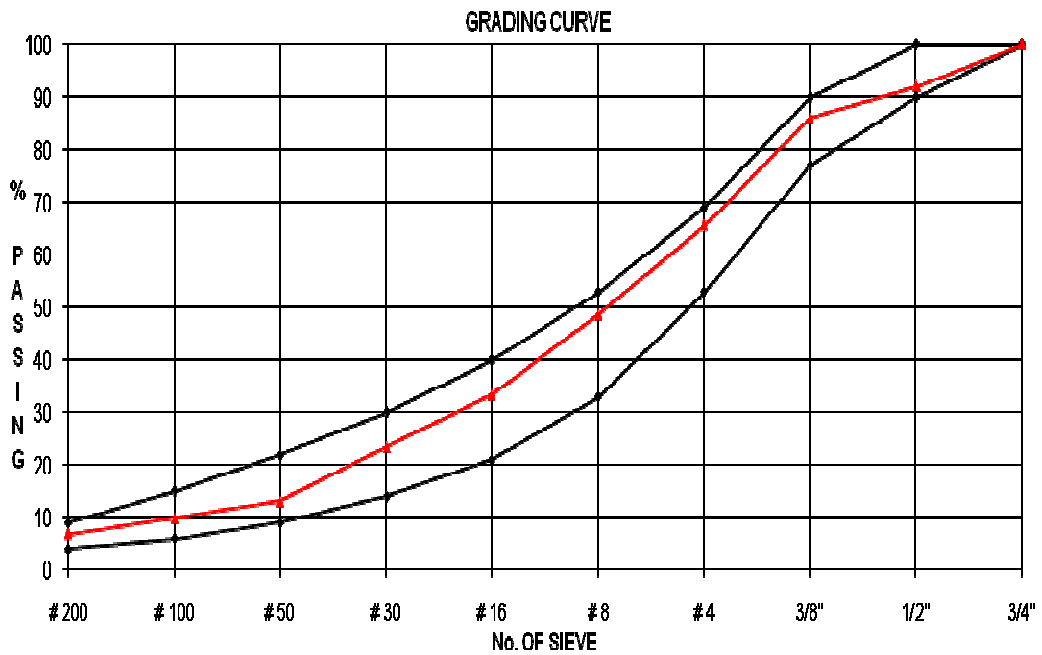
DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga (2010) *Spesifikasi Umum 2010, 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.*
- [http://greenstore91.blogspot.com/2016/12/pertanian-manfaat-dan-fungsi-kapur dolomit -dan26.html](http://greenstore91.blogspot.com/2016/12/pertanian-manfaat-dan-fungsi-kapur-dolomit-dan26.html)
- Sukirman, S. (1999) *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Politeknik Bandung.
- Sukirman, S., 2003. *BAB II Perkerasan Jalan Raya,* Penerbit NOVA, Bandung.
- SNI 03-1969. (1990) *Spesifikasi Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar*
- SNI 03-6723. (2002) *Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Aspal*
- SNI 03-1969. (1990) *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*
- SNI 03-1970. (1990) *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*
- SNI 06-2489. (1991) *Metode Pengujian Campuran Campuran Dengan Alat Marshall*
- Purwadi, Didik.2008. *Buku Ajar Rekayasa Jalan Raya 2 (Perkerasan Jalan).* Universitas Diponegoro.
- R. Antarikso utomo; *Pengaruh Gradasi gabungan di Laboratorium dan Gradasi Hot Bin Aspal Mixing Plant campuran Laston (AC – WEARING COURSE) terhadap karakteristik Uji Marshall,* Semarang: Universitas Diponegoro; 2008.
- wiz.FiaD_Z1UmukTenrisukki, Andri Tenriajeng. *Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan Gunadarma.*

LAMPIRAN

	<p>LABORATORIUM JALAN RAYA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL</p> <p>Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. (061)6622400</p>	
ANALISA SARINGAN NORMAL		

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT		SIEVE SIZE	COMBINE GRADING				AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				3/4"	1/2"	cr	sand	
								13%	35%	40%	12%	
11/2"					100	100	37.50	13.00	35.00	40.00	12.00	100.00
1"					100	100	25.40	13.00	35.00	40.00	12.00	100.00
3/4"					100	100	19.00	13.00	35.00	40.00	12.00	100.00
1/2"					90	100	12.50	5.09	35.00	40.00	12.00	92.09
3/8"					77	90	9.50	2.95	31.11	40.00	12.00	86.06
# 4					53	69	4.75	0.50	13.05	40.00	12.00	65.55
# 8					33	53	2.36	0.00	9.65	27.20	11.90	48.75
# 16					21	40	1.18	0.00	6.78	16.92	9.77	33.48
# 30					14	30	0.60	0.00	5.24	12.32	5.84	23.40
# 50					9	22	0.30	0.00	3.14	9.08	0.89	13.11
# 100					6	15	0.150	0.00	3.07	5.96	0.85	9.89
# 200					4	9	0.075	0.00	2.51	3.68	0.62	6.81





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN NORMAL

3/4"

TOTAL = 5,000.0 Gr

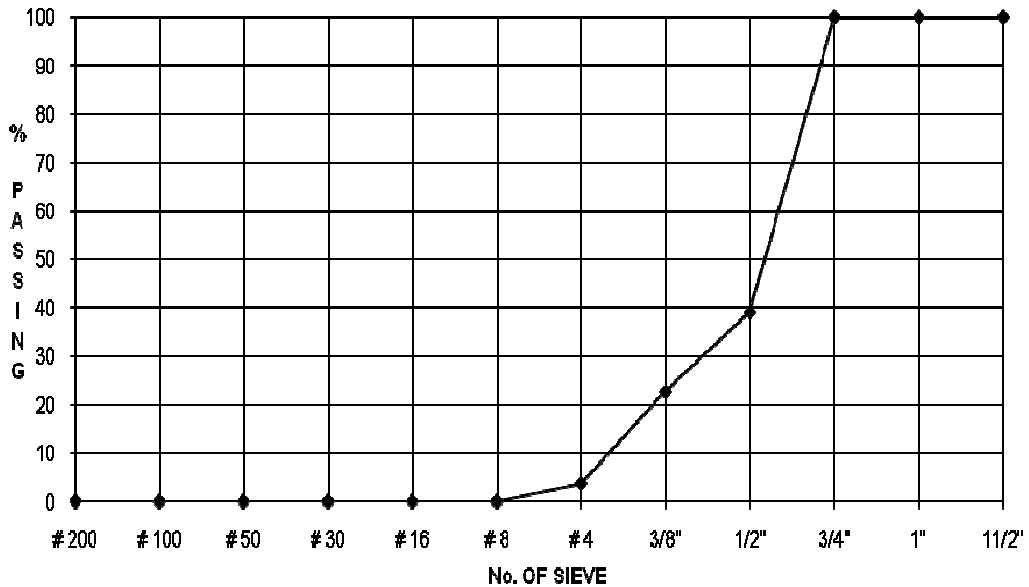
TOTAL = 5,000.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU U WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"		0.00	0.00	100.00	100.00
1"		0.00	0.00	100.00		1"		0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	0.00	0.0	0.00	100.00		3/4"	0.0	0.0	0.00	100.00	100.00
1/2"	3,150.0	3,150.0	63.00	37.00		1/2"	2,938.0	2,938.0	58.76	41.24	39.12
3/8"	910.00	4,060.0	81.20	18.80		3/8"	730.0	3,668.0	73.36	26.64	22.72
# 4	778.00	4,838.0	96.76	3.24		# 4	1,111.0	4,779.0	95.58	4.42	3.83
# 8	0.00	0.0	0.00	0.00		# 8	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
# 16		0.0	0.00	0.00		# 16		0.0	0.00	0.00	0.00
# 30		0.0	0.00	0.00		# 30		0.0	0.00	0.00	0.00
# 50		0.0	0.00	0.00		# 50		0.0	0.00	0.00	0.00
# 100		0.0	0.00	0.00		# 100		0.0	0.00	0.00	0.00
# 200		0.0	0.00	0.00		# 200		0.0	0.00	0.00	0.00

Total 4838

Total 4779

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN NORMAL

1/2.

TOTAL = 2,500.0 Gr

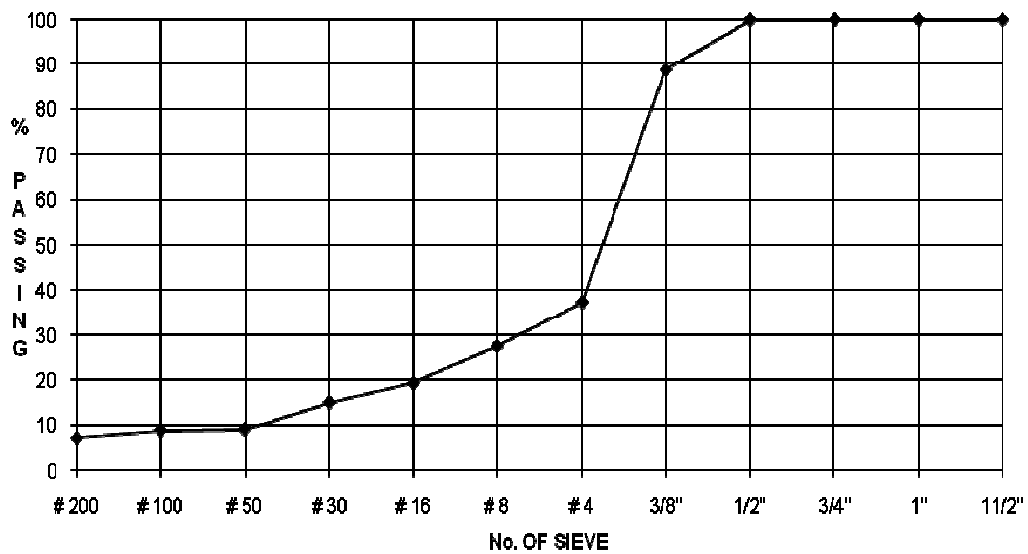
TOTAL = 2,500.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"	325.0	61.0	2.44	97.56		3/8"	495.0	495.0	19.80	80.20	88.88
# 4	1,345	1,406	56.24	43.76		# 4	1,235	1,730	69.20	30.80	37.28
# 8	270.0	1,676	67.04	32.96		# 8	215.0	1,945	77.80	22.20	27.58
# 16	235.0	1,911	76.44	23.56		# 16	175.0	2,120	84.80	15.20	19.38
# 30	95.0	2,006	80.24	19.76		# 30	125.0	2,245	89.80	10.20	14.98
# 50	120.0	2,126	85.04	14.96		# 50	180.0	2,425	97.00	3.00	8.98
# 100	4.0	2,130	85.20	14.80		# 100	6.0	2,431	97.24	2.76	8.78
# 200	46.0	2,176	87.04	12.96		# 200	35.0	2,466	98.64	1.36	7.16
Pan	51.0	2,227	89.08	10.92		Pan	30.0	2,496	99.84	0.16	5.54

Total 2491

Total 2496

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN NORMAL

Cr

TOTAL = 500 Gr

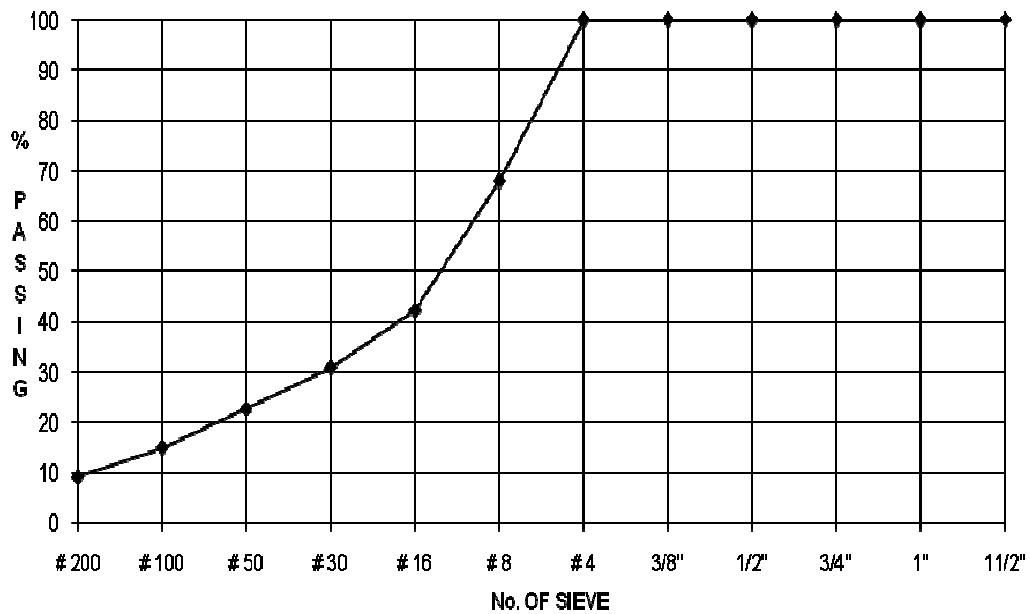
TOTAL = 500 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0	0.00	0.00	100.00		# 4	0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 8	165.00	165.00	33.00	67.00		# 8	155.0	155.00	31.00	69.00	68.00
# 16	127.00	292.00	58.40	41.60		# 16	130.0	285.00	57.00	43.00	42.30
# 30	55.00	347.00	69.40	30.60		# 30	60.0	345.00	69.00	31.00	30.80
# 50	41.00	388.00	77.60	22.40		# 50	40.0	385.00	77.00	23.00	22.70
# 100	40.00	428.00	85.60	14.40		# 100	38.0	423.00	84.60	15.40	14.90
# 200	30.00	458.00	91.60	8.40		# 200	27.0	450.00	90.00	10.00	9.20
Pan	30	488.00	97.60	2.40		Pan	20.0	470.00	94.00	6.00	4.20

Total 488

Total 470

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN NORMAL

Sand

TOTAL = 1,000.0 Gr

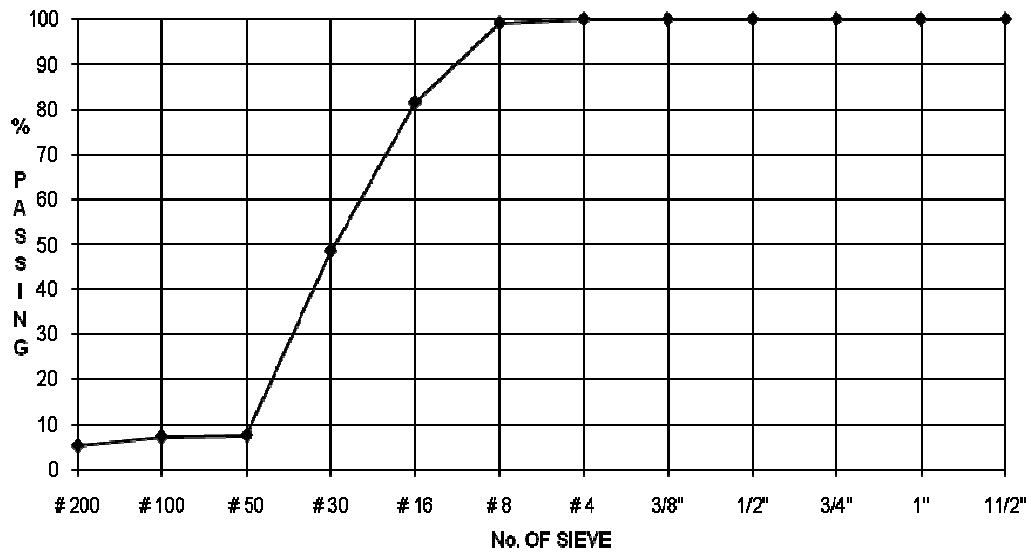
TOTAL = 1,000.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET.	% RET	% PASS				WT. RET.	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 8	11.0	11.00	1.10	98.90		# 8	6.0	6.00	0.60	99.40	99.15
# 16	190.0	201.00	20.10	79.90		# 16	164.0	170.00	17.00	83.00	81.45
# 30	291.0	492.00	49.20	50.80		# 30	365.0	535.00	53.50	46.50	48.65
# 50	400.0	892.00	89.20	10.80		# 50	425.0	960.00	96.00	4.00	7.40
# 100	3.0	895.00	89.50	10.50		# 100	3.0	963.00	96.30	3.70	7.10
# 200	14.0	909.00	90.90	9.10		# 200	24.0	987.00	98.70	1.30	5.20
Pan	7.0	916.00	91.60	8.40		Pan	9.0	996.00	99.60	0.40	4.40

Total 916

Total 996

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN NORMAL

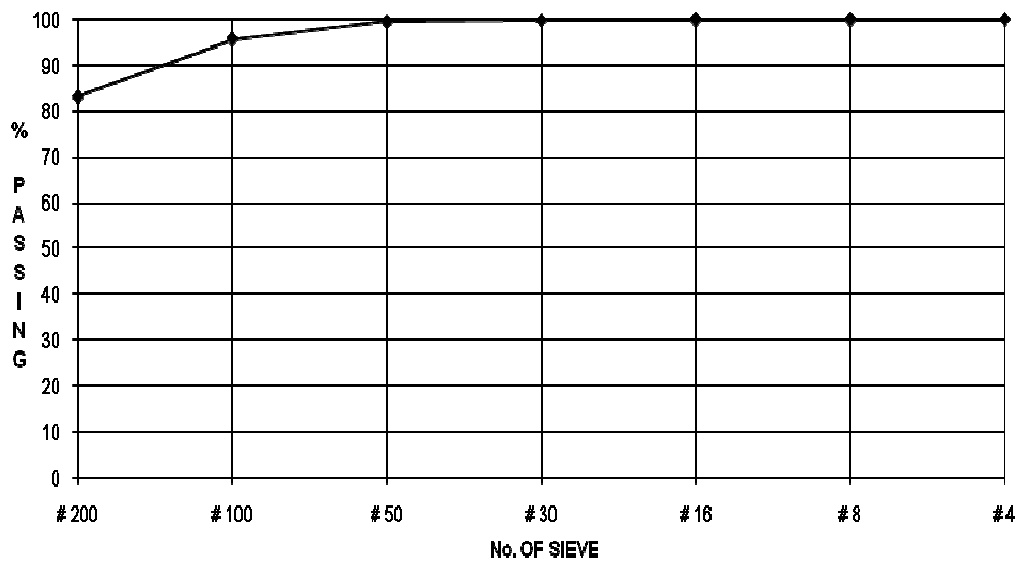
Dolomit

ANALISA SARINGAN

DOLOMIT

TOTAL = 250.0 Gr					TOTAL = 250.0 Gr						
c	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
1 1/2"		0.00	0.00	100.00		1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 8	0.0	0.00	0.00	100.00		# 8	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 16	0.0	0.00	0.00	100.00		# 16	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 30	1.0	1.00	0.10	99.90		# 30	1.0	1.00	0.10	99.90	
# 50	2.0	3.00	0.30	99.70		# 50	3.0	4.00	0.40	99.60	
# 100	30.0	33.00	3.30	96.70		# 100	35.0	39.00	3.90	96.10	
# 200	135.0	168.00	16.80	83.20		# 200	130.0	169.00	16.90	83.15	
Pan	80.0	248.00	24.80	75.20		Pan	75.0	244.00	24.40	75.60	
Total	248					Total	244				

GRADING CURVE





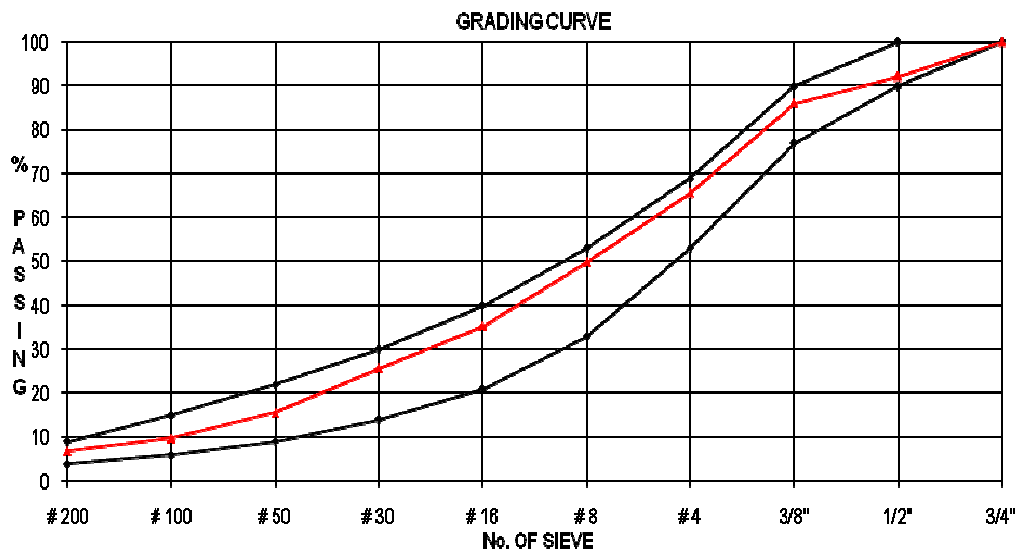
LABORATORIUM JALAN RAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. (061)6622400

ANALISA SARINGAN FILLER

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT		COMBINE GRADING					AVG	
		WT. RET	% RET	% PASS			SIEVE SIZE	3/4"	1/2"	cr	sand		Dolomit
								13%	35%	37%	12%		3%
1 1/2"					100	100	37.50	13.00	35.00	37.00	12.00	3	100.00
1"					100	100	25.40	13.00	35.00	37.00	12.00	3	100.00
3/4"					100	100	19.00	13.00	35.00	37.00	12.00	3	100.00
1/2"					90	100	12.50	5.09	35.00	37.00	12.00	3	92.09
3/8"					77	90	9.50	2.95	31.11	37.00	12.00	3	86.06
# 4					53	69	4.75	0.50	13.05	37.00	12.00	3	65.55
# 8					33	53	2.36	0.00	9.65	25.35	11.90	3	49.90
# 16					21	40	1.18	0.00	6.78	15.91	9.65	3	35.34
# 30					14	30	0.60	0.00	5.24	11.66	5.78	3.00	25.67
# 50					9	22	0.30	0.00	3.14	8.66	0.83	2.99	15.62
# 100					6	15	0.150	0.00	3.07	5.85	0.79	2.892	9.71
# 200					4	9	0.075	0.00	2.45	1.85	0.13	2.49	6.92





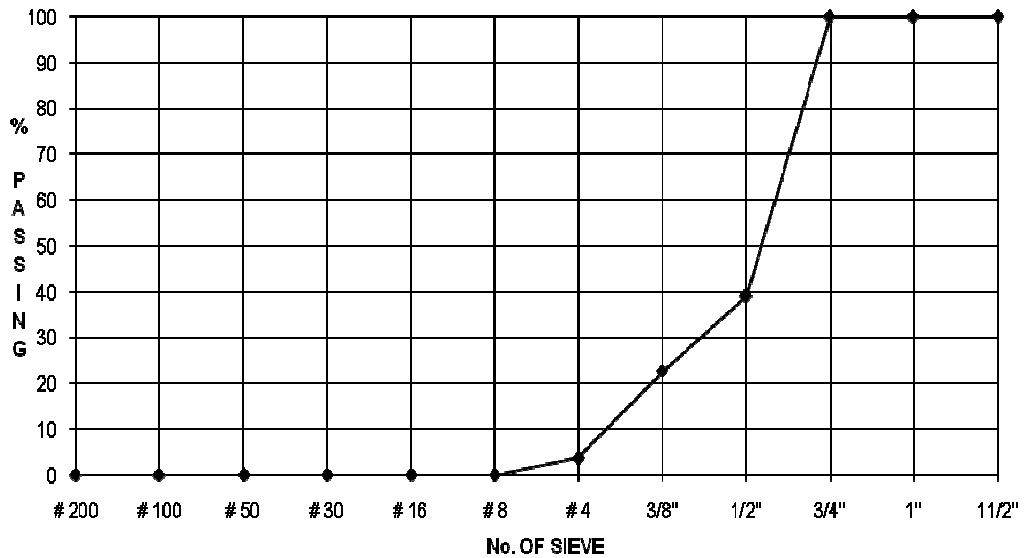
MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

3/4"

TOTAL = 5,000.0 Gr					TOTAL = 5,000.0 Gr						
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.0	0.00	100.00	100.00	
3/4"	0.00	0.0	0.00	100.00		3/4"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1/2"	3,150.0	3,150.0	63.00	37.00		1/2"	2,938.0	2,938.0	58.76	41.24	39.12
3/8"	910.00	4,060.0	81.20	18.80		3/8"	730.0	3,668.0	73.36	26.64	22.72
# 4	778.00	4,838.0	96.76	3.24		# 4	1,111.0	4,779.0	95.58	4.42	3.83
# 8	0.00	0.0	0.00	0.00		# 8	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
# 16		0.0	0.00	0.00		# 16		0.0	0.00	0.00	0.00
# 30		0.0	0.00	0.00		# 30		0.0	0.00	0.00	0.00
# 50		0.0	0.00	0.00		# 50		0.0	0.00	0.00	0.00
# 100		0.0	0.00	0.00		# 100		0.0	0.00	0.00	0.00
# 200		0.0	0.00	0.00		# 200		0.0	0.00	0.00	0.00
Total	4838					Total	4779				

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

1/2"

TOTAL = 2,500.0 Gr

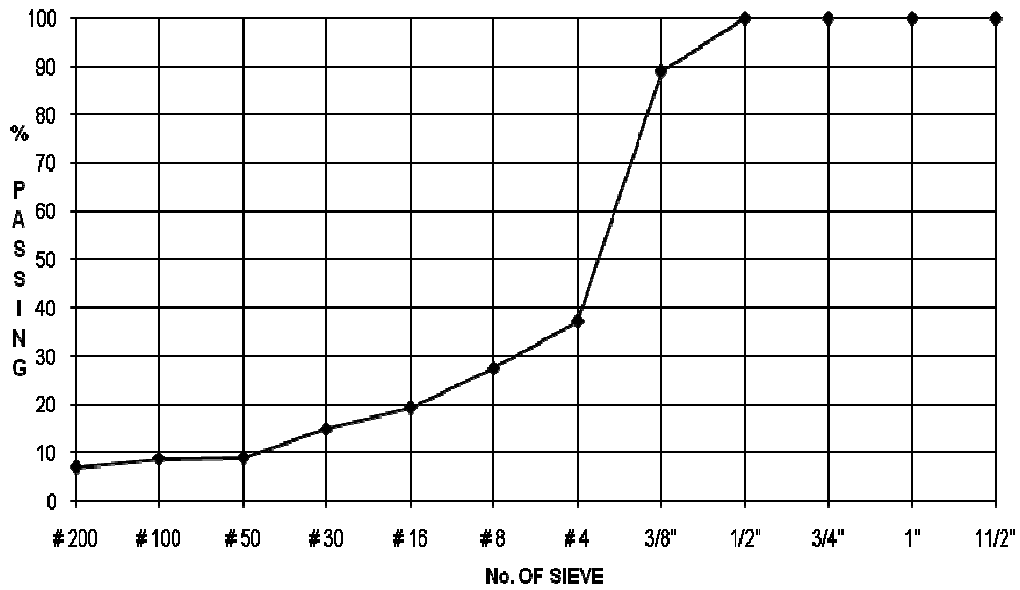
TOTAL = 2,500.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
1 1/2"		0.00	0.00	100.00		1 1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"	325.0	325.0	13.00	87.00		3/8"	495.0	495.0	19.80	80.20	83.60
# 4	1,345	1,670	66.80	33.20		# 4	1,235	1,730	69.20	30.80	32.00
# 8	270.0	1,940	77.60	22.40		# 8	215.0	1,945	77.80	22.20	22.30
# 16	235.0	2,175	87.00	13.00		# 16	175.0	2,120	84.80	15.20	14.10
# 30	95.0	2,270	90.80	9.20		# 30	125.0	2,245	89.80	10.20	9.70
# 50	120.0	2,390	95.60	4.40		# 50	180.0	2,425	97.00	3.00	3.70
# 100	4.0	2,394	95.76	4.24		# 100	6.0	2,431	97.24	2.76	3.50
# 200	52.0	2,446	97.84	2.16		# 200	37.0	2,468	98.72	1.28	1.72
Pan	51.0	2,497	99.88	0.12		Pan	30.0	2,498	99.92	0.08	0.10

Total 2497

Total 2498

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

Cr

TOTAL = 500 Gr

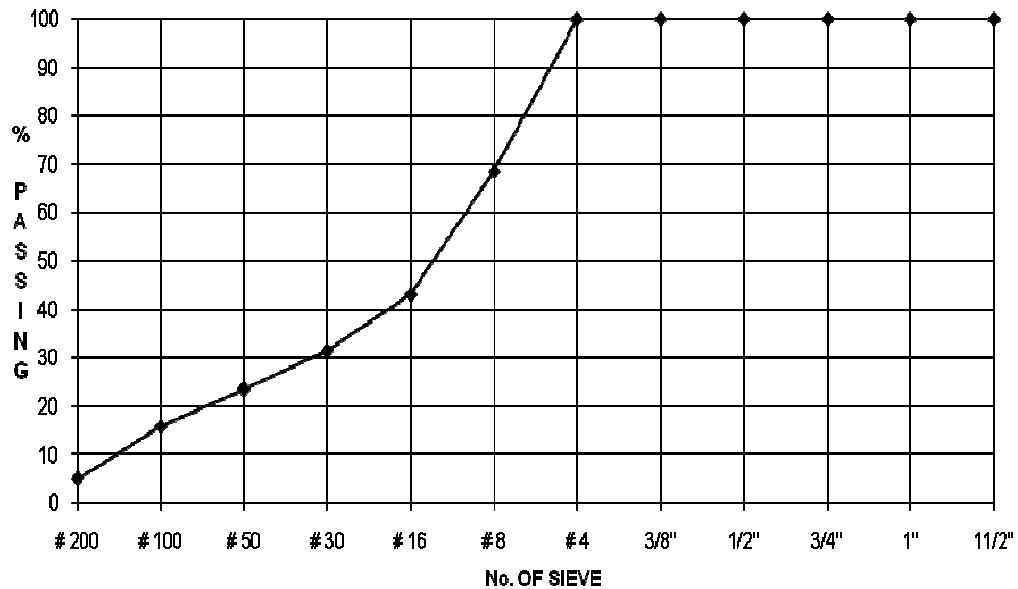
TOTAL = 500 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0	0.00	0.00	100.00		# 4	0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 8	160.00	160.00	32.00	68.00		# 8	155.0	155.00	31.00	69.00	68.50
# 16	125.00	285.00	57.00	43.00		# 16	130.0	285.00	57.00	43.00	43.00
# 30	55.00	340.00	68.00	32.00		# 30	60.0	345.00	69.00	31.00	31.50
# 50	41.00	381.00	76.20	23.80		# 50	40.0	385.00	77.00	23.00	23.40
# 100	38.00	419.00	83.80	16.20		# 100	38.0	423.00	84.60	15.40	15.80
# 200	53.00	472.00	94.40	5.60		# 200	55.0	478.00	95.60	4.40	5.00
Pan	25	497.00	99.40	0.60		Pan	20.0	498.00	99.60	0.40	0.50

Total 497

Total 498

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

Sand

TOTAL = 1,000.0 Gr

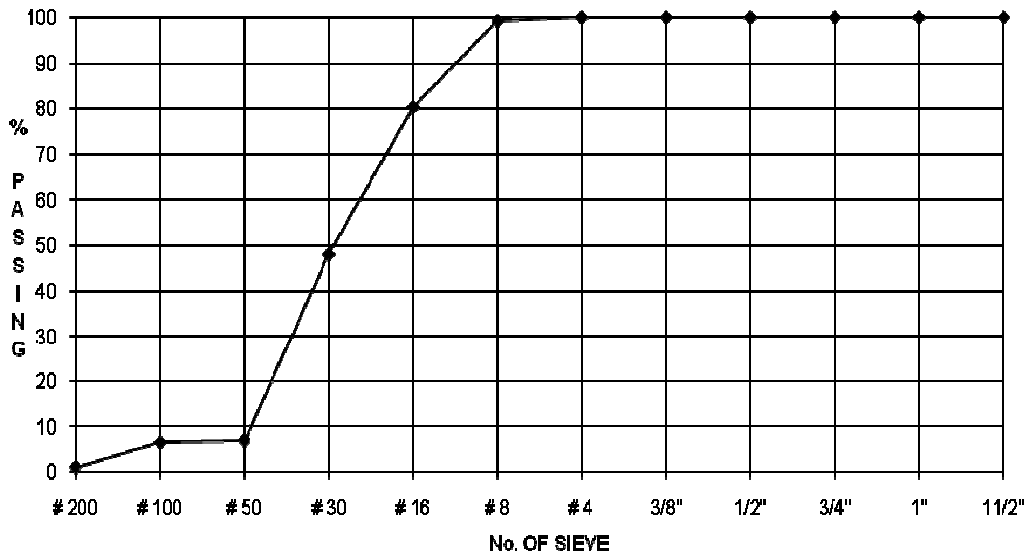
TOTAL = 1,000.0 Gr

SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 8	11.0	11.00	1.10	98.90		# 8	6.0	6.00	0.60	99.40	
# 16	190.0	201.00	20.10	79.90		# 16	185.0	191.00	19.10	80.90	
# 30	335.0	536.00	53.60	46.40		# 30	310.0	501.00	50.10	49.90	
# 50	400.0	936.00	93.60	6.40		# 50	425.0	926.00	92.60	7.40	
# 100	3.0	939.00	93.90	6.10		# 100	3.0	929.00	92.90	7.10	
# 200	51.0	990.00	99.00	1.00		# 200	60.0	989.00	98.90	1.10	
Pan	7.0	997.00	99.70	0.30		Pan	9.0	998.00	99.80	0.20	

Total 997

Total 998

GRADING CURVE





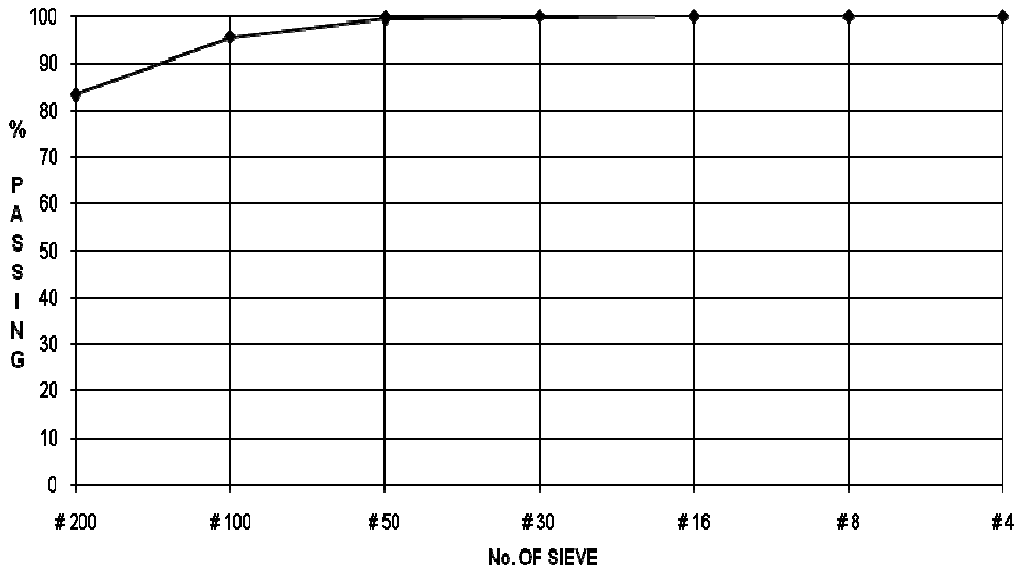
MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN

DOLOMIT

TOTAL = 250.0 Gr					TOTAL = 250.0 Gr						
c	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE	INDIVID U WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 8	0.0	0.00	0.00	100.00		# 8	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 16	0.0	0.00	0.00	100.00		# 16	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 30	1.0	1.00	0.10	99.90		# 30	1.0	1.00	0.10	99.90	
# 50	2.0	3.00	0.30	99.70		# 50	3.0	4.00	0.40	99.60	
# 100	30.0	33.00	3.30	96.70		# 100	35.0	39.00	3.90	96.10	
# 200	135.0	168.00	16.80	83.20		# 200	130.0	169.00	16.90	83.15	
Pan	80.0	248.00	24.80	75.20		Pan	75.0	244.00	24.40	75.60	
Total	248					Total	244				

GRADING CURVE





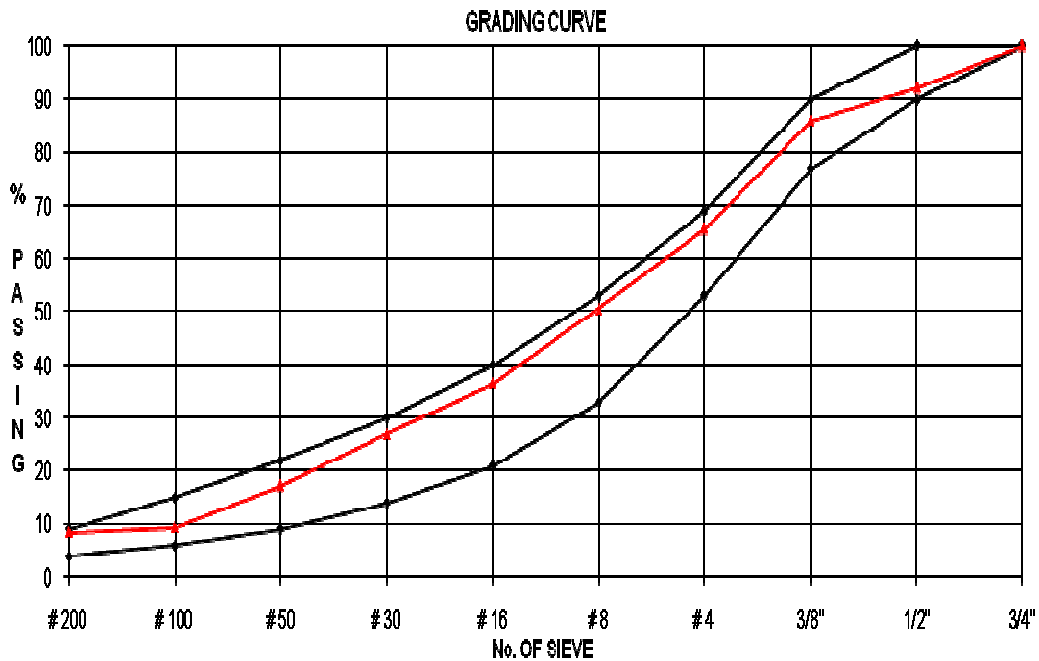
LABORATORIUM JALAN RAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan Telp. (061)6622400

ANALISA SARINGAN FILLER

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT		SIEVE SIZE	COMBINE GRADING					AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				3/4"	1/2"	cr	sand	Dolomit	
								13%	35%	35%	12%	5%	
1 1/2"					100	100	37.50	13.00	35.00	35.00	12.00	5	100.00
1"					100	100	25.40	13.00	35.00	35.00	12.00	5	100.00
3/4"					100	100	19.00	13.00	35.00	35.00	12.00	5	100.00
1/2"					90	100	12.50	5.09	35.00	35.00	12.00	5	92.09
3/8"					77	90	9.50	2.95	31.11	35.00	12.00	5	86.06
# 4					53	69	4.75	0.50	13.05	35.00	12.00	5	65.55
# 8					33	53	2.36	0.00	9.65	23.98	11.90	5	50.53
# 16					21	40	1.18	0.00	6.78	15.05	9.65	5	36.48
# 30					14	30	0.60	0.00	5.24	11.03	5.78	5.00	27.04
# 50					9	22	0.30	0.00	3.14	8.19	0.83	4.98	17.14
# 100					6	15	0.150	0.00	3.07	5.53	0.79	4.82	9.40
# 200					4	9	0.075	0.00	2.45	1.75	0.13	4.16	8.48





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

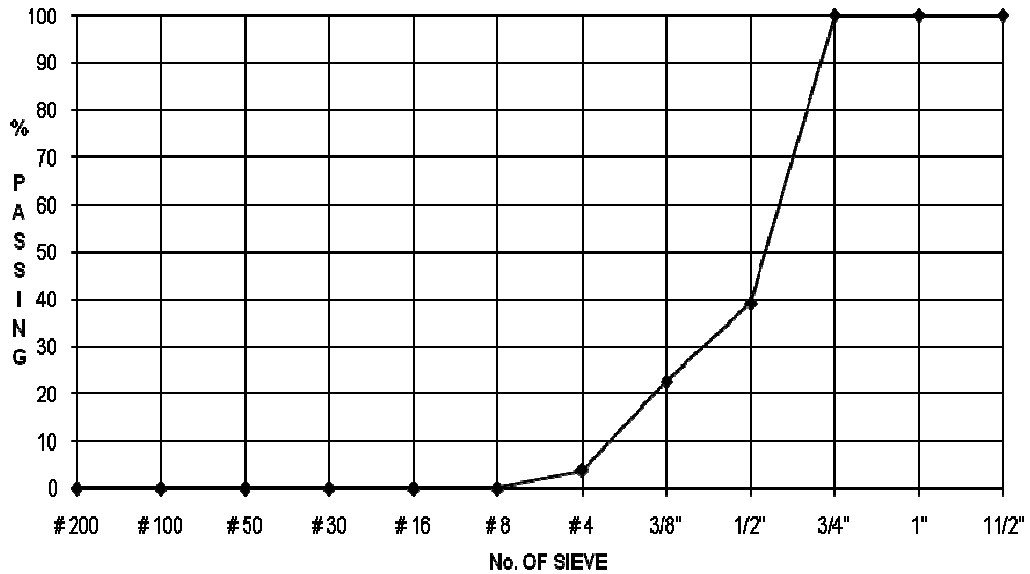
3/4"

TOTAL = 5,000.0 Gr					TOTAL = 5,000.0 Gr						
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.0	0.00	100.00	100.00	
3/4"	0.00	0.0	0.00	100.00		3/4"	0.0	0.00	100.00	100.00	
1/2"	3,150.0	3,150.0	63.00	37.00		1/2"	2,938.0	2,938.0	58.76	41.24	39.12
3/8"	910.00	4,060.0	81.20	18.80		3/8"	730.0	3,668.0	73.36	26.64	22.72
# 4	778.00	4,838.0	96.76	3.24		# 4	1,111.0	4,779.0	95.58	4.42	3.83
# 8	0.00	0.0	0.00	0.00		# 8	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
# 16		0.0	0.00	0.00		# 16		0.0	0.00	0.00	0.00
# 30		0.0	0.00	0.00		# 30		0.0	0.00	0.00	0.00
# 50		0.0	0.00	0.00		# 50		0.0	0.00	0.00	0.00
# 100		0.0	0.00	0.00		# 100		0.0	0.00	0.00	0.00
# 200		0.0	0.00	0.00		# 200		0.0	0.00	0.00	0.00

Total 4838

Total 4779

GRADING CURVE





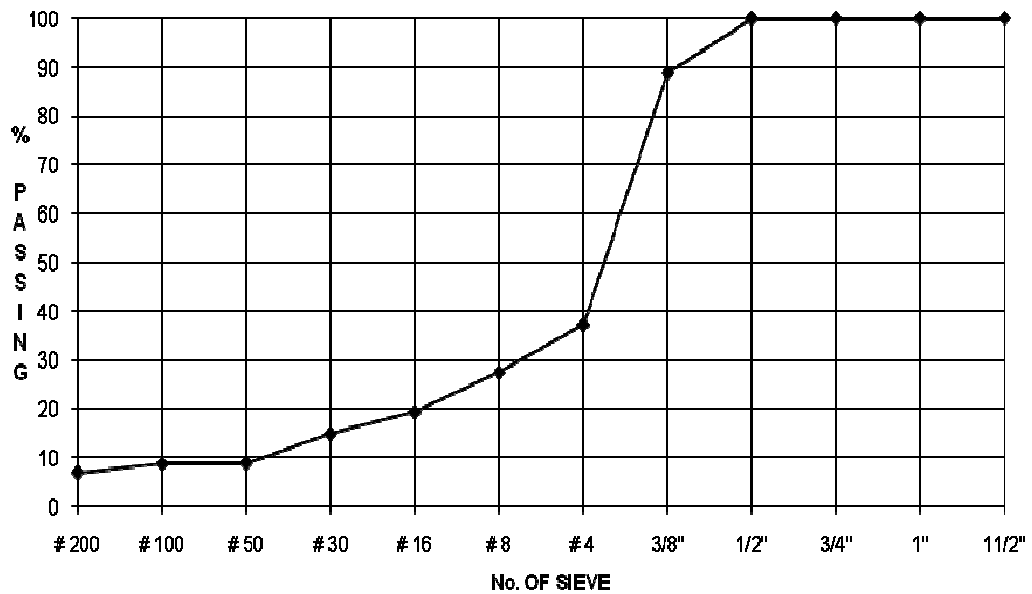
MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

1/2"

SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"	325.0	325.0	13.00	87.00		3/8"	495.0	495.0	19.80	80.20	83.60
# 4	1,345	1,670	66.80	33.20		# 4	1,235	1,730	69.20	30.80	32.00
# 8	270.0	1,940	77.60	22.40		# 8	215.0	1,945	77.80	22.20	22.30
# 16	235.0	2,175	87.00	13.00		# 16	175.0	2,120	84.80	15.20	14.10
# 30	95.0	2,270	90.80	9.20		# 30	125.0	2,245	89.80	10.20	9.70
# 50	120.0	2,390	95.60	4.40		# 50	180.0	2,425	97.00	3.00	3.70
# 100	4.0	2,394	95.76	4.24		# 100	6.0	2,431	97.24	2.76	3.50
# 200	52.0	2,446	97.84	2.16		# 200	37.0	2,468	98.72	1.28	1.72
Pan	51.0	2,497	99.88	0.12		Pan	30.0	2,498	99.92	0.08	0.10
Total	2497					Total	2498				

GRADING CURVE





MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

Cr

TOTAL = 500 Gr

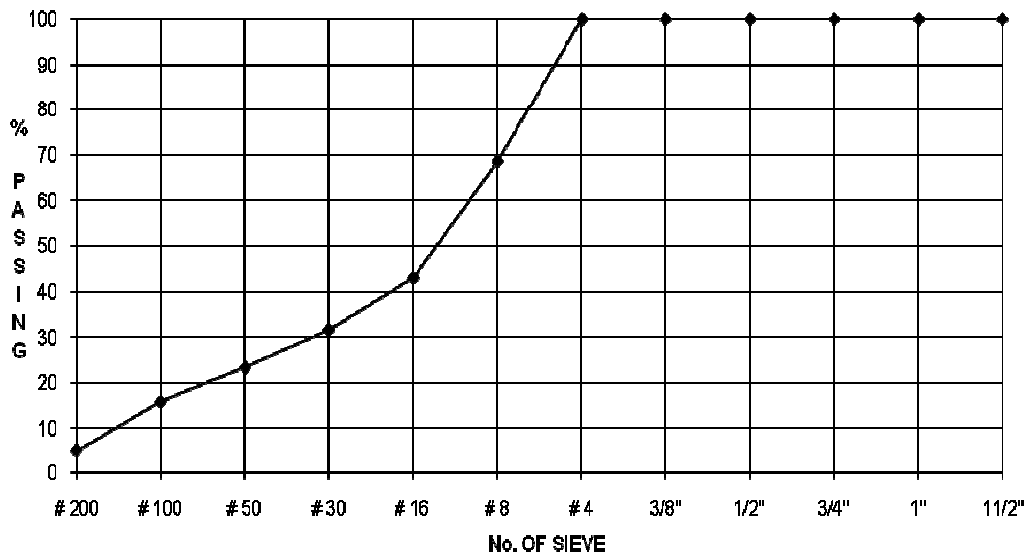
TOTAL = 500 Gr

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"		0.00	0.00	100.00	100.00
1"		0.00	0.00	100.00		1"		0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"		0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"		0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"		0.00	0.00	100.00	100.00
# 4	0	0.00	0.00	100.00		# 4	0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 8	160.00	160.00	32.00	68.00		# 8	155.0	155.00	31.00	69.00	68.50
# 16	125.00	285.00	57.00	43.00		# 16	130.0	285.00	57.00	43.00	43.00
# 30	55.00	340.00	68.00	32.00		# 30	60.0	345.00	69.00	31.00	31.50
# 50	41.00	381.00	76.20	23.80		# 50	40.0	385.00	77.00	23.00	23.40
# 100	38.00	419.00	83.80	16.20		# 100	38.0	423.00	84.60	15.40	15.80
# 200	53.00	472.00	94.40	5.60		# 200	55.0	478.00	95.60	4.40	5.00
Pan	25	497.00	99.40	0.60		Pan	20.0	498.00	99.60	0.40	0.50

Total 497

Total 498

GRADING CURVE





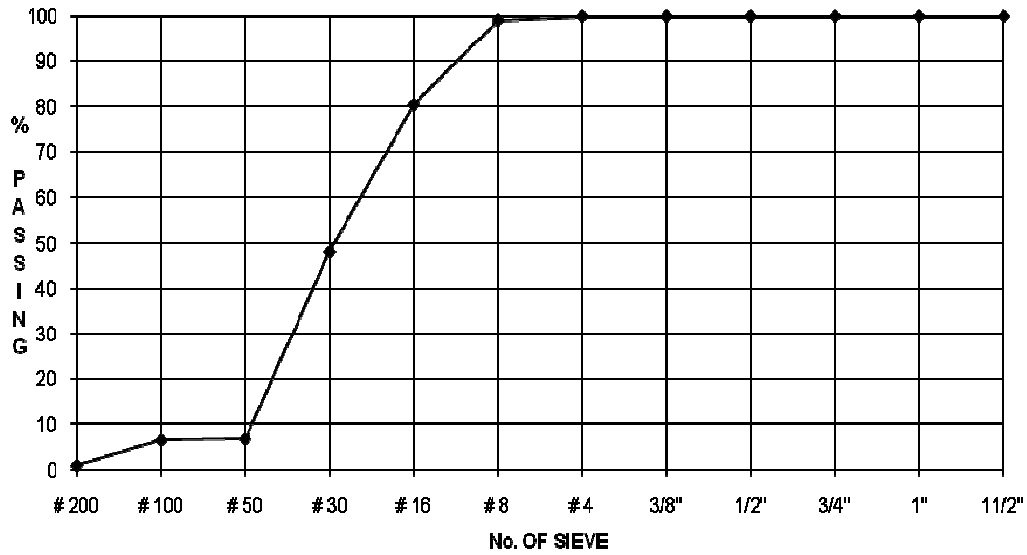
MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN FILLER

Sand

TOTAL = 1,000.0 Gr					TOTAL = 1,000.0 Gr						
SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVID U WT. RET.	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	100.00	100.00	
# 8	11.0	11.00	1.10	98.90		# 8	6.0	6.00	99.40	99.15	
# 16	190.0	201.00	20.10	79.90		# 16	185.0	191.00	80.90	80.40	
# 30	335.0	536.00	53.60	46.40		# 30	310.0	501.00	49.90	48.15	
# 50	400.0	936.00	93.60	6.40		# 50	425.0	926.00	7.40	6.90	
# 100	3.0	939.00	93.90	6.10		# 100	3.0	929.00	92.90	7.10	
# 200	51.0	990.00	99.00	1.00		# 200	60.0	989.00	98.90	1.10	
Pan	7.0	997.00	99.70	0.30		Pan	9.0	998.00	99.80	0.25	
Total	997					Total	998				

GRADING CURVE





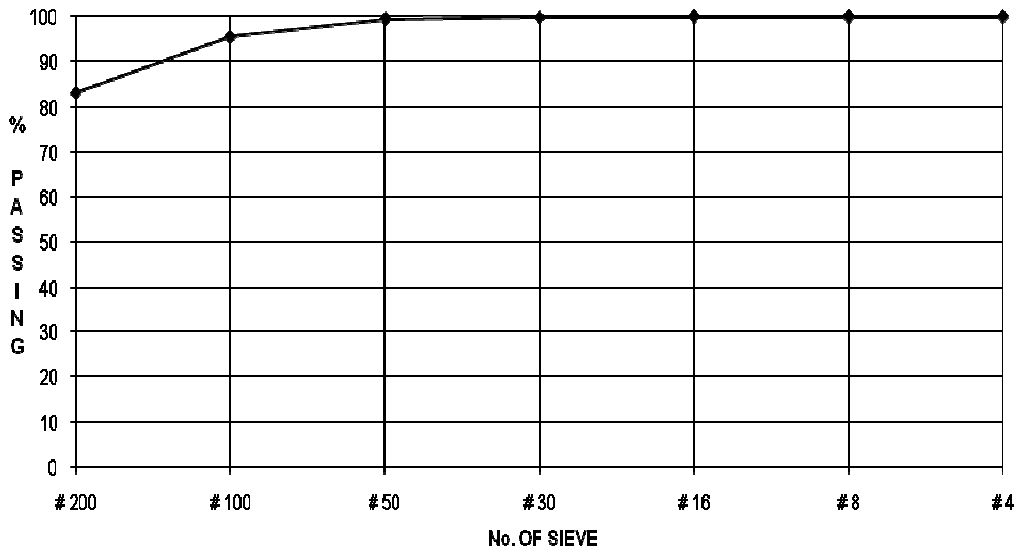
MARWAN SYAHPUTRA
1307210195

ANALISA SARINGAN

DOLOMIT

TOTAL = 250.0 Gr					TOTAL = 250.0 Gr						
c	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE	INDIVID U WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
11/2"		0.00	0.00	100.00		11/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1"		0.00	0.00	100.00		1"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/4"		0.00	0.00	100.00		3/4"	0.00	0.00	100.00	100.00	
1/2"		0.00	0.00	100.00		1/2"	0.00	0.00	100.00	100.00	
3/8"		0.00	0.00	100.00		3/8"	0.00	0.00	100.00	100.00	
# 4	0.0	0.00	0.00	100.00		# 4	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 8	0.0	0.00	0.00	100.00		# 8	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 16	0.0	0.00	0.00	100.00		# 16	0.0	0.00	0.00	100.00	
# 30	1.0	1.00	0.10	99.90		# 30	1.0	1.00	0.10	99.90	
# 50	2.0	3.00	0.30	99.70		# 50	3.0	4.00	0.40	99.60	
# 100	30.0	33.00	3.30	96.70		# 100	35.0	39.00	3.90	96.10	
# 200	135.0	168.00	16.80	83.20		# 200	130.0	169.00	16.90	83.10	
Pan	80.0	248.00	24.80	75.20		Pan	75.0	244.00	24.40	75.40	
Total	248					Total	244				

GRADING CURVE



SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Absorpsi) ASTM C 127	LAB NO. (No Surat) :
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn) : 25 juni 2018 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 25 juni 2018

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Agregat Kasar
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

COARSE AGGREGATE (<i>Agregat Kasar</i>) 3/4"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Benda Uji Kering Oven (Bk)	2918	2920	2919
Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (Bj)	2937	2930	2934
Benda Uji Dalam Air (Ba)	1876	1810	1843
Berat Jenis (Bulk) <i>Bk</i> $/(Bj - Ba)$	2.75	2.64	2.69
Berat Jenis Permukaan Kering <i>Bj</i> $/(Bj - Ba)$	2.80	2.63	2.72
Berat Jenis Semu (Apparent) <i>Bk</i> $/(Bk - Ba)$	2.77	2.62	2.69
Penyerapan (Absorption) $[(Bj - Bk) / Bk] x 100%$	0.65	0.34	0.50

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Absorpsi) ASTM C 127	LAB NO. (No Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn : 25 juni 2018 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 25 juni 2018
---	---

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Agregat Kasar
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

COARSE AGGREGATE (Agregat Kasar) 1/2"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Benda Uji Kering Oven (Bk)	1899	1890	1895
Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (Bj)	1910	1917	1913.5
Benda Uji Dalam Air (Ba)	1158	1125	1141.5
Berat Jenis (Bulk) ($B_j - B_a$)	$B_k /$ 2.58	2.51	2.54
Berat Jenis Permukaan Kering ($B_j - B_a$)	$B_j /$ 2.56	2.47	2.52
Berat Jenis Semu (Apparent) ($B_k - B_a$)	$B_k /$ 2.54	2.42	2.48
Penyerapan (Absorption) $[(B_j - B_k) / B_k] \times 100\%$	0.58	1.43	1.00

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi) ASTM C 128	LAB NO. (No Surat)
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn) : 25 Juni 2018
	TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : 25 Juni 2018

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	pasir
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	1	2	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	494	496	495
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	670	672	671
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	955	965	960
Berat Jenis (Bulk) Bk / (B + A - Bt)	2.30	2.40	2.35
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh A / (B + A - Bt)	2.39	2.46	2.43
Berat jenis contoh Semu Bk / (B + Bk - Bt)	2.36	2.44	2.40
Absorption (A - Bk) / Bk x 100 %	1.20	0.80	1.00

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi) ASTM C 128	LAB NO. (No Surat)	:
	SAMPLING DATE	:
	(Tgl. Pengambilan Bhn)	: 27 Juli 2018
	TESTING DATE	:
	(Tgl. Percobaan)	: 27 Juli 2018

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	Binjai
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	Abu Batu
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	495	494	494.5
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	670	671	670.5
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	971	972	971.5
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2.49	2.48	2.48
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2.58	2.59	2.58
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.55	2.56	2.56
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	1.00	1.20	1.10

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi) ASTM C 128	LAB NO. (No Surat)	:
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan Bhn)	: 27 Juli 2018
	TESTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 27 Juli 2018

SOURCES OF SAMPLE (Asal Contoh)	medan tembung
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	kapur dolomit
PURPOSE MATERIAL (Guna Material)	Job Mix Formula

FINE AGGREGATE (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	492	490	491
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	693	695	694
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	1010	1013	1012
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2.69	2.69	2.69
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2.86	2.91	2.88
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2.81	2.85	2.83
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	1.60	2.00	1.80



LABORATORIUM JALAN RAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Kapten Mulharta Basri No. 3 Medan Telp. (061)6622400



**PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE
MARSHALL METHOD SNI 06 - 2489 -1991**

Contron	AC-W/C	Peramina 60/70	CAMPURAN FILLER	+	0.316	No		Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal	Bj Gabung								
						1	2																
Aspal Kalibrasi Prov Tanggal	7.993 x	1.194.0	1.205.0	660.0	545.0	1	2.191	2.346	11.639	6.504	17.832	62.965	5.306	112	862	782	2.45	319.04	0.19				
						2	2.199	2.346	11.684	6.245	17.516	64.349	5.306	119	916	839	2.40	340.66	0.19				
						3	2.192	2.346	11.642	6.574	18.217	63.911	5.306	103	793	724	2.43	297.89	5.50				
						5.5	1.190.0	1.205.0	662.0	543.0	2.194	2.346	11.655	6.474	17.855	63.741	5.306	110	847	801	3.05	262.52	0.19
						6.0	1.195.0	1.207.0	676.0	531.0	2.250	2.330	13.042	3.419	16.042	78.687	5.807	115	885	843	3.10	271.95	0.19
6.0	1.190.0	1.204.0	675.0	529.0	2.250	2.330	13.027	3.560	16.096	79.029	5.807	105	808	775	3.00	258.42	6.00						
6.0	1.189.0	1.204.0	673.0	531.0	2.244	2.330	13.006	3.588	16.415	77.597	5.807	121	931	887	4.40	201.59	0.19						
6.5	1.190.0	1.206.0	674.0	532.0	2.237	2.315	14.044	3.365	16.994	80.197	6.308	120	923	877	4.35	201.51	0.19						
6.5	1.190.0	1.203.0	670.0	533.0	2.233	2.315	14.017	3.547	17.564	79.808	6.308	121	931	881	4.30	204.82	6.50						
6.5	1.189.0	1.204.0	670.0	534.0	2.227	2.300	15.055	3.172	17.816	82.194	6.809	117	900	849	4.40	197.87	0.19						
7.0	1.190.0	1.208.0	671.0	537.0	2.216	2.300	14.983	3.632	18.207	80.049	6.809	111	854	797	4.50	177.03	0.19						
7.0	1.189.0	1.204.0	671.0	533.0	2.231	2.300	15.083	3.291	18.074	83.452	6.809	110	847	801	4.35	184.07	7.00						
7.0	1.190.0	1.206.0	669.0	537.0	2.224	2.300	15.040	3.265	18.032	81.899	6.809	116	883	832	4.50	188.00	0.19						
7.5	1.192.0	1.207.0	670.0	537.0	2.220	2.285	16.080	3.337	18.510	84.675	7.310	115	885	825	4.30	191.94	0.19						
7.5	1.190.0	1.205.0	670.0	535.0	2.224	2.285	16.113	3.637	18.751	85.936	7.310	112	862	809	4.35	186.09	7.50						
7.5					2.220	2.285	16.082	3.634	18.536	84.841	7.310			822	4.38	187.68	2.627						

Keterangan
a = % aspal terhadap batuan
b = % aspal terhadap campuran
c = berat sample kering (gr)
d = berat sample jenuh (gr)
e = berat sample dalam air (gr)
f = volume sample (cc) = d - e
g = berat isi sample (gr/cc) = c/f

h = berat jenis maksimum

$$\frac{100}{\frac{\% agregat}{b} + \frac{\% aspal}{aj}}$$

i = % volume aspal = (b x g) / bj aspal
j = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat
k = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)
l = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

m = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / l
n = kadar aspal efektif
o = pembacaan arloji stabilitas
p = kalibrasi proving ring
q = stabilitas akhir
r = kelelahan (mm)
s = marshall quotient = q/r



LABORATORIUM JALAN RAYA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Kapten Mukhar Basri No. 3 Medan Telp. (061)6622400



**PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE
MARSHALL METHOD SNI 06 - 2489 -1991**

Contoh	AC-W/C	No	Material	Pesen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal		s	t							
									1,035	Bulk									
Aspal Agregat Kalibrasi Prov Tanggal	Pertamina 60/70 CAMPURAN FILLER 7,693 x +	0,316																	
													1	Coarse Aggregate 3/4"	13%	2,695	2,716	2,692	2,694
													2	Medium Aggregate 1/2"	35%	2,542	2,517	2,480	2,511
													3	Crusher Dust	35%	2,651	2,688	2,754	2,702
													4	Natural Sand	12%	2,485	2,584	2,556	2,520
5	Filler	5%	2,690	2,882	2,830	2,760													
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
1	5,8	1.189,0	1.205,0	650,0	555,0	2.160	2.304	11.477	82.707	6.239	17.293	63.922	5.297	125	962	843	2.35	358,67	0,20
2	5,5	1.200,0	1.205,0	651,0	554,0	2.166	2.304	11.507	82.925	5.991	17.075	64.910	5.297	145	1.116	981	2,45	400,42	0,20
3	5,5	1.199,0	1.204,0	650,0	554,0	2.164	2.304	11.498	82.856	6.070	17.567	65.448	5.297	147	1.131	995	2,50	397,83	5,50
5	5,5					2.164	2.304	11.494	82.829	6.100	17.312	64.760	5.297	939	2,43	385,64	1,968		
1	6,4	1.190,0	1.195,0	651,0	544,0	2.188	2.289	12.677	83.303	4.446	16.697	73.375	5.798	120	923	840	2,86	293,84	0,20
2	6,0	1.191,0	1.197,0	652,0	545,0	2.185	2.289	12.665	83.220	4.541	16.780	72.940	5.798	130	1.000	907	3,10	292,55	0,20
3	6,0	1.189,0	1.194,0	650,0	544,0	2.186	2.289	12.667	82.807	4.526	17.193	73.676	5.798	146	1.123	1.022	3,00	340,80	6,00
6,0						2.186	2.289	12.670	83.110	4.504	16.890	73.330	5.798	923	2,99	309,10	2,134		
1	6,9	1.187,0	1.192,0	657,0	535,0	2.219	2.275	13.930	84.041	2.459	15.959	84.594	6.300	130	1.000	940	4,30	218,50	0,20
2	6,5	1.188,0	1.194,0	660,0	534,0	2.225	2.275	13.968	84.269	2.194	15.731	86.055	6.300	125	982	907	4,40	206,05	0,20
3	6,5	1.188,0	1.193,0	653,0	540,0	2.200	2.275	13.812	82.907	3.280	17.093	80.808	6.300	128	985	909	4,50	201,99	6,50
6,5						2.214	2.275	13.903	83.739	2.644	16.261	83.819	6.300	977	989	889	4,40	208,85	2,300
1	7,5	1.187,0	1.195,0	651,0	544,0	2.182	2.260	14.753	82.209	3.458	17.791	80.562	6.801	127	977	889	4,40	202,13	0,20
2	7,0	1.185,0	1.190,0	650,0	540,0	2.194	2.260	14.837	82.678	2.907	17.322	83.217	6.801	122	939	866	4,54	190,83	0,20
3	7,0	1.186,0	1.191,0	651,0	540,0	2.186	2.260	14.880	82.325	2.925	17.675	84.016	6.801	127	977	902	4,55	198,21	7,00
7,0						2.191	2.260	14.813	82.404	3.064	17.596	82.598	6.801	117	900	834	4,50	197,06	2,466
1	8,1	1.191,0	1.196,0	657,0	539,0	2.210	2.246	16.007	82.803	1.613	17.197	90.623	7.302	117	900	834	4,69	177,28	0,20
2	7,5	1.182,0	1.197,0	656,0	541,0	2.203	2.246	15.962	82.567	1.894	17.433	89.136	7.302	993	913	4,72	193,41	0,20	
3	7,5	1.193,0	1.199,0	650,0	549,0	2.173	2.246	15.742	81.015	3.242	18.985	82.920	7.302	131	1.008	902	4,60	196,01	7,50
7,5						2.195	2.246	15.904	82.128	2.250	17.872	87.560	7.302	883	4,67	189,07	2,632		

Keterangan

a = % aspal terhadap batuan

b = % aspal terhadap campuran

c = berat sample kering (gr)

d = berat sample jenuh (gr)

e = berat sample dalam air (gr)

f = volume sample (cc) = d - e

g = berat isi sample (gr/cc) = c/f

h = berat jenis maksimum

$$\frac{100}{\frac{\% agregat}{b} + \frac{\% aspal}{a}}$$

i = % volume aspal = (b x g) / bj aspal

j = % volume agregat = ((100 - b) x g) / bj agregat

k = % rongga terhadap campuran = 100 - ((100 x g) / h)

l = % rongga terhadap agregat = 100 - ((g x b) / bj agregat)

m = % rongga terisi aspal = 1000 x (l - k) / i

n = kadar aspal efektif

o = pembacaan arloji stabilitas

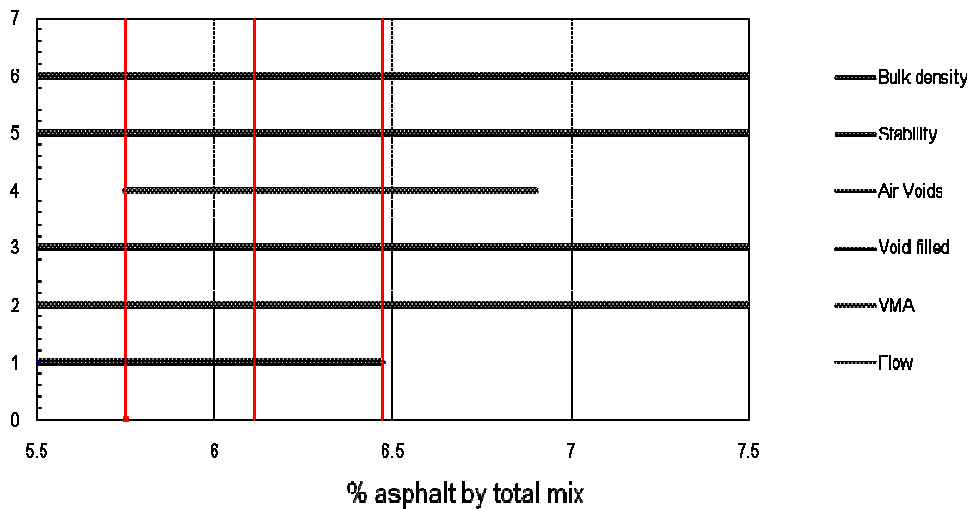
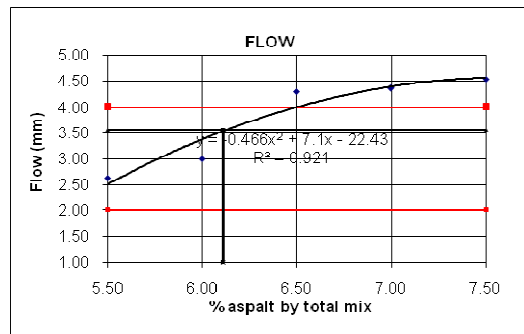
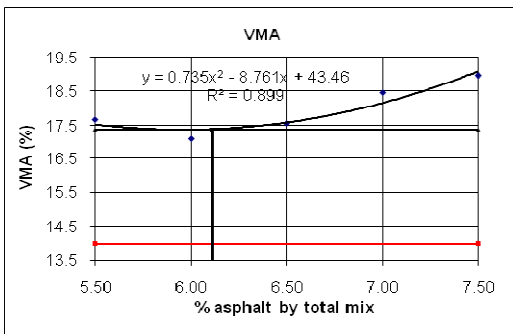
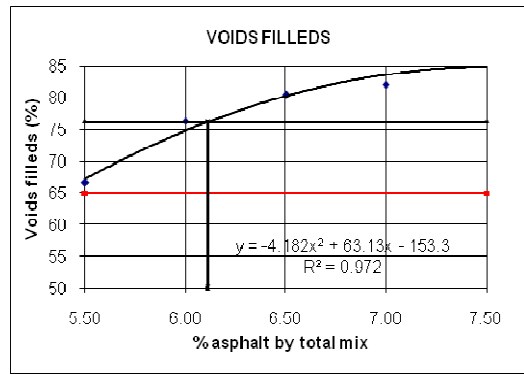
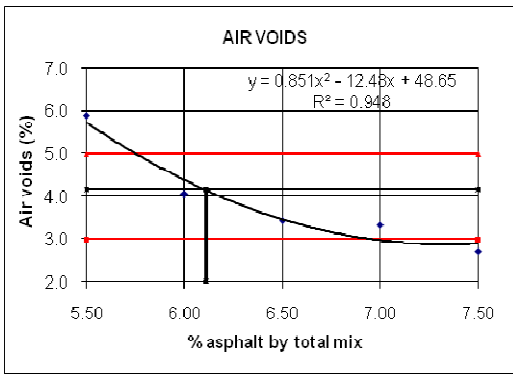
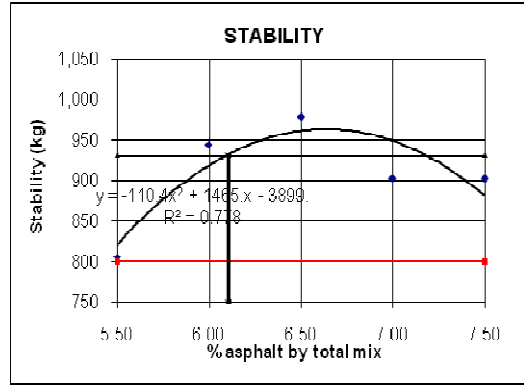
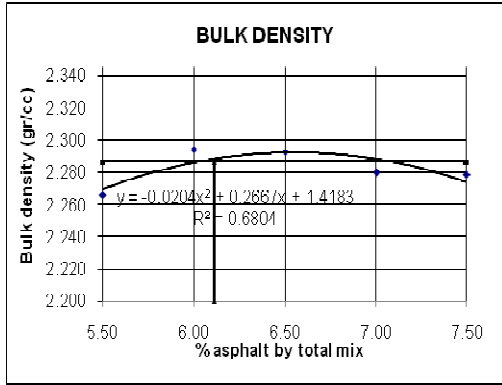
p = kalibrasi proving ring

q = stabilitas akhir

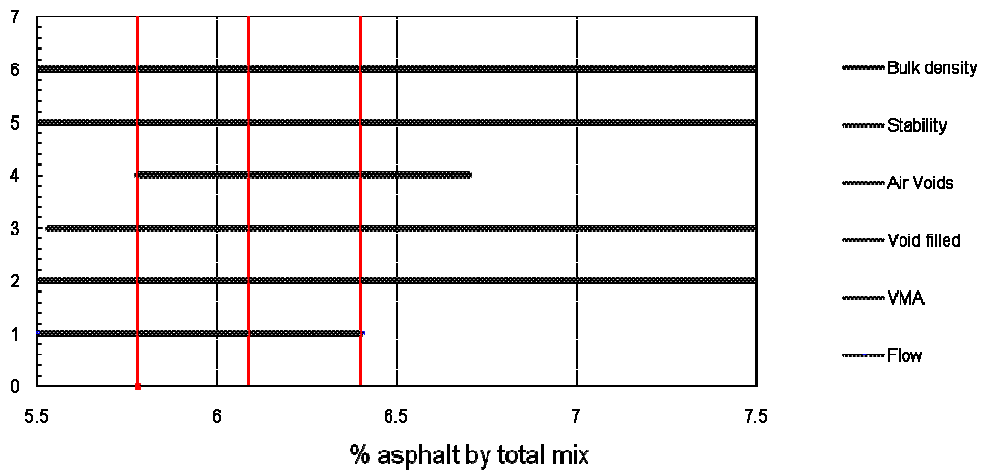
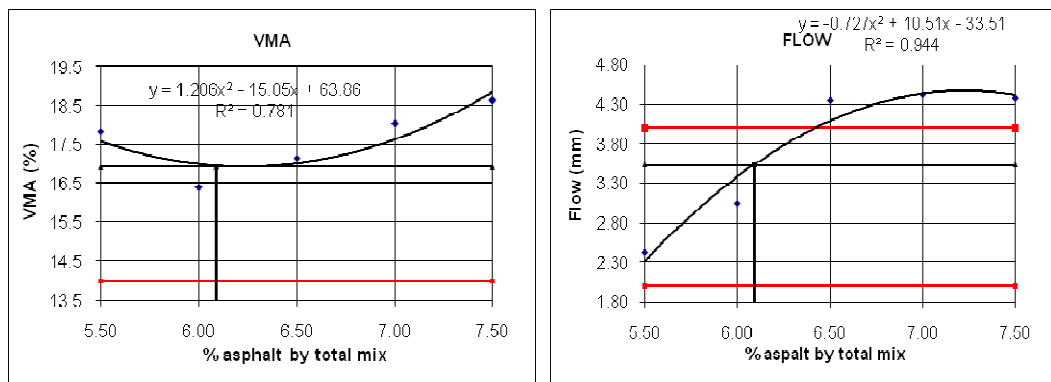
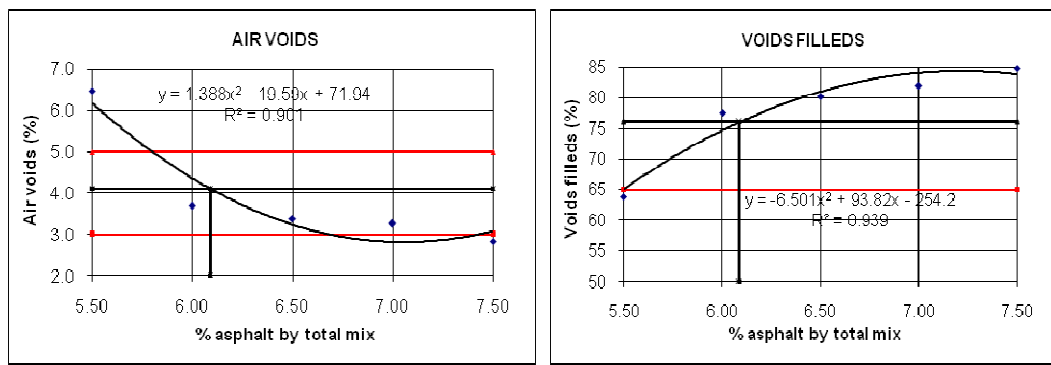
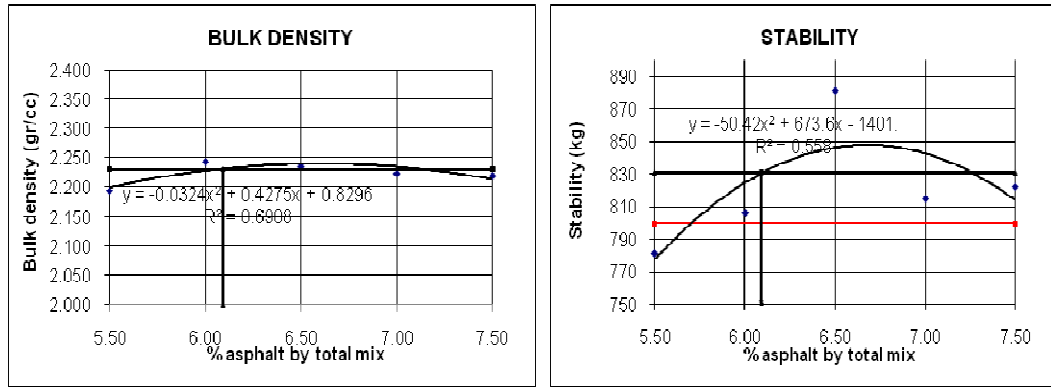
r = keuletan (mm)

s = marshall quotient = q/r

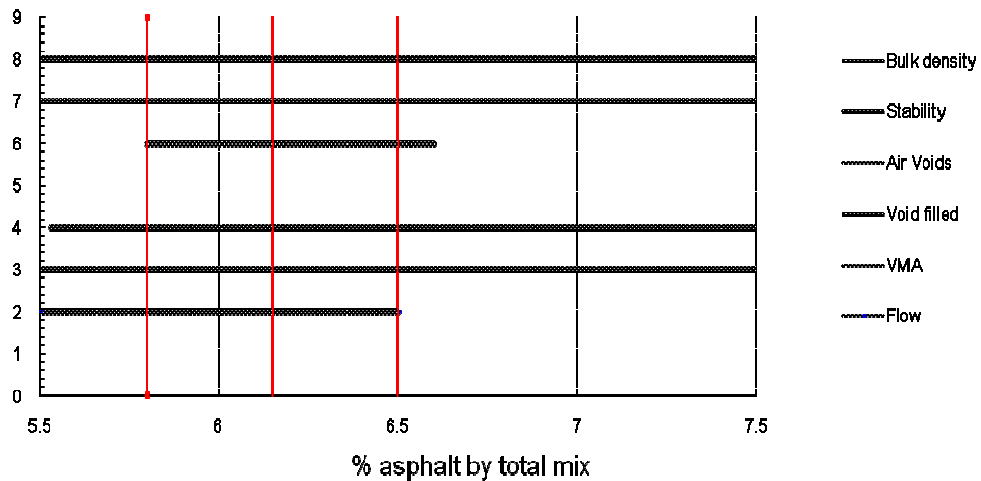
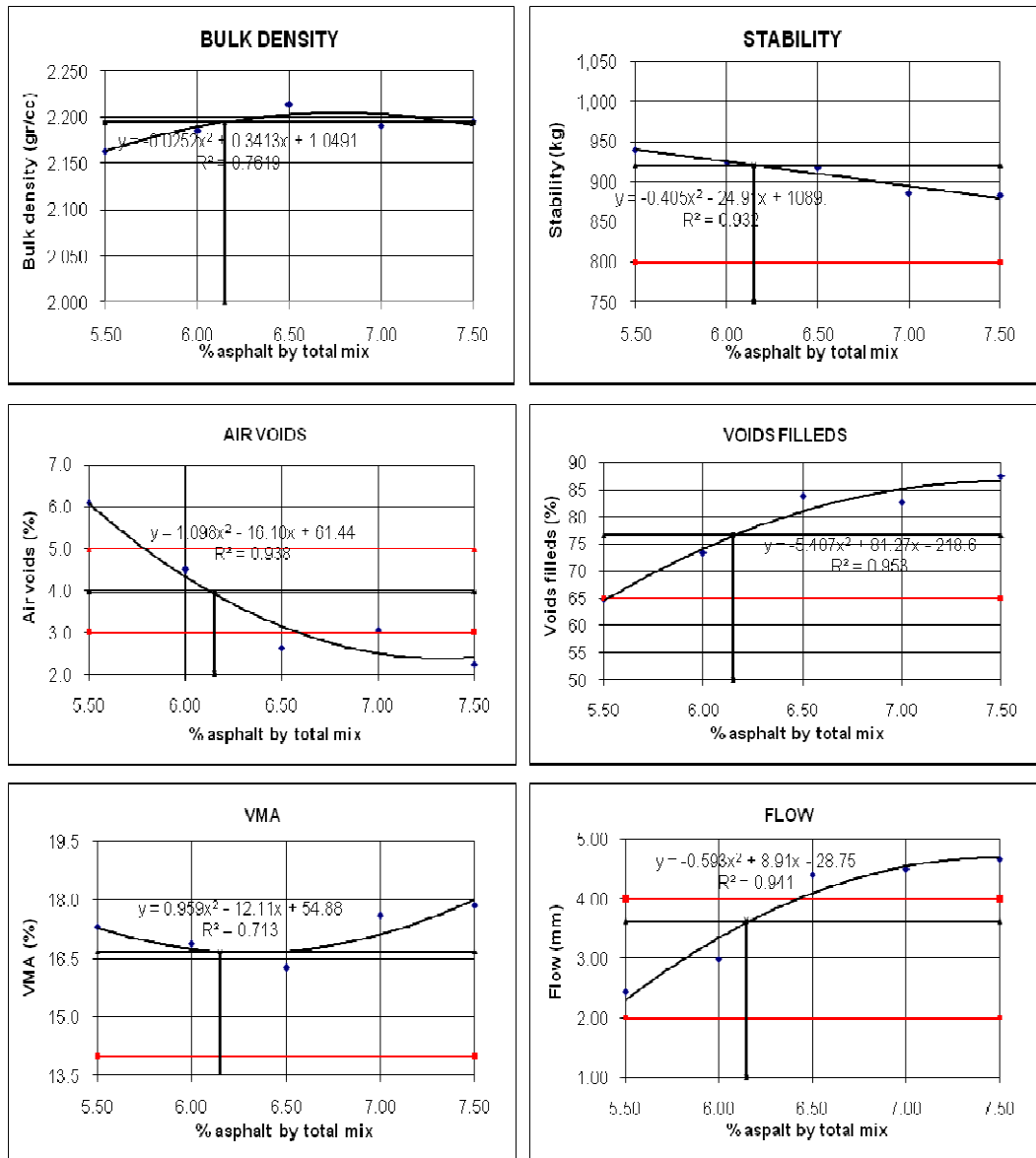
GRAFIK HASIL UJI KARAKTERISTIK MARSHALL ASPAL NORMAL



GRAFIK HASIL UJI KARAKTERISTIK MARSHALL ASPAL FILLER 3 %



GRAFIK HASIL UJI KARAKTERISTIK MARSHALL ASPAL FILLER 5 %





Memanaskan agregat yang telah dicampur aspal



menimbang agregat dan aspal



mengukur temperature suhu panas aspal



mengukur temperature panas agregat

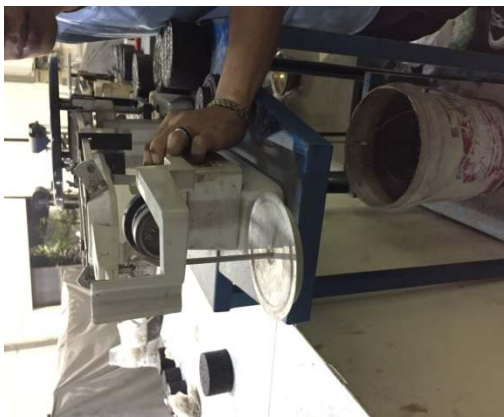
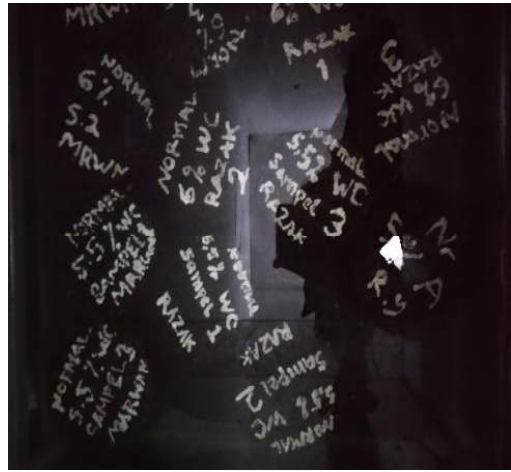


memadatkan benda uji (compeck)



memadatkan benda uji (compeck)







Mengukur temperatur panas water bath



merendam benda uji dengan water bath

Memasukkan benda uji di marshall



Uji kuat tekan marshall pada benda uji



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Marwan Syahputra
Panggilan : Marwan
Tempat, Tanggal Lahir : Rimo, 07 Januari 1994
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Alamat KTP : Rimo, Kecamatan Gunung Meriah Aceh Singkil
No. HP : 081248405130
E-mail : msyahputra0107@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1307210195
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Sipil
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD NEGERI 1 GUNUNG MERIAH	2006
2	SMP	SMP NEGERI 1 GUNUNG MERIAH	2009
3	SMA	SMA SWASTA MUHAMMADIYAH GUNUNG MERIAH	2012
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 Sampai Selesai.		



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MARWAN SYAHPUTRA
NPM : 1307210195
JUDUL : KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT
CONCRATE WEARING COURSE (AC WC) DENGAN
BAHAN PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
4/5 2018	- lengkapi bahan-bahan yang akan digunakan - lengkapi sumber bahan yang digunakan	cf.
7/6 2018	Periksa propoties bahan - gradasi agregat - baut jenis penyempitan	cf.
20/6 2018	Periksa gradasi campuran, sesuaikan dengan spesifikasi dan jenis campuran	cf.

DOSEN PEMBIMBING I

(MUHAMMAD HUSIN GULTOM, S.T.,M.T.)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapt. Muhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MARWAN SYAHPUTRA
NPM : 1307210195
JUDUL : KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT
CONCRETE WEARING COURSE (AC WC) DENGAN BAHAN
PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT

TANGGAL	KETRANGAN	PARAF
$\frac{8}{7}$ 2018	Stephan bahan untuk pembuatan laporan uji	
$\frac{24}{12}$ 2018	Ace seminar	

DOSEN PEMBIMBING I

(MUHAMMAD HUSIN GULTOM, ST, MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MARWAN SYAHPUTRA
NPM : 1307210195
JUDUL : KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT
CONCRATE WEARING COURSE (AC WC) DENGAN BAHAN
PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
20/07/18	- ISTILAH ASING - PENJELASAN LABEL, EMASIF, EMASIFER - BUNTI KATA PENGANTAR - SPASI SESUAI PEDOTAF - KEMERINTAH KEM. KESOSIAL	
20/08-18	- Spasi - Istilah asing - Menuliskan par, abr, tabel ikut pedoman penulisan	
20/11-2018	Menyebutkan rumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi kesimpulan & saran	

DOSEN PEMBIMBING II

(RHINI WULANDARY, ST, MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kap. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MARWAN SYAHPUTRA
NPM : 1307210195
JUDUL : KARAKTERISTIK MARSHAL CAMPURAN ASPHALT
CONCRATE WEARING COURSE (AC WC) DENGAN BAHAN
PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT

TANGGAL	KETRANGAN	PARAF
	<ul style="list-style-type: none">harus sintron- penulisan tabel, gambar, spasi sesuai dgn pedoman penulisan- lampir kesimpulannya, abstrak- lengkapi dengan isi, tabel dst	
20/12-18	<ul style="list-style-type: none">- susunlah grafik, tabel, gambar- matriks- abstrak masalah latar belakang, tujuan, metodologi, penyajian	

DOSEN PEMBIMBING II

(RIINI WULANDARY, ST, MT)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapt. Mukhtar Basri BA, No. 3 Medan

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : MARWAN SYAHPUTRA
NPM : 1307210195
JUDUL : KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPHALT
CONCRATE WEARING COURSE (AC WC) DENGAN BAHAN
PENGISI FILLER KAPUR DOLOMIT




TANGGAL	KETRANGAN	PARAF
10/01-13	- Keterangan di bawah gambar perantara - Daftar Postaka Aka senior	

DOSEN PEMBIMBING II

(RHINI WULANDARY, ST, MT)

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 - 2019**


Peserta Seminar
 Nama : Marwan Syahputra
 NPM : 1307210195
 Judul Tugas Akhir : Karakteristik marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Ke-Pur Delemit.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing - I : M.Husni Gultom.S.T.M.T 
Pembimbing - II : Rhini Wulandary S.T.M.T
Pembanding - I : Hilma Dewati S.T.M.Si Ir. Zulkarnaen, MT 
Pembanding - II : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 27 Jun Akhir 1440 H
04 Maret 2019 M

Ketua Prodi. T Sipil


DR.Fahrizal Zulkarnaen.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Marwan Syahputra
NPM : 1407210195
Judul T.Akhir : Karakteristik Marshall Campuran Aspal Concrete Wearing -
Course (AC- WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Kapur Polomit.

Dosen Pembimbing - I : M.Husin Gultom.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Rhini Wulan Dary.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Dosen Pembanding - II : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

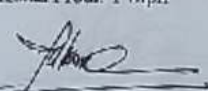
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dupul mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:
..... Analisis data Perbaikan
..... Luasan Perbaikan
..... Gambar Aspal
..... Daftar Isi
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

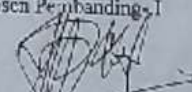
Ace M. H.

Medan 27 Jum. Akhir 1440H
04 Maret 2019 M.

Diketahui :
Ketua Prodi. T Sipil


Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding. I


Hj. Irma Dewi.S.T.M.Si
Ir. Zurriyah, MT.

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Marwan Syahputra
NPM : 1407210195
Judul T. Akhir : Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing -
Course (AC- WC) Dengan Bahan Pengisi Filler Kapur Polomit.

Dosen Pembimbing - I : M.Husin Gultom.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Rhini Wulan Dary.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Dosen Pembanding - II : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collegium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collegium) setelah selesai melaksanakan perbaikan lainnya.

Perbaikan :
- *Korupsi*
- *Salah Label*
- *Salah Tabung*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Perbaikan :
- *Ases*
- *Ukuran*
- *Aspal*
- *Salah*
- *Salah*

Medan 27 Juni, Ashir 1440H
04 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T Sipil

Fahrizal Zulkarnain
Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding- II

Fahrizal Zulkarnain
DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc