

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERAT SERABUT KELAPA DENGAN SERAT DAUN NANAS SEBAGAI BAHAN PENAMBAH SERAT SELULOSA PADA CAMPURAN *SPLIT* *MASTIC ASPHALT* (SMA) (*Studi Penelitian*)

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

Disusun Oleh:

DEVI RIZKI WULAN OKTAVIANI
NPM. 1507210105



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 Muchtar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Devi Rizki Wulan Oktaviani
NPM : 1507210105
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dengan Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Penambah Serat Selulosa Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)
Bidang ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I

Mhd. Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II

Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Devi Rizki Wulan Oktaviani

NPM : 1507210105

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dengan Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Penambah Serat Selulosa Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) (*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, September 2019

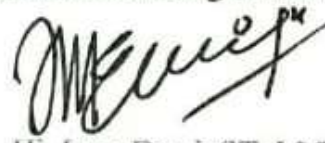
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Dosen Pembimbing II / Penguji



Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Dosen Pembanding I / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Dosen Pembanding II / Penguji

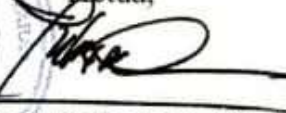


Ir. Hj. Zurkiyah M.T



Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Devi Rizki Wulan Oktaviani

Tempat /Tanggal Lahir : Diski / 12 Oktober 1997

NPM : 1507210105

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dengan Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Penambah Serat Selulosa Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)”

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 ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan 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, September 2019

Saya yang menyatakan,



Devi Rizki Wulan Oktaviani

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN SERAT SERABUT KELAPA DENGAN SERAT DAUN NANAS SEBAGAI BAHAN PENAMBAH SERAT SELULOSA PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) (*Studi Penelitian*)

Devi Rizki Wulan Oktaviani

1507210105

Muhammad Husin Gultom, ST, MT

Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah suatu lapisan permukaan tipis, mempunyai ketahanan yang baik terhadap alur (*rutting*) dan mempunyai durabilitas yang tinggi sehingga SMA cocok digunakan untuk lapisan permukaan jalan berlalu lintas berat. Material utama penyusun adalah agregat dan aspal, Penelitian ini mencoba menggunakan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas sebagai bahan tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas sebagai bahan tambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan diperoleh nilai tertinggi stabilitasnya sebesar 874 kg, *bulk density* sebesar 2,231 gr/cc, *flow* sebesar 2,51 mm, *void in mineral aggregate* sebesar 45,42%, *Air Voids* 4,89% Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan serat daun nanas memenuhi persyaratan *Marshall Test*.

Kata kunci: Serat serabut kelapa dengan serat daun nanas, *Split Mastic Asphalt* (SMA), Karakteristik *Marshall*.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF USING COCONUT FIBER WITH PINEAPPLE FIBER LEAVES AS A CELLULOSE FIBER ADDITION MATERIAL IN MASTIC ASPHALT SPLIT MIX (SMA) (Research Study)

Devi Rizki Wulan Oktaviani
1507210105
Muhammad Husin Gultom, ST, MT
Hj. Irma Dewi, ST, M.Si

Split Mastic Asphalt (SMA) is a thin surface layer, has good resistance to grooves (rutting) and has a high durability so that the SMA is suitable for heavy surface road surfaces. The main constituent material is aggregate and asphalt, this study tried to use coconut fiber fibers with pineapple leaf fiber as added material. This study aims to determine how much the value of Marshall characteristics in asphalt mixes using coconut fiber fibers with pineapple leaf fibers as added ingredients. The results showed that the use of coconut fiber fibers with pineapple leaf fibers will affect the characteristics of the asphalt mixture. The Marshall Test data obtained the highest value of stability of 874 kg, bulk density of 2.231 gr / cc, flow of 2.51 mm, void in mineral aggregate of 45.42%, Air Voids 4.89% So it can be concluded that the content pineapple leaf fiber meets Marshall Test Requirements.

Keywords: Coconut fiber fiber with pineapple leaf fiber, Split Mastic Asphalt (SMA), Marshall Characteristics.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dengan Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Penambah Serat Selulosa Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Muhammad Husin Gultom, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, ST,M.Si, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji serta sekretaris prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Sekaligus yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji serta ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Ir. Hj. Zurkiyah M.T selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Yang paling saya sayangi orang tua saya: Bapak Suherman dan Ibu Hasanah, terimakasih untuk semua doa dan kasih sayang tulus yang tak ternilai harganya, serta telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Teristimewa keluarga saya Adinda Cindy Anggraini dan Adinda Fadliansyah Pranata terimakasih untuk semua do'a dan dukunganya.
10. Sahabat-sahabat penulis: M. Iqbal Azhari Lubis, Defri Ari Ramadhan, Fadzil Noor Hasibuan, Eyga Tahsya, Vivian, Rizka Amalia, Teman-teman kelas A3 dan B3 Malam dan seluruh angkatan 2015 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, September 2019

Devi Rizki Wulan Oktaviani

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	6
2.2. Aspal (<i>Asphalt</i>)	7
2.2.1. Jenis Campuran Aspal	8
2.2.2. Sifat Fisik Aspal	8
2.2.3. Aspal Hasil Destilasi	10
2.2.4. Pemeriksaan Provertise Aspal	13
2.3. Agregat	15
2.3.1. Sifat Agregat	16
2.3.2. Jenis Agregat	17

2.3.3. Agregat Kasar	18
2.3.4. Agregat Halus	19
2.3.5. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	20
2.3.6. Gradasi Agregat Gabungan	20
2.4. Berat Jenis Dan Penyerapan	21
2.4.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	23
2.4.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	24
2.5. <i>Split Mastic Asphalt (SMA)</i>	26
2.5.1. Bahan Tambah	28
2.5.2. Serat Selulosa	32
2.6. Prosedur Rancangan Campuran	33
2.6.1. Pengujian <i>Marshall</i> Untuk Perencanaan Campuran	34
2.6.2. Berat Isi Benda Uji Padat	35
2.6.3. Pengujian Stabilitas Dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	36
2.6.4. Pengujian Volumetrik	37
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Bagan Alir Metode Penelitian	41
3.2. Tempat Dan Waktu Penelitian	42
3.3. Metode Penelitian	42
3.4. Pengumpulan Data	42
3.5. Material untuk Penelitian	43
3.6. Prosedur Penelitian	43
3.7. Pemeriksaan Bahan Campuran	44
3.7.1. Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar Dan Halus	44
3.7.2. Alat Yang Digunakan	44
3.7.3. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles	45
3.8. Prosedur Kerja	46
3.8.1. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	46
3.8.2. Tahapan Pembuatan Benda Uji	47
3.8.3. Metode Pengujian Benda Uji (<i>sample</i>)	49
3.8.4. Penentuan Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	49

3.8.5. Pengujian Stabilitas (<i>Stability</i>) Dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	50
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	52
4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat	52
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	57
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	60
4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	61
4.2. Pembahasan Dan Analisis	69
4.2.1. Perbandingan Sifat <i>Marshall</i>	69
4.2.2. Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum	73
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal	6
Tabel 2.2	Ketentuan Untuk Aspal Keras	11
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Kasar Untuk Campuran Beraspal	18
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus Untuk Campuran Beraspal	19
Tabel 2.5	Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	21
Tabel 2.6	Kandungan Serat Serabut Kelapa Tanpa Perlakuan	29
Tabel 2.7	Tegangan Tarik Dan Regangan Serat Serabut Kelapa Tanpa Perlakuan	30
Tabel 2.8	Sifat Fisik Serat Daun Nanas	31
Tabel 2.9	Komposisi Kimia Serat Daun Nanas	31
Tabel 2.10	Persyaratan Serat Selulosa Untuk SMA	32
Tabel 2.11	Ketentuan Sifat-sifat Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i>	33
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ inch	52
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (MA) $\frac{1}{2}$ inch	53
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>)	53
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Kombinasi Gradasi Agregat Halus Abu Batu (Cr)	54
Tabel 4.5	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Standar	54
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Standar	56
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Penggunaan Serat Serabut Kelapa 0,2%	57
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Penggunaan Serat Daun Nanas 0,3%	57
Tabel 4.9	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ Inch	58
Tabel 4.10	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar MA $\frac{1}{2}$ Inch	58

Tabel 4.11	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>)	59
Tabel 4.12	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu (<i>Cr</i>)	6
Tabel 4.13	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Tri Murti Patumbak)	61
Tabel 4.14	Rekapitulasi Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran Normal	63
Tabel 4.15	Rekapitulasi Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	64
Tabel 4.16	Kadar aspal optimum untuk campuran aspal normal serta penambahan Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Metode Penelitian	41
Gambar 4.1	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat	55
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) Campuran Normal	64
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan Bulk Density (gr/cc) Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	65
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (Kg) Campuran Nomal	65
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (Kg) Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	66
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids</i> (VIM)(%) Campuran Normal	66
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	67
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VMA</i> (%) Campuran Normal	67
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>VMA</i> (%) Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	68
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (mm) Campuran Normal	68
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Flow</i> (mm) Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	69
Gambar 4.12	Perbandingan Nilai <i>Bulk Density</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	70

Gambar 4.13 Perbandingan Nilai <i>Stability</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	70
Gambar 4.14 Perbandingan Nilai VIM Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	71
Gambar 4.15 Perbandingan Nilai VMA Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	72
Gambar 4.16 Perbandingan Nilai <i>Flow</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Serabut Kelapa 0,2% + Serat Daun Nanas 0,3%	72
Gambar 4.17 Penentuan rentang (<i>range</i>) kadar aspal optimum campuran Aspal normal	73
Gambar 4.18 Penentuan rentang (<i>range</i>) kadar aspal optimum campuran Aspal Penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%	74

DAFTAR NOTASI

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

VFA/VFB	= Rongga terisi aspal (%)
VIM	= Rongga udara dalam campuran (%)
VMA	= Rongga dalam agregat mineral (%)
V _{pp}	= Volume pori meresap aspal
V _{pp} -V _{ap}	= Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal
V _s	= Volume bagian padat agregat
W	= Berat Piknometer Kosong
W _s	= Berat agregat kering (gr)
γ _w	= Berat isi air.

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Sangat banyak jalan-jalan di Indonesia yang rusak dan retak berlubang, disebabkan oleh deformasi (perubahan bentuk) permanen, dikarenakan adanya tekanan beban yang terlalu berat oleh muatan kendaraan yang melebihi kapasitas jalan tersebut dan tingginya frekuensi lalu lintas kendaraan di jalan raya

Oleh karena itu perlu dilakukan upaya – upaya terobosan untuk mengisi ketersediaan kekurangannya bahan campuran aspal yang dibuat. Diusahakan aspal yang lebih baik dan daya serap airnya cukup tinggi untuk menghindari atau setidaknya meminimalisir terjadinya keretakan dan kerusakan pada aspal jalan yang ada di Indonesia. yang dimana dalam hal ini dapat disebabkan oleh material bahan itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh pengolahan yang tidak baik, atau kondisi tanah dasar yang tidak stabil yang kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik atau oleh sifat dasar tanah yang jelek dan proses pemadatan di atas lapisan dasar tanah yang kurang baik. Penyebab dan akibat kerusakan jalan perlu dievaluasi terlebih dahulu, agar penanganan konstruksi apakah itu bersifat pemeliharaan, penunjang, peningkatan, ataupun rehabilitasi dapat dilakukan dengan baik. Salah satu perbaikan kerusakan konstruksi jalan dapat dilakukan dengan memperhatikan atau melakukan pengujian campuran aspal yang sesuai dengan jenis kerusakan yang terjadi.

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah salah satu jenis aspal beton campuran panas (*Hotmix*) bergradasi terbuka, yang terdiri dari campuran (*Split*) dengan ukuran > 2 mm dan fraksi yang besar, yaitu sebesar 75%. (*Mastic Asphalt*)

merupakan campuran antara agregat halus dengan aspal yang kadarnya relatif tinggi.

Split Mastic Asphalt (SMA) juga merupakan suatu sistem perkerasan jalan raya yang memaksimalkan intraksi dan kontak antara fraksi kasar dalam campuran perkerasan. *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang nantinya ditambahkan *Sellulose* akan menjadikan system perkerasan jalan raya *Heavy Loaded* yaitu konstruksi jalan raya yang selalu menerima beban-beban berat.

Oleh karena itu kehandalan teknologi dan ilmu pengetahuan sangat diharapkan untuk menghadapi tantangan dalam peningkatan kuantitas dan kualitas jalan yang akan dibangun dan dalam masa pemeliharaan. Untuk itu telah lahir suatu teknologi kontraksi lapis perkerasan permukaan jalan raya yang dikembangkan di Jerman pada Tahun 1960-an, yaitu SMA + S (*Split Mastic Asphalt* dengan bahan tambah Selulosa). Teknologi konstruksi ini telah diakui oleh pakar dan praktisi jalan pada negara yang sudah maju. Pemerintah Indonesiapun telah mengembangkan jenis *Split Mastic Asphalt*, yaitu SMA 0.11 diharapkan mampu memberikan umur teknis yang relative lebih panjang dan nilai kekesatan permukaan yang optimal.

Dalam penelitian ini campuran yang digunakan adalah Serat Serabut Kelapa dan Serat Daun Nanas yang berasal dari limbah salah satu usaha kelapa dan usaha kebun nanas. Dan penelitian ini dilakukan agar penulis dapat mengetahui kekuatan terhadap pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dan serat daun nanas sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan jenis SMA 0/11 dan mengacu pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, penulis meneliti dan menganalisis karakteristik *hotmix* dengan penambahan *Serat Sellulose* dengan serat serabut kelapa dan serat daun nanas pada campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) untuk memenuhi persyaratan sifat-sifat parameter pada uji *Marshall* yang terdapat pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

1.3. Ruang lingkup

Didalam pembuatan penelitian ini, penulis harus memberikan batasan-batasan masalah di dalam 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 sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka pembahasan hanya dititik beratkan pada:

1. Penelitian ini hanya menggunakan campuran Serat Selulosa Serat Serabut Kelapa dan Serat Daun Nanas.
2. Gradasi agregat berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018.
3. Sifat Campuran Aspal dan Pengujian *Marshall* berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018.
4. Penelitian yang dilakukan hanya terbatas pada pengujian di laboratorium dan tidak dilakukan percobaan dilapangan.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui apakah tujuan percobaan ini memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Dinas Bina Marga.
2. Memberikan gambaran yang jelas sampai seberapa jauh perilaku serta pengaruh penggunaan serat serabut kelapa dan serat daun nanas sebagai bahan pengganti serat selulosa terhadap kualitas campuran SMA yang sesuai dengan syarat-syarat gradasi ideal yang ditentukan oleh Bina Marga.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari:

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

Split Mastic Asphalt (SMA) dengan penambahan *Serat selulose* dan penggunaan serat serabut kelapa dan serat daun nanas sebagai bahan penambah yang kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.

2. Aspek praktek

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan pada jalan yang ada di Indonesia yang memiliki lalu lintas yang padat dan juga curah hujan yang tinggi.

3. Untuk memanfaatkan potensi alam *serat selulose* yang berasal dari serat serabut kelapa dan serat daun nanas sisa hasil panen dari tempat limbah kelapa dan perkebunan nanas.

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, 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 *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan penambahan serat *Selulose*.

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 ANALISIS 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. Umum

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

Adapun tebal total campuran beraspal tidak boleh kurang dari jumlah tebal rancangan dari masing-masing campuran, pada suatu sub-segmen yang tidak memenuhi syarat akan di ulang atau dalam lapangan di bongkar yang disyaratkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1: Tebal nominal minimum campuran beraspal (Spesifikasi Bina Umum Marga 2018)

Jenis Campuran	Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Split Mastic Asphalt</i> – Tipis	SMA – Tipis	3,0
<i>Split Mastic Asphalt</i> – Halus	SMA – Halus	4,0
<i>Split Mastic Asphalt</i> – Kasar	SMA – Kasar	5,0

Tabel 2.1: *Lanjutan*

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Lataston	Lapis Aus	HRS - WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS - Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC - WC	4,0
	Lapis Antara	AC - BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC - Base	7,5

2.2. Aspal (*Asphalt*)

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. *Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering disebut juga bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil dari proses destilasi minyak bumi dan disamping itu mulai banyak pula digunakan aspal alam yang berasal dari pulau Buton. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal, pelindung atap

dan penggunaan khusus lainnya (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

2.2.1. Jenis Campuran Aspal

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

1. *Split Mastic Asphalt* (SMA).

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

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

Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) yang disebut juga HRS, terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS Fondasi, (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS-Wearing Course*, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. *HRS-Base* mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

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

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

2.2.2. Sifat Fisik Aspal

Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan lain-lain. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan TFOT (*Thin Film Oven Test*).

Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk mempertahankan sifat-sifat awalnya akibat proses penuaan. Walaupun banyak faktor lainnya yang menentukan, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula. Pengujian kuantitatif yang biasanya dilakukan untuk mengetahui durabilitas aspal adalah pengujian penetrasi, titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas.

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah jadi pengikatan.

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

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur.

Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dapat diketahui dengan jelas bila sifat aspal dinyatakan dalam indeks penetrasinya (IP). Nilai IP aspal bekisar antara -3 sampai +7, aspal dengan nilai IP yang tinggi lebih tidak peka terhadap perubahan temperatur dan sebaliknya. Selain itu, nilai IP aspal dapat juga digunakan untuk memprediksi kinerja campuran beraspal, aspal dengan IP yang tinggi akan menghasilkan campuran beraspal yang memiliki Modulus Kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi yang tinggi pula.

4. Pengerasan dan penuaan

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, *short-term aging*), dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, *long-term aging*) (Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah, 2002).

2.2.3. Aspal Hasil Destilasi

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

1. Aspal Keras

Aspal keras adalah proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu. Untuk menghasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang diinginkan, proses penyulingan harus ditangani sedemikian rupa sehingga dapat mengontrol sifat-sifat aspal keras yang dihasilkan. Hal ini sering dilakukan dengan mencampur berbagai variasi minyak mentah bersama-sama sebelum proses destilasi dilakukan. Pencampuran ini nantinya agar dihasilkan aspal keras dengan sifat-sifat yang bervariasi, sesuai dengan sifat-sifat yang diinginkan. Cara lainnya yang sering juga dilakukan untuk mendapatkan aspal keras dengan viskositas menengah adalah dengan mencampur beberapa jenis aspal keras dengan proporsi tertentu dimana aspal keras yang sangat encer dicampur dengan aspal lainnya yang kurang encer sehingga menghasilkan aspal dengan viskositas menengah.

Selain melalui proses destilasi hampa dimana aspal dihasilkan dari minyak mentah dengan pemanasan dan penghampaan, aspal keras juga dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi zat pelarut. Dalam proses ini fraksi minyak (bensin, solar dan minyak tanah) yang terkandung dalam minyak mentah (*crude*

oil) dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu. Dengan ketentuan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 : Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga 2108)

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG 70	PG 76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60 - 70	Dilaporkan ¹	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kpa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cst) ³	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ²	
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Trichloethylene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002):					
11	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kpa, (*C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456 :2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) Pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kpa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

2. Aspal Cair (*cutback asphalt*)

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

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

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

3. Aspal Emulsi

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

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

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

2.2.4. Pemeriksaan *Provertise* Aspal

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

1. Uji Penetrasi

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

2. Titik Lembek

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

3. Daktalitas

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

4. Berat Jenis

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan alat piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat zat cair suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Berat jenis diperlukan untuk perhitungan analisis campuran pada Pers. 2.1.

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad (2.1)$$

Dimana :

A = Berat piknometer, dalam gram

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

C = Berat piknometer berisi aspal, dalam gram

D = Berat piknometer berisi air dan aspal, dalam gram

Data temperatur dan berat jenis aspal diperlukan dalam penentuan faktor koreksi volume berdasarkan SNI 06-2441-2011 pada Pers. 2.2.

$$V = V_t \times Fk \quad (2.2)$$

Dimana :

V = Volume aspal pada temperatur 150°C

V_t = Volume aspal pada temperatur tertentu

Fk = Faktor Koreksi

5. Titik Nyala Dan Titik Bakar

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

6. Kelekatan Aspal Pada Agregat

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

2.3 Agregat

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat/batuan di definisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal (solid). ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada

perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang di gunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya pelekatan dengan aspal (Sukirman, 1999).

2.3.1. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu-lintas. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu:

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

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - 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*)
 - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

2.3.2. Jenis Agregat

Batuan atau agregat untuk campuran beraspal umumnya diklasifikasikan berdasarkan sumbernya, seperti contohnya agregat alam, agregat hasil pemrosesan, agregat buatan atau agregat artifisial.

1. Agregat alam (*natural aggregates*)

Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es, dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin. Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil. Kerikil biasanya berukuran lebih besar 6,35 mm. Pasir partikel yang lebih kecil dari 6,35 mm tetapi lebih besar dari 0,075 mm. Sedangkan partikel yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut sebagai mineral pengisi (*filler*). Pasir dan kerikil selanjutnya diklasifikasikan menurut sumbernya. Material yang diambil dari tambang terbuka (*open pit*) dan digunakan tanpa proses lebih lanjut disebut material dari tambang terbuka (*pit run materials*) dan bila diambil dari sungai (*stream bank*) disebut material sungai (*stream bank materials*).

2. Agregat yang diproses

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

3. Agregat buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai mineral pengisi (*filler*) (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002).

2.3.3. Agregat Kasar

Fraaksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu saringan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu saringan yang lebih kecil dari saringan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%, yang terdapat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Ketentuan Agregat Kasar Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		natrium sulfat	Maks 12 %
		magnesium sulfat	Maks 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 Putaran	Maks 6 %
		500 Putaran	Maks 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 Putaran	Maks 8 %
		500 Putaran	Maks 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011	Min 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	100/90 *)
		Lainnya	95/90 **)
Partikel Pipih dan lonjong		SMA	Maks 5 %
		Lainnya	Maks 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2	Maks 1 %

2.3.4. Agregat Halus

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

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu.
2. Digunakan *scalping screen*, dari hasil pemecah batu tahap pertama tidak boleh langsung digunakan.
3. Diperoleh dari hasil tahap pertama harus di pisahkan dengan *vibro scalping screen* antara mesin pemecah tahap pertama dengan mesin pemecah tahap kedua.
4. Material tertahan oleh *vibro scalping screen* akan dipecah oleh mesin pemecah tahap kedua, hasil pengayakan dapat digunakan sebagai agregat halus.
5. Materian lolos *vibro scaling screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.

Fraksi agregat kasar, agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditumpuk terpisah, dan harus memenuhi ketentuan yang terdapat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Halus Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

Tabel 2.4: *Lanjutan*

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

2.3.5. Bahan Pengisi (*filler*)

Yang dimaksud bahan pengisi adalah bahan yang lolos ukuran saringan no.30 (0,59 mm) dan paling sedikit 65% lolos saringan no.200 (0.075 mm). Pada waktu digunakan bahan pengisi harus cukup kering untuk dapat mengalir bebas dan tidak boleh menggumpal. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah: abu batu, kapur padam, *portland cement (PC)*, debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Banyaknya bahan pengisi dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan bahan pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang,

Material *filler* bersama-sama dengan aspal membentuk mortar dan berperan sebagai pengisi rongga sehingga meningkatkan kepadatan dan ketahanan campuran serta meningkatkan stabilitas campuran sedangkan pada campuran laston filler berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan campuran. Pada prakteknya fungsi filler adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur, meningkatkan komposisi filler dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar rongga udara (*air void*).

2.3.6. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas.

Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.4. Untuk memperoleh gradasi HRS - WC atau HRS - Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No. 30 (0,600 mm). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

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

2.4. Berat Jenis Dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Berat jenis asal disyaratkan menurut spesifikasi minimum 1, jadi berat jenis yang digunakan sesuai dengan spesifikasi nilai berat jenis ini digunakan dalam perencanaan untuk lapisan perkerasan lentur karena dengan berat jenis aspal ini akan dapat menentukan besar kecilnya volume dari aspal.

Berat jenis suatu agregat adalah perbandingan berat dari suatu satuan volume bahan terhadap air dengan volume yang sama pada temperatur 20°C-25°C (68°-

77°F). Berat jenis agregat berbeda satu sama lain tergantung dari jenis batuan, susunan, material, struktur batuan dan porositas batuan.

Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran aspal dengan agregat, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibandingkan dengan perbandingan volume dan juga untuk menentukan banyaknya pori agregat.

Berat jenis ada beberapa macam yaitu:

- a. Berat jenis bulk adalah berat jenis yang memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat ($V_s + V_i + V_p + V_c$).
- b. Berat jenis kering permukaan adalah dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan. Jadi berat agregat + berat air yang dapat meresap kedalam pori agregat dan seluruh volume agregat ($V_s + V_i + V_p + V_c$).
- c. Berat jenis semu adalah menghitung berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air ($V_s + V_i$).
- d. Berat jenis efektif adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat jenis/ agregat dalam keadaan kering. Berat jenis dan volume agregat yang tidak dapat diresapi oleh aspal ($V_s + V_i + V_p$).

Berat Jenis Semu:

$$G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad (2.3)$$

Berat Jenis Curah:

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp}) \cdot \gamma_w} \quad (2.4)$$

Berat Jenis Efektif:

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp} - V_{ap}) \cdot \gamma_w} \quad (2.5)$$

Dengan keterangan:

W_s	= Berat agregat kering
γ_w	= Berat Isi air = 1 g/cm^3
V_s	= Volume bagian padat agregat
V_{pp}	= Volume pori meresap aspal
V_{pp-Vap}	= Volume pori meresap air yang tidak meresap aspal

Konsep mengenai Berat Jenis Efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. Bila digunakan berbagai kombinasi agregat maka perlu mengadakan penyesuaian mengenai Berat Jenis, karena Berat Jenis masing-masing bahan berbeda.

2.4.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis agregat kasar serta kemampuannya di dalam air. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air. Yang sesuai dengan SNI 1969 : 2008.

1. Berat jenis curah kering (*saturated surface dry*)

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering (S_d), pada temperatur air 230 C atau temperatur agregat 230 C dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{B - C} \quad (2.6)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram);

C = Berat benda uji dalam air (gram).

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

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s), pada temperatur air 230C atau temperatur agregat 230C dalam basis jenuh kering permukaan dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{B - C} \quad (2.7)$$

Keterangan:

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram);

C = Berat benda uji dalam air (gram).

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

Lakukanlah perhitungan berat jenis semu (S_a), pada temperatur air 230C atau temperatur agregat 230C dengan cara berikut ini:

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{A - C} \quad (2.8)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

C = Berat benda uji dalam air (gram).

4. Penyerapan Air (*absortion*)

Hitunglah persentase penyerapan air (S_w) seperti dengan cara:

$$\text{Penyerapan Air} = \left[\frac{A}{A - C} \right] \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

2.4.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Sesuai dengan SNI 1970:2008

1. Berat jenis curah kering (*saturated surface dry*)

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering (S_d), dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B + S - C)} \quad (2.10)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat piknometer yang berisi air (gram);

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

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

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah dalam basis jenuh kering permukaan (S_s), dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (2.11)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat piknometer yang berisi air (gram);

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

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

Lakukanlah perhitungan berat jenis semu (S_a), seperti berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Semu} : \frac{A}{(B + A - C)} \quad (2.12)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat piknometer yang berisi air (gram);

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram).

4. Penyerapan air (*absortion*)

Lakukanlah perhitungan persentase penyerapan air (S_w), dengan cara:

$$\text{Penyerapan air} : \left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100\% \quad (2.13)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji kering oven (gram);

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

Berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan pada $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. Cara alternatif menentukan berat dapat dilakukan dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetrik dengan menggunakan buret yang ketelitiannya 0,15 ml. Adapun rumus untuk menghitung berat piknometer dengan Pers. 2.14 – 2.15:

1. Berat total piknometer, benda uji dan air:

$$C = 0,9975 \cdot V_a + S + W \quad (2.14)$$

2. Berat piknometer dan air:

$$B = 0,9975 \cdot V_a + W \quad (2.15)$$

Dengan keterangan:

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

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

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

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

W = Berat piknometer kosong, dalam gram

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

2.5. *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah salah satu jenis aspal beton campuran panas (*Hotmix*) bergradasi terbuka, yang terdiri dari campuran. (*Split*) dengan ukuran > 2 mm dan fraksi yang besar, yaitu sebesar 75%. (*Mastic Asphalt*)

merupakan campuran antara agregat halus dengan aspal yang kadarnya relatif tinggi.

Split Mastic Asphalt (SMA) juga merupakan suatu sistem perkerasan jalan raya yang memaksimalkan intraksi dan kontak antara fraksi kasar dalam campuran perkerasan. *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang nantinya ditambahkan *Sellulose* akan menjadikan system perkerasan jalan raya *Heavy Loaded* yaitu konstruksi jalan raya yang selalu menerima beban-beban berat.

Terdapat 3 jenis SMA, yaitu:

1. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan (1,5-3)cm; untuk pemeliharaan dan perbaikan setempat, seperti perbaikan deformasi pada jalur roda ban (*rutting*).
2. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan (2-4)cm; untuk pelapisan overlay pada jalan lama.
3. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan (3-5)cm; untuk lapis aus (*wearing course*) pada jalan baru.

Penggunaan agregat kasar dengan jumlah fraksi yang tinggi mengakibatkan agregat saling mengunci (*interlocking*) sehingga menghasilkan campuran aspal yang tahan terhadap *rutting*. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) terisi oleh agregat kasar yang saling mengunci (*interlocking*) sedangkan pada *Hot Mix Asphalt* (HMA) agregat terlihat seperti mengapung di dalam campuran. Oleh karena itu campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan kandungan agregat kasar dapat memberikan ketahanan terhadap alur atau *rutting* dibanding dengan campuran *Hot Mix Asphalt* (HMA), (Freddy L Robets, 1996).

Campuran untuk *Split Mastic Asphalt* (SMA) pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal. Masing – masing fraksi agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang menghasilkan agregat campuran yang memenuhi spesifikasi gradasi. Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) juga mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Agregat kasar dengan ukuran >2mm dengan jumlah fraksi tinggi antara 70% hingga 80%.

2. Mastik aspal berupa campuran agregat halus, *filler*, aspal dan bahan tambahan akan membentuk lapisan *film* yang tebal.
3. Mampu melayani lalu lintas berat
4. Tahan terhadap oksidasi
5. Tahan terhadap deformasi pada temperatur tinggi
6. Fleksibel.
7. Tahan terhadap panas atau temperatur tinggi.
8. Kedap air
9. Aman untuk lalu lintas karena kekesatan (*skid resistance*) baik.
10. Tingkat keseragaman campuran yang tinggi.

2.5.1. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan dalam campuran aspal yang fungsinya untuk memperbaiki sifat-sifat aspal. Pada dasarnya alasan utama kerusakan dan penurunan kekuatan dan keawetan didalam lapis aus dan bahan ikat kontruksi perkerasan jalan. Modifikasi tersebut dibuat dalam dua kelompok sebagai berikut ini:

1. Modifikasi sifat adhesi aspal dengan tension-active additive (Tegangan aktif bahan tambah).
2. Modifikasi sifat adhesi permukaan agregat dengan cara mekanis menggunakan larutan air semen atau larutan kapur.

Dari kedua modifikasi diatas yang banyak digunakan adalah dengan modifikasi yang pertama yaitu dengan menggunakan bahan tambah SMA adalah serat serabut kelapa dan serat daun nanas dengan kadar berkisar antara 0,1% - 0,5% terhadap total campuran. Serat serabut kelapa merupakan helaian benang-benang berwarna coklat muda, berdiameter kurang dari 0,3 mm, mempunyai sifat kaku serta ulet. Persyaratan utama yang harus dipenuhi serat serabut kelapa sebagai bahan tambah pengganti serat selulosa pada campuran beton aspal panas harus memenuhi Spesifikasi Bina Marga yaitu sebagai berikut ini:

1. Mudah terdistribusi secara merata dalam campuran kering beton aspal panas pada temperatur 160-170°C.
2. Dapat dipisahkan kembali dari campuran beton aspal panas.

3. Dengan kadar 0,2% terhadap berat campuran beton aspal panas dengan ketahanan aspal terhadap temperatur atau titik lembek.
4. Tahan terhadap temperatur campuran beton aspal sampai dengan suhu 250°C minimal selama waktu pencampuran.

Untuk mengetahui kandungan serat sabut kelapa maka dilakukan uji komposisi seperti uji *lignin*, selulosa, dan hemisellulosa. Uji *lignin* dilaksanakan untuk mengetahui jumlah *lignin* yang terdapat dalam serat sabut kelapa. Komposit yang diperkuat serat yang mengandung sedikit lignin maka komposit tersebut akan memiliki sifat fisik dan kekuatan yang baik, karena lignin bersifat rapuh dan kaku. Uji kadar selulosa dilaksanakan untuk menentukan kadar selulosa α , γ dan β , yang ada dalam Serat Sabut Kelapa (Sunariyo, 2008).

Kandungan dan tegangan tarik serat sabut kelapa dari berbagai referensi diperlihatkan pada Tabel 2.6, dan Tabel 2.7.

Tabel 2.6 : Kandungan Serat Serabut Kelapa Tanpa Perlakuan (Sunariyo, 2008)

No	Lignin (%)	Sellulosa (%)	Hemisellulosa
1	20,5	33,2	31,1
2	20 – 48	35 – 60	15 – 28
3	32,8	44,2	56,3
4	32,1	68,9	16,8
5	25,5	55,8	24,1
6	32,7	35,6	15,4
7	31,48	55,34	22,70
8	37,1	44,1	7,6
9	42	37	-

Tabel 2.7 : Tegangan Tarik Dan Regangan Serat Serabut Kelapa Tanpa Perlakuan (Sunariyo, 2008)

No	Kekuatan Tarik (N/mm ²)	Regangan (%)
1	220	15 – 25
2	175	30
3	140 – 225	25 – 40
4	175 – 220	15 – 30
5	118 – 143	25 – 60
6	500	20
7	70 – 106	15 – 47
8	175	30
9	89 – 158	26 – 40
10	106 – 175	17 – 47
11	204	3
12	131 – 175	15 – 40
13	106 – 175	47

Sedangkan Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas yang juga mempunyai nama lain, yaitu Ananas Cosmosus, (termasuk dalam family Bromeliaceae), pada umumnya termasuk jenis tanaman semusim. Menurut sejarah, tanaman ini berasal dari Brazilia dan dibawa ke Indonesia oleh para pelaut Spanyol dan Portugis sekitar tahun 1599.

Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing diujungnya dengan warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Tergantung dari species atau varietas tanaman, panjang daun nanas berkisar antara 55 sampai 75 cm dengan lebar 3,1 sampai 5,3 cm dan tebal daun antara 0,18 sampai 0,27 cm. Tetapi pada penelitian ini serat daun nanas hanya dipakai berdiameter 0,3 mm. Di samping species atau varietas nanas, jarak tanam dan intensitas sinar matahari akan mempengaruhi terhadap pertumbuhan panjang daun dan sifat atau karakteristik dari serat yang dihasilkan. Intensitas sinar matahari yang tidak terlalu banyak (sebagian terlindung) pada umumnya akan menghasilkan serat yang kuat, halus, dan mirip sutera (*strong, fine and silky fibre*). Terdapat lebih dari 50 varietas tanaman nanas didunia, beberapa varietas tanaman nanas yang telah dibudidayakan di Indonesia antara lain Cayenne, Spanish/Spanyol, Abacaxi dan

Queen. Tabel 2.8 memperlihatkan sifat fisik beberapa jenis varietas lain tanaman nanas yang sudah banyak dikembangkan [Doraiswamy et al., 1993].

Tabel 2.8: Tabel Sifat Fisik Serat Daun Nanas (Doraiswamy et al., 1993)

Varietas Nanas	Karakter Fisik		
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Ketebalan (cm)
Asam Lokal	75	4.7	0,21
Cayenalisa	55	4.0	0,21
Kallara Lokal	56	3.3	0,22
Kew	73	5.2	0,25
Mauritius	55	5.3	0,18
Pulimath Lokal	68	3.4	0,27
Halus Cayenne	58	4.7	0,21
Valera Moranda	65	3.9	0,23

Pemisahan atau pengambilan serat nanas dari daunnya (fiber extraction) dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan tangan (manual) ataupun dengan peralatan decorticator. Tabel 2.9 memperlihatkan perbandingan komposisi kimia yang terkandung pada jenis serat alam, nanas [Anonim, 2006].

Tabel 2.9 : Komposisi Kimia Serat Daun Nanas (Doraiswamy et al., 1993)

Komposisi Kimia	Serat Nanas
Alpha selulosa	69,5-71,5
Pentosan	17,0-17,8
Lignin	4,4-4,7
Pektin	1,0-1,2
Lemak dan Wax	3,0-3,3
Abu	0,71-0,87

Tabel 2.9: *Lanjutan*

Komposisi	Serat Nanas
Zat-zat lain (protein, Asam organik, dll)	4,5-5,3

2.5.2. Serat Selulosa

Selulosa alami yang biasa dikenal dengan nama cellulosa rice fiber, yang saat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Untuk meningkatkan kegunaan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas, maka dicoba digunakan dalam penelitian ini dengan alasan bahwa serat serabut kelapa dengan serat daun nanas merupakan salah satu serat fiber alami dan mudah ditemukan serta murah. Oleh karena itu perlu dicari alternatif pengganti serat selulosa tersebut. Penelitian ini akan menggunakan serat serabut kelapa dengan serat daun nanas sebagai bahan aditif karena merupakan serat alami yang mudah di temukan dan murah. Serat serabut kelapa dengan serat daun nanas tersebut akan digunakan pada campuran SMA. Serat selulosa alami mampu memberikan daya absorsi yang baik, bentuk selulosa yang dipakai antara lain serat yang memanjang dan langsing dimana dengan bentuk seperti ini mempunyai kemampuan untuk mengabsorsi aspal lebih besar, serat selulosa yang di pakai pada penelitian ini 0,2% dan 0,3 % pada total campuran, sehingga dapat mencegah terjadinya *draindown*. Serat selulosa harus mempunyai dimensi serat selulosa yang ditunjukkan dalam Tabel 2.10

Tabel 2.10 Persyaratan Serat Selulosa Untuk SMA (Spesifikasi Bina Umum Marga 2018)

Pengujian	Satuan	Persyaratan
Panjang Serat	mm	3,6
Lolos Ayakan No.20	%	85 ± 10
Lolos Ayakan No.40	%	40 ± 10
Lolos Ayakan No.140	%	30 ± 10
pH		7,5 ± 1,0
Penyerapan Minyak		7,5 ± 1,0 Kali berat selulosa
Kadar Air	%	Maks 5

2.6. Prosedur Rancangan Campuran

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

Sebelum diperkenankan untuk menghampar setiap campuran beraspal dalam pekerjaan, penyedia Jasa disyaratkan untuk menunjukkan semua usulan metoda kerja, agregat, aspal, serat selulosa (hanya untuk SMA), bahan anti pengelupasan dan campuran yang memadai dengan membuat dan menguji campuran percobaan di laboratorium dan juga dengan penghamparan campuran percobaan yang dibuat di instalasi pencampur aspal. Pengujian yang diperlukan meliputi analisa ayakan, berat jenis dan penyerapan air dan semua jenis pengujian lainnya sebagaimana yang disyaratkan untuk semua agregat yang digunakan. Pengujian pada campuran beraspal percobaan akan meliputi penentuan berat jenis maksimum campuran beraspal, pengujian sifat-sifat Marshall (RSNI M01-2003), kepadatan membal (*Refusal Density*) campuran rancangan (BSEN 12697-32:2003) untuk laston (AC), pengujian *VCA mix < VCA drc* pada Tabel 2.12.

Tabel 2.11 : Ketentuan Sifat-sifat Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Sifat-sifat Campuran		SMA	SMA Mod
		Tipis Halus dan Kasar	Tipis Halus dan Kasar
Jumlah Tumbukan Perbidang		50	
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	4,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	17	
Rasio VC Amix/VC Adrc		< 1	
Draindown pada teperatur produksi % berat dalam campuran (waktu 1 jam)	Maks.	0,3	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	750
Pelelehan (mm)	Min.	2	
	Maks.	4,5	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah pere	Min.	90	
Stabilitas Dinamis (Lintasan/mm)	Maks.	2500	3000

2.6.2. Pengujian *Marshall* Untuk Perencanaan Campuran

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

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

- a. Bahan yang digunakan masuk spesifikasi
- b. Kombinasi agregat memenuhi gradasi yang disyaratkan
- c. Untuk keperluan analisa volumetrik (*density-voids*), berat jenis bulk dari semua

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

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

Metode *Marshall* standar diperuntukkan untuk perencanaan campuran beton aspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inci) dan menggunakan aspal keras. Untuk ukuran butir maksimum lebih besar dari 25 mm (1 inci) digunakan prosedur *Marshall* modifikasi. Prosedur *Marshall* yang dimodifikasi pada dasarnya sama dengan metode *Marshall* standar, namun karena campuran beraspal menggunakan ukuran butir maksimum yang lebih besar maka digunakan

diameter benda uji yang lebih besar pula, yaitu 15,24 cm (6 inchi) dan tinggi 95,2 mm. Berat palu penumbuk 10,2 kg (22 lbs) dengan tinggi jatuh 457 mm (18 inchi). Benda uji secara tipikal mempunyai berat sekitar 4 kg. Jumlah tumbukan untuk *Marshall* modifikasi adalah 112 kali (untuk lalu-lintas berat > 500.000 SST) dan 75 tumbukan (untuk lalu-lintas rendah < 500.000 SST). Kriteria perencanaan harus diubah di mana stabilitas minimum ditingkatkan 2,25 kali sedangkan kelelahan 1,5 kali dari ukuran benda uji normal (diamter 4 inchi).

2.6.3. Berat Isi Benda Uji Padat

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

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

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

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

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

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

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

Dengan keterangan:

B_j = Berat sampel jenuh, dalam gram
B_a = Berat sampel dalam air, dalam gram
B_k = Berat sampel kering, dalam gram
V_s = Volume sampel

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

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

Dengan keterangan:

G_{mm} = Berat Jenis maksimum campuran (tidak ada rongga udara)
P_{mm} = Campuran lepas total, persentase terhadap berat total campuran = 100 %
P_s = Agregat, persen berat total campuran
P_b = Aspal, persen berat total campuran
G_{se} = Berat jenis efektif agregat
G_b = Berat jenis aspal

2.6.4. Pengujian Stabilitas Dan Kelelahan (*Flow*)

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

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

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

Kelelahan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat suatu beban yang dinyatakan dalam milimeter. Ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi. *Marshall Quotient* (MQ) adalah rasio antara nilai stabilitas dan kelelahan. Dengan Pers.2.19.

$$MQ = \frac{Sa}{K} \quad (2.19)$$

Dengan keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*

Sa = Stabilitas akhir

K = Kelelahan (*flow*).

2.6.5. Pengujian Volumetrik

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

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

Dari berat contoh dan persentase aspal dan agregat dan berat jenis masing-masing, volume dari material yang bersangkutan dapat ditentukan. Dalam Pers. 2.20 – 2.22.

$$\% \text{Rongga} = \left(\frac{Va}{Vmb} \right) \times 100 \quad (2.20)$$

$$\% \text{VMA} = \left(\frac{Vbe + Va}{Vmb} \right) \times 100 \quad (2.21)$$

$$\text{Density} = \left(\frac{W_b + W_s}{V_{mb}} \right) \times \gamma_w = G_{mb} \times \gamma_w \quad (2.22)$$

Keterangan:

V_{ma} = volume rongga dalam agregat mineral

V_{mb} = volume contoh padat

V_a = volume rongga udara

V_{be} = Volume aspal efektif

W_b = Berat aspal

W_s = Berat agregat

Γ_w = Berat Isi air 1.0 g/cm³ (62.4 lb/ft³)

G_{mb} = Berat Jenis Curah contoh campuran padat

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. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

Rongga dalam mineral agregat, VMA, adalah rongga antar partikel agregat pada campuran padat termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, dinyatakan dalam persen volume total. VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis agregat curah (*bulk*) dan dinyatakan dalam persentase dari volume curah campuran padat. Sebagai contoh penyimpangan nilai VMA akibat kesalahan perhitungan yang mana kesalahan ini akan menyebabkan pergeseran puncak lengkung hiperbola (titik terendah) kurva hubungan antara VMA dengan kadar aspal. Pergeseran tersebut akan menyebabkan kesalahan penentuan kadar aspal dan selanjutnya akan sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal yang dihasilkan pada Pers. 2.23.

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb.Ps}{Gsb} \right) \quad (2.23)$$

Keterangan:

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb = Berat Jenis curah agregat

Ps = Agregat, persen berat total campuran

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

2. Rongga Udara Didalam Campuran Padat (VIM)

Rongga udara (VIM) setelah selesai dipadatkan di laboratorium idealnya adalah 7%. Rongga udara yang kurang jauh dari 7% akan rentan terhadap perlelehan, alur dan deformasi plastis. Sementara VIM setelah selesai pemadatan yang jauh dari 7% akan rentan terhadap retak dan perlepasan butir (disintegrasi). Untuk mencapai nilai lapangan tersebut dalam spesifikasi, nilai VIM rencana dibatasi pada interval 3,5% sampai 5,5%. Dengan kepadatan lapangan dibatasi minimum 98%. Rongga udara, VIM, dalam campuran padat terdiri atas ruang-ruang kecil antara partikel agregat terselimuti aspal. Rongga udara dihitung dengan Pers. 2.24:

$$VIM = 100 \left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \quad (2.24)$$

Keterangan:

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

Gmb = berat jenis curah campuran padat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

3. Rongga Udara Terisi Aspal (VFA)

Kriteria VFA bertujuan menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Pada gradasi yang sama, semakin tinggi nilai VFA makin banyak kadar aspal campuran tersebut. Sehingga kriteria VFA dapat

menggantikan kriteria kadar aspal dan tebal lapisan film aspal. VFA, VMA, dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua diantaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFA membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima atau memenuhi persyaratan. Rongga udara terisi aspal, VFA, merupakan persentase rongga antar agregat partikel (VMA) yang terisi aspal. VFA, tidak termasuk aspal yang terserap agregat, dihitung dengan Pers. 2.25

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.25)$$

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

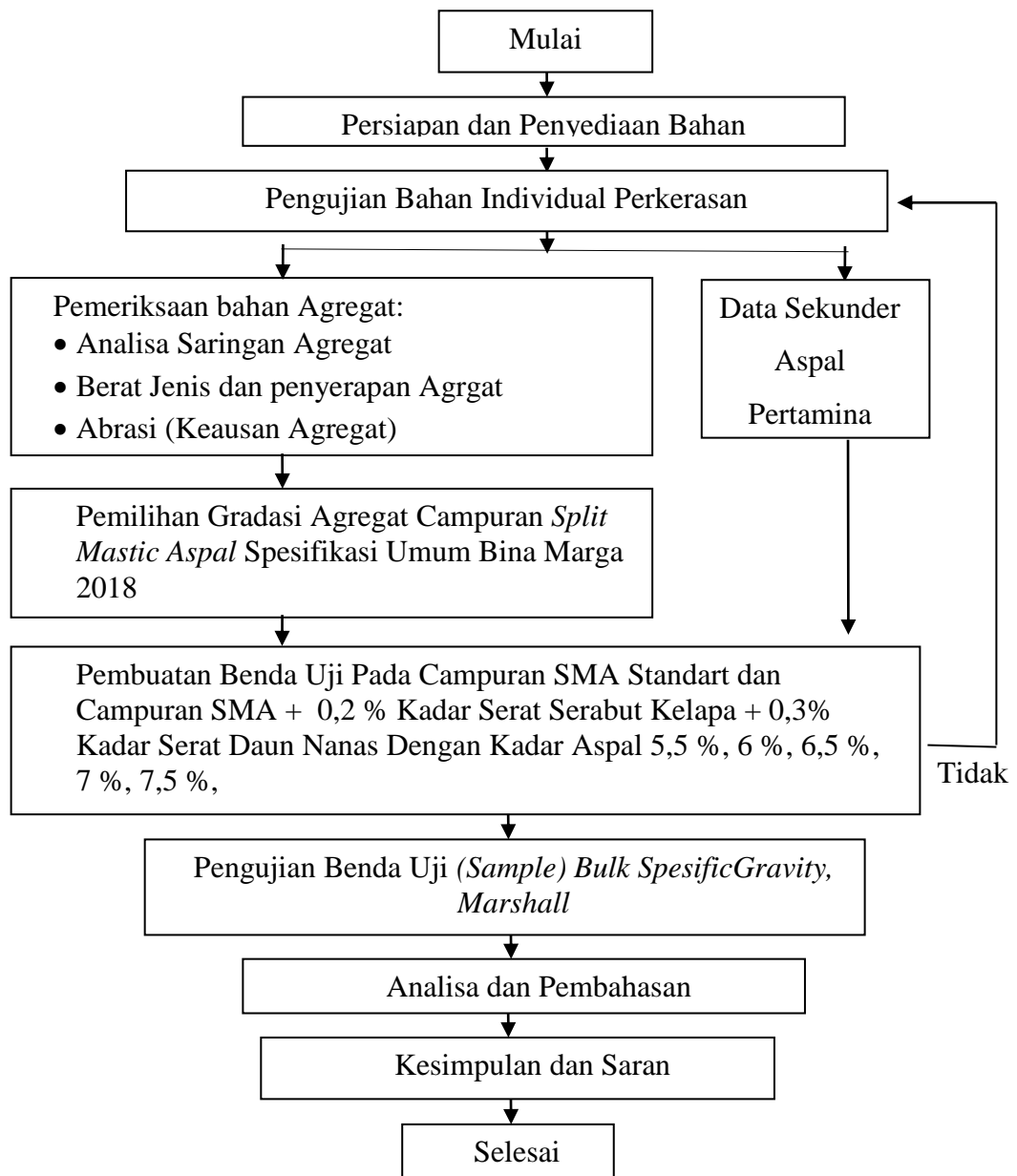
VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

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

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

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

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 04 Maret 2019 sampai dengan 20 Mei 2019.

3.3. Metode Penelitian

Pengerjaan awal penelitian yang dilakukan di UPT. Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara yaitu pengambilan data sekunder pengujian aspal dan memeriksa mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

3.4. Pengumpulan Data

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

3.5. Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aspal Keras.

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

2. Agregat Kasar dan Halus.

Agregat kasar dan halus yang digunakan diperoleh dari (*Stone Crusher*) CV Barokah, KM. 16 Diski Kecamatan Sunggal, Deli Serdang.

3. Serat Serabut Kelapa.

Penelitian ini menggunakan serat serabut kelapa sebagai bahan untuk campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang diperoleh dari salah satu usaha kelapa yang berlokasi di jalan Medan Binjai KM.15 Diski, Deli Serdang.

4. Serat Daun Nanas

Penelitian ini menggunakan serat daun nanas sebagai bahan untuk campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang diperoleh dari salah satu usaha perkebunan yang berlokasi di daerah Simalingkar, Kabupaten Deli Serdang.

3.6. Prosedur Penelitian

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

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

3.7. Pemeriksaan Bahan Campuran

Untuk mendapatkan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang berkualitas ditentukan dari penyusunan campuran agregat. Bahan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sifat dan karekateristiknya.

3.7.1. Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus

Agar kualitas agregat dapat dijamin untuk mendapatkan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang berkualitas maka beberapa hal yang perlu diadakan pengujian adalah:

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

3.7.2. Alat Yang Digunakan

1. Saringan atau ayakan ayakan 1½, 1, ¾, ½, 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.
2. Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material di laboratorium maupun pada saat pengambilan material di AMP
3. Goni dan juga pan sebagai tempat atau wadah tempat material.
4. Timbangan kapasitas 20 kg dan timbangan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
5. *Shieve shaker* berfungsi sebagai alat mempermudah pengayakan material.
6. Sendok pengaduk dan spatula.
7. *Thermometer* sebagai alat pengukur suhu aspal dan juga material.

8. Piknometer dengan kapasitas 500 ml, untuk pemeriksaan berat jenis penyerapan agregat halus.
9. Cetakan mold berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76,2 (3 in), beserta *jack hammer Marshall Split Mastic Asphalt*.
10. *Extruder* berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan banda uji *Marshall* dari mold.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. *Water bath* dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur air $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
13. Oven pengering material
14. Alat uji *Marshall test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

3.7.3. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

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

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

5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur temperatur untuk memanasi sampai dengan $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
6. Alat bantu pan dan kuas.

3.8. Prosedur Kerja

3.8.1. Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan aspal beton meliputi perencanaan gradasi dan komposisi agregat untuk campuran serta jumlah benda uji untuk pengujian. Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan lapisan *Split Mastic Asphalt* (SMA). Dan dilihat pada gradasi yang ideal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Sebelum melakukan pencampuran terlebih dahulu dilakukan analisa saringan masing-masing fraksi, komposisi campuran didasarkan pada fraksi agregat kasar CA (*Coarse Aggregate*), MA (*Medium Aggregate*), dan agregat halus FA (*Fine Aggregate*) dari analisa komposisi gradasi diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji normal adalah sebagai berikut:

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

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

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

Untuk serat serabut kelapa yang dipakai terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran-kotoran yang ada dengan cara disikat. Kemudian direndam di dalam air

selama 24 jam, diambil serat serabut kelapa yang tenggelam dan dijemur sampai kering. Setelah itu dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 2-4 mm.

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

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

Untuk serat daun nanas yang dipakai terlebih dahulu dibersihkan dari selaput daun yang menutupi serat yang ada dengan cara dikikis menggunakan mesin khusus. Kemudian serat daun nanas yang sudah diambil, direndam di dalam air selama 24 jam, kemudian dijemur sampai kering. Setelah itu dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih 2-4 mm.

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

3.8.2. Tahapan Pembuatan Benda Uji

Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan agregat pada temperatur 105°C - 110°C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven.
2. Mengeluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap.
3. Memisah-misahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan secara kumulatif.
4. Melakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pematatan.

5. Memanaskan agregat pada temperatur 28°C di atas temperatur pencampuran sekurang - kurangnya 4 jam di dalam oven.
6. Memanaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan.
7. Pencampuran benda uji
 - a. Untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 63,5 mm $\pm 1,27$ mm ($2,5 \pm 0,05$ inch).
 - b. Memanaskan wadah pencampur kira-kira 28°C di atas temperatur pencampuran aspal keras.
 - c. Memasukkan agregat yang telah dipanaskan ke dalam wadah pencampur.
 - d. Menuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
8. Pemadatan benda uji
 - a. Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90°C - 150°C
 - b. Meletakkan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan
 - c. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan
 - d. Memasukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya
 - e. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan
 - f. Memadatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 50 kali untuk sisi atas dan 50 kali untuk sisi bawah.
 - g. Sesudah melakukan pemadatan campuran, melepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar yaitu *Extruder* pada permukaan ujung benda uji

tersebut, keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.

3.8.3. Metode Pengujian Benda Uji (*Sample*)

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

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

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel sebagai berikut:

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

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

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

Pengujian *bulk specific gravity* ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji *Marshall* yang sudah dikeluarkan dari mold, dengan menimbang berat dalam

keadaan kering udara, kemudian di dalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume *bulk specific gravity* benda uji (cm^3). Sedangkan *bulk specific gravity* benda uji (*sample*) merupakan perbandingan antara benda uji di udara dengan volume *bulk* benda uji (gr/cm^3).

Adapun proses tahapan penimbangan sebagai berikut:

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

3.8.5. Pengujian Stabilitas (*Stability*) dan 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 pemanas air selama 30-40 menit dengan temperatur tetap $60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ untuk benda uji.
2. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. *Guide road* dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas *head* akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator *proving ring* yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial *proving ring* disetel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
3. Benda uji (*sample*) percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan di tengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
4. Pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
5. Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.

6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji di naikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
9. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
10. Bersihkan alat dan selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat

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

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1½	37.50	100%
1	25.40	100%
¾	19.00	100%
½	12.50	79.00%
3/8	9.50	46.38%
4	4.75	11.98%
8	2.36	0.49%
200	0.075	0.00%

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1½	37.50	100%
1	25.40	100%
¾	19.00	100%
½	12.50	100%
3/8	9.50	86.00%
4	4.75	10.24%
8	2.36	4.64%
200	0.075	1.98%
Pan	-	1.48%

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

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1½	37.50	100%
1	25.40	100%
¾	19.00	100%
½	12.50	100%
3/8	9.50	100%
4	4.75	100%
8	2.36	91.10%
200	0.075	16.10%
Pan	-	0.20%

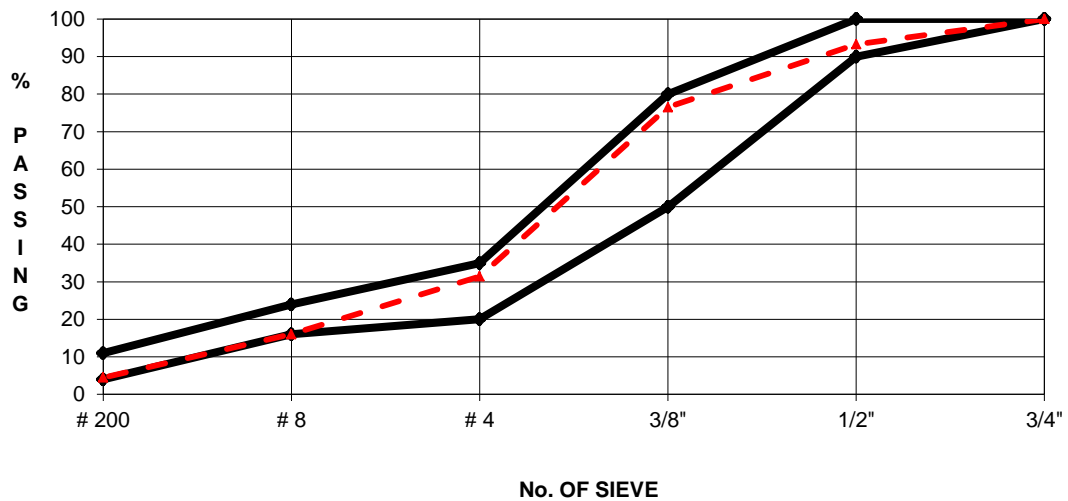
Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1½	37.50	100%
1	25.40	100%
¾	19.00	100%
½	12.50	100%
3/8	9.50	100%
4	4.75	100%
8	2.36	24.50%
200	0.075	0.00%

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

Tabel 4.5: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.

No. Saringan	Batas spesifikasi		Kombinasi Agregat					AVG
			1	2	3	4	5	
			2%	32%	45%	11%	10%	100
¾"	100	100	2.00	32.00	45.00	11.00	10.00	100.00
½"	90	100	2.00	25.28	45.00	11.00	10.00	93.28
3/8"	50	80	2.00	14.84	38.70	11.00	10.00	76.54
No. 4	20	35	2.00	3.83	4.61	11.00	10.00	31.44
No. 8	16	24	2.00	0.16	2.09	2.70	9.11	16.05
No. 200	4	11	2.00	0.00	0.89	0.00	1.61	4.50



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat.

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

Data persen agregat yang di peroleh pada normal

1. Agregat kasar CA ½ inch = 32%
2. Agregat medium MA ⅔ inch = 45%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 11%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 10%
5. Semen = 2%

Data persen agregat yang di peroleh pada campuran serat serabut kelapa 0,2%.

1. Agregat kasar CA ½ inch = 32%
2. Agregat medium MA ⅔ inch = 45%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 11%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 10%
5. Semen = 2%
6. Serat serabut kelapa = 0,2%

Data persen agregat yang di peroleh pada campuran serat daun nanas 0,3%.

1. Agregat kasar CA ½ inch = 32%
2. Agregat medium MA ¾ inch = 45%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 11%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 10%
5. Semen = 2%
6. Serat daun nanas = 0,3%

Setiap pembuatan benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 63,5 mm ± 1,27 mm. Dari data persen agregat didapatkan hasil proporsi untuk masing-masing benda uji, berikut analisis perhitungan untuk berat agregat yang diperlukan pada benda uji normal dengan kadar aspal 5,5%, serta rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 4.6-4.8.

- Kadar aspal 5,5% : 1200 X 5,5% = 66 gr
- Agregat kasar CA ½ inch : (1200-66) X 32% = 362,88 gr
- Agregat medium MA ¾ inch : (1200-66) X 45% = 510,30 gr
- Agregat halus abu batu (Cr) : (1200-66) X 11% = 124,74 gr
- Agregat halus pasir (*Sand*) : (1200-66) X 10% = 113,40 gr
- Semen : (1200-66) X 2% = 22,68 gr
- Total = 1200 gr

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

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ½ inch (gram)	MA ¾ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	semen (gram)
5,5	66	362,88	510,30	124,74	113,40	22,68
6	72	360,96	507,6	124,08	112,8	22,56
6,5	78	359,04	504,9	123,42	112,2	22,44
7	84	357,12	502,2	122,76	111,6	22,32
7,5	90	355,2	499,5	122,1	111	22,2

Tabel 4.7: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji penggunaan serat serabut kelapa 0,2%.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ¾ inch (gram)	MA ½ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)	Serat serabut kelapa
5,5	66	362,88	510,30	124,74	113,40	22,68	2,27
6	72	360,96	507,6	124,08	112,8	22,56	2,26
6,5	78	359,04	504,9	123,42	112,2	22,44	2,24
7	84	357,12	502,2	122,76	111,6	22,32	2,23
7,5	90	355,2	499,5	122,1	111	22,2	2,22

Tabel 4.8: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji penggunaan serat daun nanas 0,3%.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ¾ inch (gram)	MA ½ inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)	Serat daun nanas
5,5	66	362,88	510,30	124,74	113,40	22,68	3,40
6	72	360,96	507,6	124,08	112,8	22,56	3,38
6,5	78	359,04	504,9	123,42	112,2	22,44	3,37
7	84	357,12	502,2	122,76	111,6	22,32	3,35
7,5	90	355,2	499,5	122,1	111	22,2	3,33

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk agregat kasar dan agregat halus yang mengacu pada (SNI 1969-2008) dan (SNI 1970-2008). Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8. – 4.11.

1. Berat jenis agregat kasar CA ½ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{5116}{5198 - 3224} = 2,592 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{5198}{5198 - 3224} = 2,633 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{5116}{5116 - 3224} = 2,704 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{5198 - 5116}{5116} \times 100\% = 1,603 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA ½ inch dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA ½ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,592	2,566	2,579
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,633	2,612	2,623
Berat jenis semu (Ss)	2,704	2,690	2,697
Penyerapan (Sw)	1,603	1,798	1,701

2. Berat jenis agregat kasar MA ¾ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{3110}{3160 - 1955} = 2,581 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{3160}{3160 - 1955} = 2,622 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{3110}{3110 - 3224} = 2,693 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{3160 - 3110}{3110} \times 100\% = 1,286 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat MA ¾ inch dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA ½ inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
-------------	---	----	-----------

Berat jenis curah kering (Sd)	2,581	2,670	2,625
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,622	2,695	2,659
Berat jenis semu (Ss)	2,693	2,740	2,716

Tabel 4.10: *Lanjutan*

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Penyerapan (Sw)	1,608	0,965	1,286

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

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{496}{676,9 + 500 - 958,9} = 2,275 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{676,9 + 500 - 958,9} = 2,294 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{496}{676,9 + 496 - 958,9} = 2,318 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{500 - 496}{496} \times 100\% = 0,806 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus pasir dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,275	2,212	2,244
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,294	2,232	2,263
Berat jenis semu (Ss)	2,318	2,257	2,288
Penyerapan (Sw)	0,806	0,908	0,857

4. Berat jenis agregat halus Abu Batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{491,4}{678,1 + 500 - 954,1} = 2,194 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{500}{679,1 + 500 - 954,1} = 2,232 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{491,4}{679,1 + 491,4 - 954,1} = 2,281 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{500 - 491,4}{491,4} \times 100\% = 1,750 \text{ gr}$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat halus abu batu dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	2,194	2,228	2,211
Berat jenis kering permukaan jenuh (Ss)	2,232	2,262	2,247
Berat jenis semu (Ss)	2,281	2,307	2,294
Penyerapan (Sw)	1,750	1,543	1,647

4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal

Dalam penelitian ini, pemeriksaan aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder dari PT. Tri Murti Patumbak yang dilakukan UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal ini telah di uji dan disetujui. Dari pemeriksaan karakteristik aspal keras yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Tri Murti Patumbak).

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

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

4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

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

- a. Persentase terhadap batuan = 5,8 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5,5 %
- c. Berat sampel kering = 1166,8 gram

d. Berat sampel jenuh	= 1182,7 gram
e. Berat sampel dalam air	= 666,6 gram
f. Volume sampel	= 1182,7 – 666,6 = 516,1 cc
g. Berat isi sampel	= 11166,8 / 516,1 = 2,261 gr/cc
h. Berat jenis maksimum	= $\frac{100}{\left(\frac{100\%}{2,570}\right) - \left(\frac{5,5\%}{1,024}\right)}$ = 2,373 %
i. Persentase volume aspal	= $\frac{5,5\% \times 2,261}{1,024}$ = 12,142 %
j. Persentase volume agregat	= $\frac{(100 - 5,5\%) \times 2,261}{2,254}$ = 84,642 %
k. Persentase rongga terhadap campuran	= $100 - \left(\frac{100 \times 2,261}{2,373}\right)$ = 4,724 %
l. Persentase rongga terhadap agregat	= $100 - \left(\frac{2,261 \times 5,5\%}{2,254}\right)$ = 15,358 %
m. Persentase rongga terisi aspal	= $100 \times \left(\frac{15,358 - 4,724}{15,358}\right)$ = 69,239 %
n. Kadar aspal efektif	= 4,817
o. Pembacaan arloji stabilitas	= 158
p. Kalibrasi proving ring	= (4,05 x 158) = 640
q. Stabilitas akhir	= (134434 x 516,1 ^{-1,8897}) x 158 = 643
r. Kelelehan	= 2,40 mm

Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan serat serabut kelapa 0,2% dan serat daun nanas 0,3% dapat dilihat pada lampiran - lampiran.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di UPT Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga Dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*). Berikut analasi perhitungan untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan serat serabut kelapa 0,2% dan serat daun nanas 0,3% dapat dilihat pada Tabel 4.14 – 4.15.

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Bulk Density} &= \frac{\text{sample1} + \text{sample2}}{2} \\
 &= \frac{2,261 + 2,251}{2} &&= 2,256 \\
 \\
 2. \quad \text{Stability} &= \frac{\text{sample1} + \text{sample2}}{2} \\
 &= \frac{643 + 600}{2} &&= 622 \\
 \\
 3. \quad \text{Air Voids} &= \frac{\text{sample1} + \text{sample2}}{2} \\
 &= \frac{4,724 + 5,130}{2} &&= 4,927 \\
 \\
 4. \quad \text{VMA} &= \frac{\text{sample1} + \text{sample2}}{2} \\
 &= \frac{15,358 + 15,718}{2} &&= 15,538 \\
 \\
 5. \quad \text{Flow} &= \frac{\text{sample1} + \text{sample2}}{2} \\
 &= \frac{2,40 + 2,54}{2} &&= 2,47
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran Normal.

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

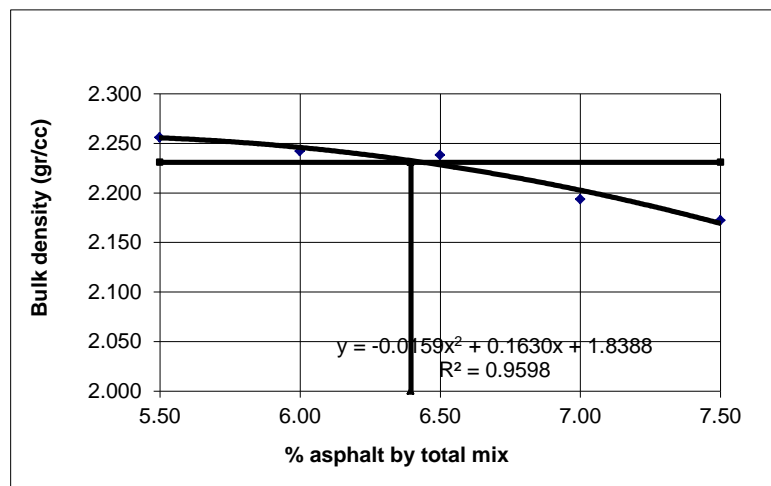
Tabel 4.15: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

Karakteristik	Kadar aspal %				
	5,5%	6%	6,5%	7%	7,5%
Bulk Density (gr/cc)	2,261	2,226	2,222	2,200	2,120
Stabilty (Kg)	789	769	906	848	687
Air Voids (%)	4,707	5,530	5,067	5,331	8,174
VMA (mm)	15,342	17,095	17,702	18,927	22,315
Flow (%)	2,28	2,32	2,65	2,72	2,88

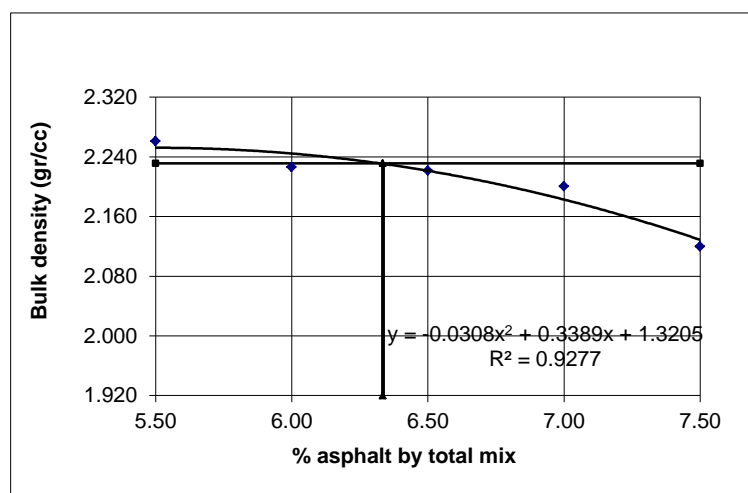
Dari hasil nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,3%, dapat juga dilihat pada Gambar 4.2 – 4.11.

a. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2%+ serat daun nanas 0,3%, dilihat pada Gambar 4.2. – 4.3.



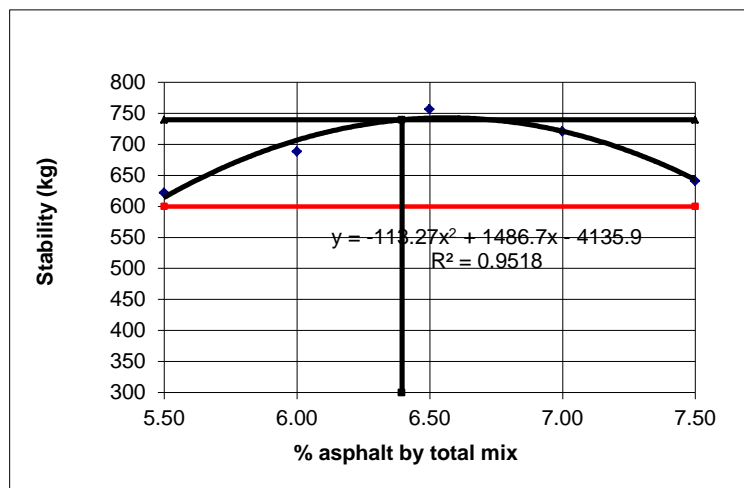
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) campuran normal.



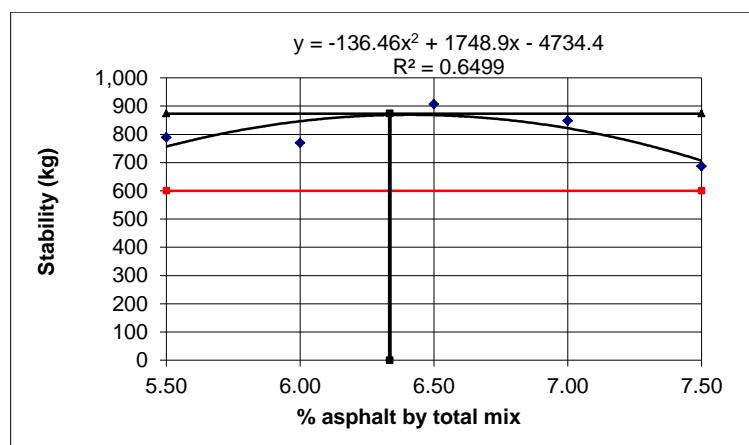
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) Serat Serabut Kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%, dilihat pada Gambar 4.4. – 4.5.



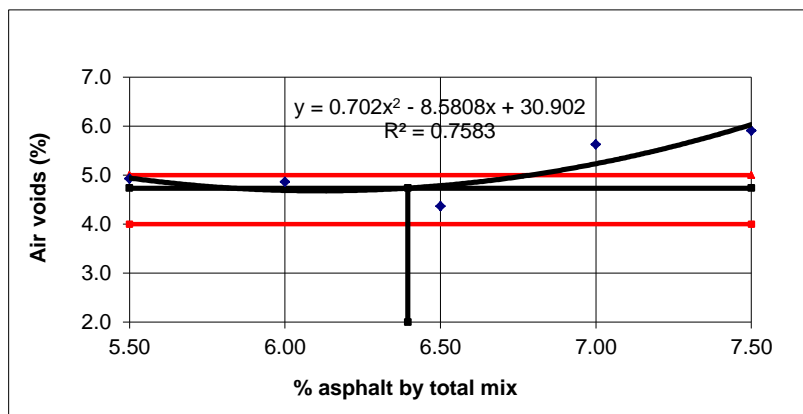
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.



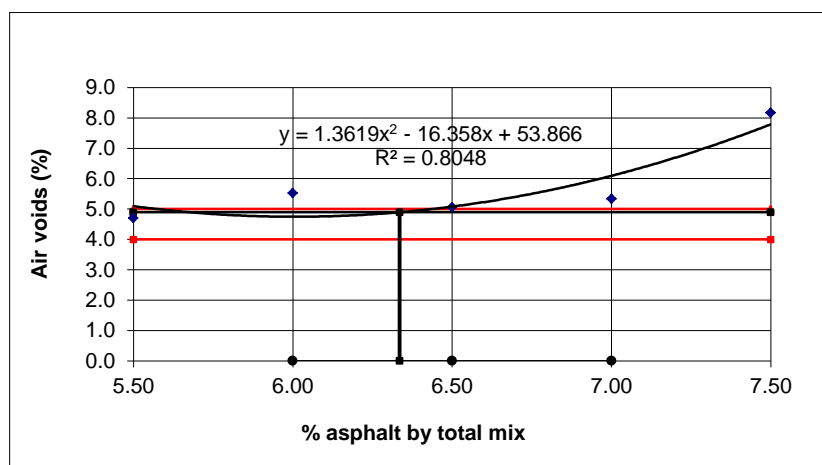
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) Serat Serabut Kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

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

Hasil nilai *air voids* (VIM) Pada aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%, dilihat pada Gambar 4.6. – 4.7.



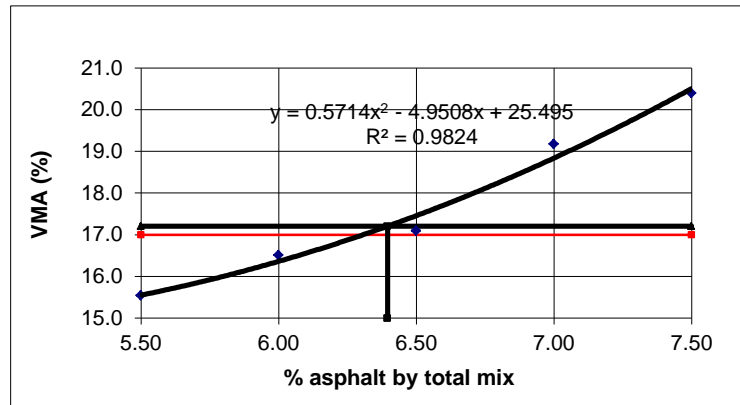
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran normal.



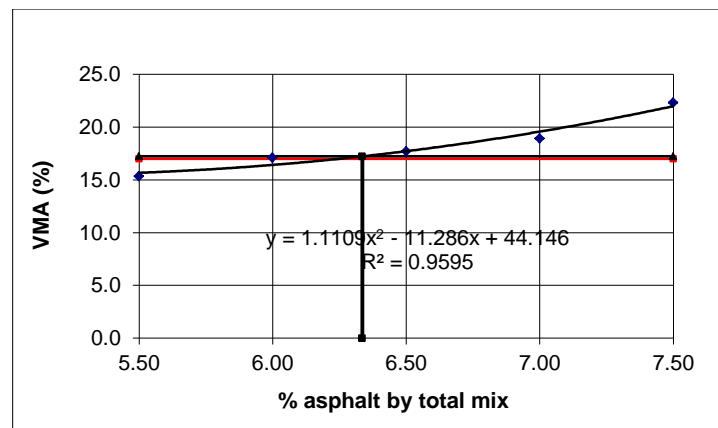
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Serat Serabut Kelapa 0,2%+ serat daun nanas 0,3%.

d. *Void In Mineral Agreggate* (VMA)

Hasil nilai VMA Pada aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%, dilihat pada Gambar 4.8. – 4.9.



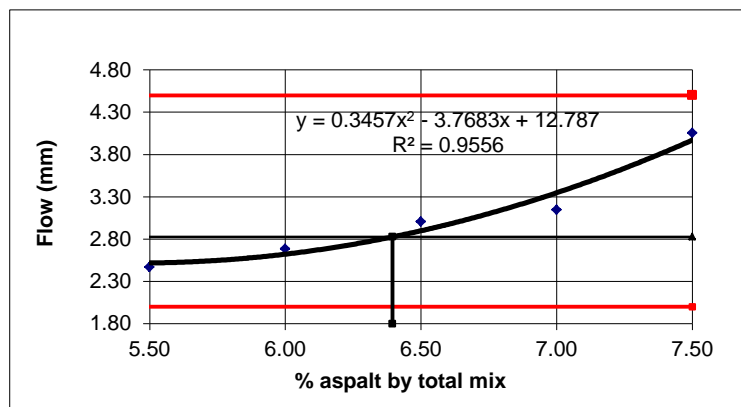
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.



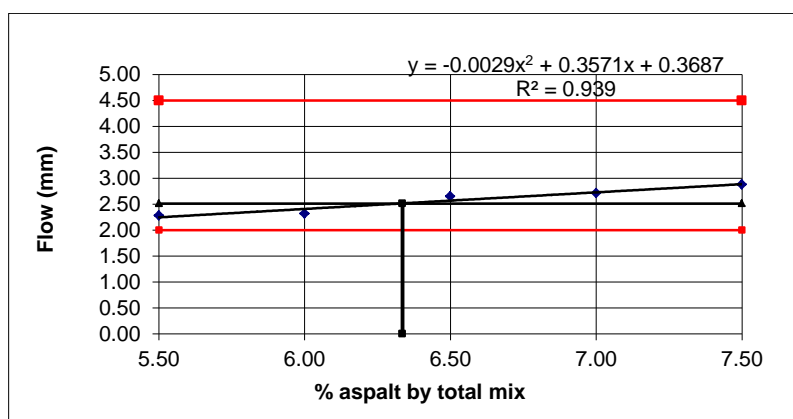
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Serat Serabut Kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

e. *Flow*

Hasil nilai *flow* Pada aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%, dilihat pada Gambar 4.10. – 4.11.



Gambar 4.10: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran normal.



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) Serat Serabut Kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

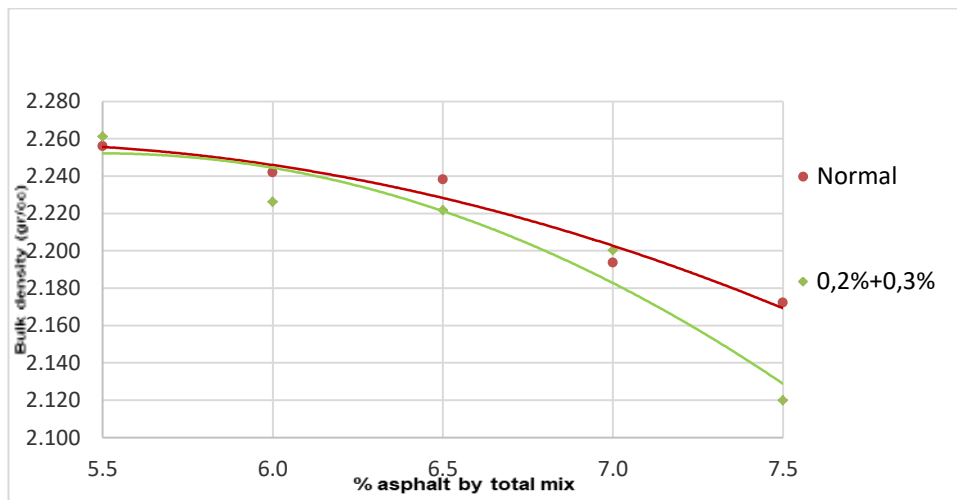
4.2. Pembahasan dan Analisis

4.2.1 Perbandingan Sifat *Marshall*

Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* campuran aspal Pertamina normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% untuk nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *VMA* dan *Flow* dapat dilihat perbandingan di antara kedua jenis campuran tersebut seperti yang ditunjukkan berikut.

a. Bulk Density

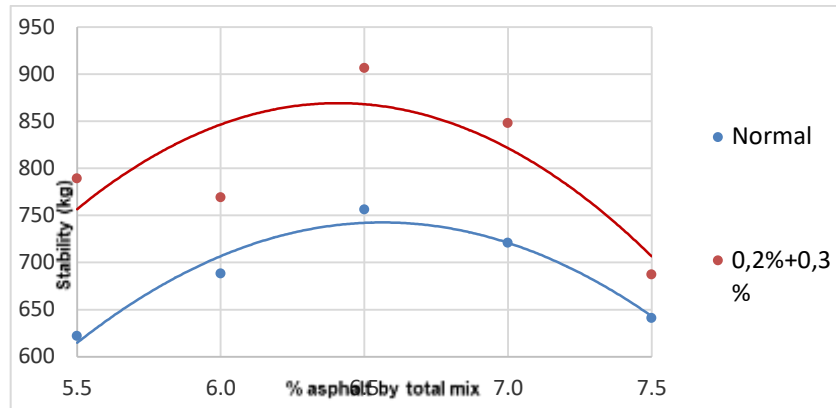
Dari hasil percobaan *Bulk Density* menunjukkan perbedaan nilai *Bulk Density* antara campuran aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%. Hasil *Bulk Density normal* lebih rendah pada saat di kadar aspal 5,5 di banding pada penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% yang tinggi, namun terjadi penurunan dan campuran normal naik pada kadar aspal 6% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12: Perbandingan nilai *Bulk Density* campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

b. *Stability*

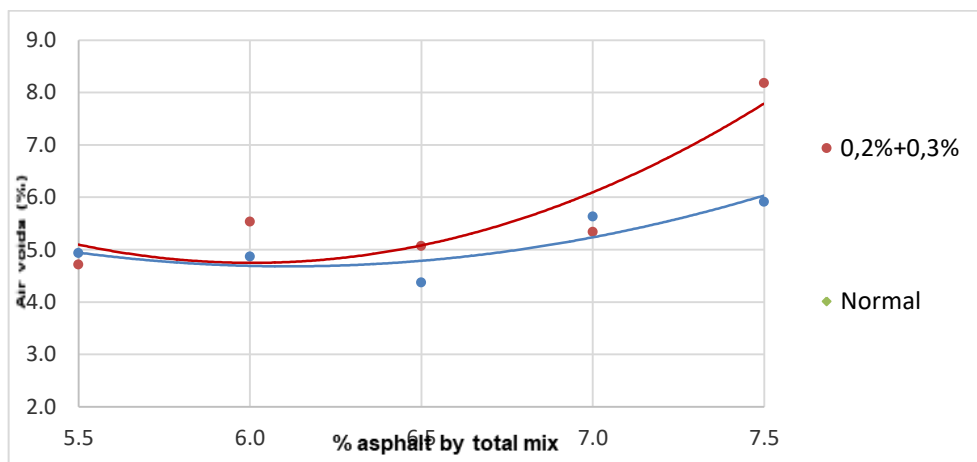
Hasil nilai *Stability* pada *Marshall* campuran aspal normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% menunjukkan perbandingan. Nilai *Stability* untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5%-7,5% berada di bawah nilai *Stability* campuran aspal SMA penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%. Serta pada penggunaan filler nilai *Stability* campuran SMA penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% berada di atas. Perbandingan nilai *Stability* di antara kedua campuran aspal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13: Perbandingan nilai *Stability* campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

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

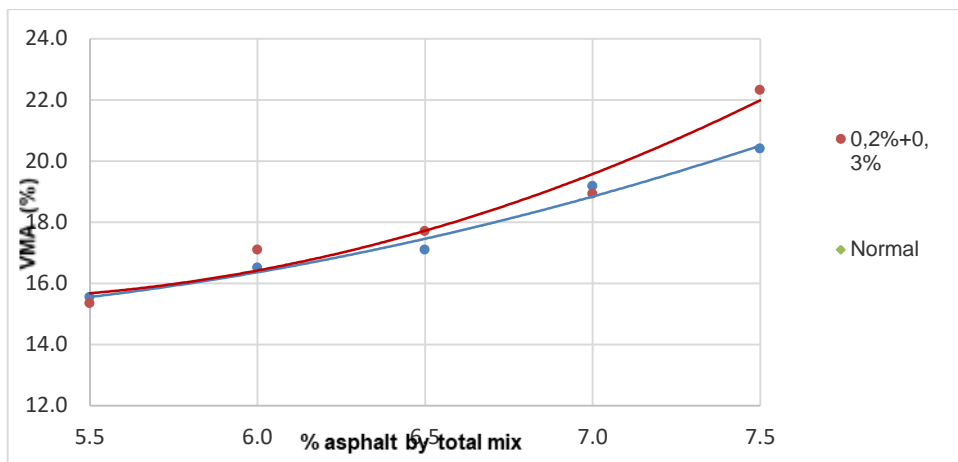
Hasil nilai VIM menunjukkan bahwa nilai VIM campuran SMA penambah seart serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% pada kadar aspal 5% menunjukkan nilai di bawah pada campuran normal, namun pada kadar aspal 6% mengalami kenaikan pada VIM campuran SMA penambah seart serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% dan campuran normal mengalami penurunan. dibandingkan nilai VIM pada campuran Normal dan *Filler* 4%. Sedangkan campuran SMA serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% dan campran normal dan pada kadar aspal 7,5% menunjukkan nilai VIM yang hampir sama. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14: Perbandingan nilai VIM campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

d. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

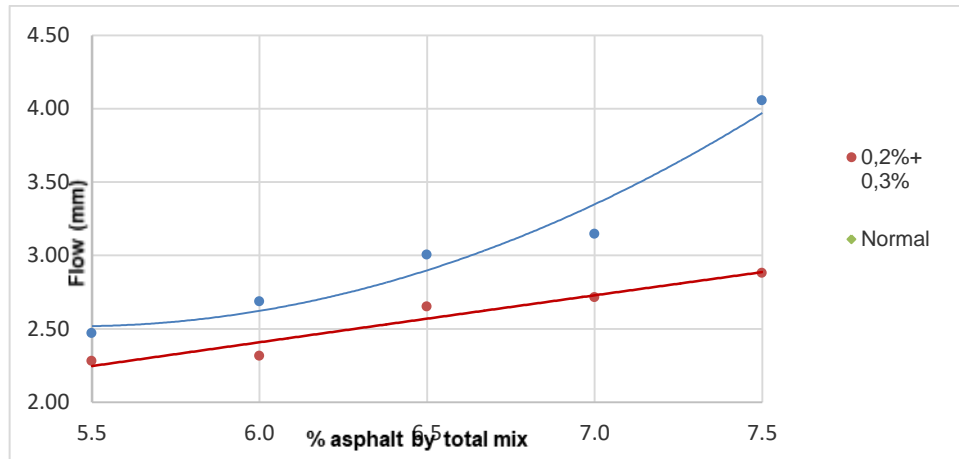
Perbedaan nilai VMA pada campuran Normal kadar aspal 5,5% berada diatas campuran SMA serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%, berbeda pada kadar aspal 6%-6,5% nilai VMA campuran aspal normal berada di bawah campuran SMA serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% menunjukkan perbandingan yang sedikit berbeda. Sedangkan campuran SMA serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% dan campran normal dan pada kadar aspal 7,5% menunjukkan nilai VIM yang hampir sama Perbandingan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15: Perbandingan nilai VMA campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

e. *Flow*

Hasil uji *Marshall Flow* menunjukkan bahwa nilai *Flow* pada campuran normal serta penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% menunjukkan perbandingan karakteristik *Marshall Flow*. Perbandingan di antara dua jenis campuran tersebut menunjukkan bahwa nilai *Flow* campuran aspal normal 5,5% - 7,5% berada diatas namun, pada campuran penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% pada kadar aspal 5,5%-7,5% menunjukan nilai yang berbeda berada dibawah campuran normal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.

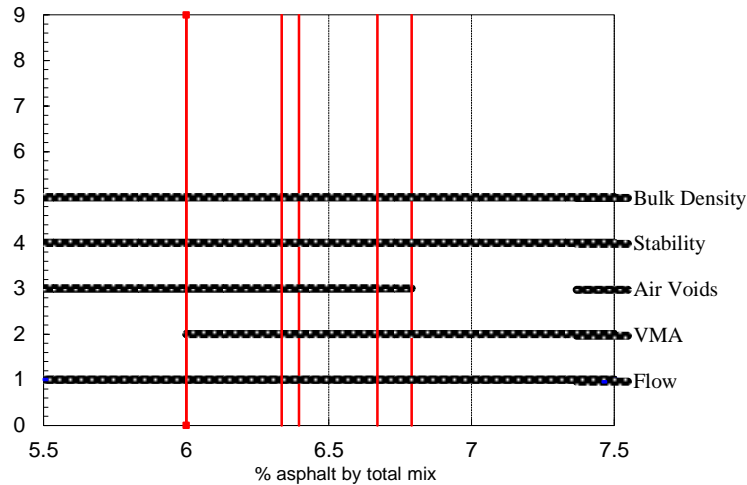


Gambar 4.16: Perbandingan nilai Flow campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

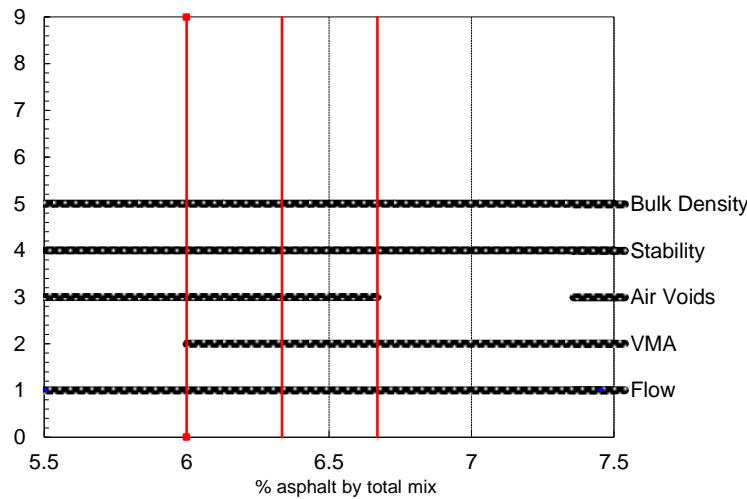
Hasil pemeriksaan karakteristik sifat campuran *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *VMA* dan *Flow* pada jenis campuran campuran aspal normal serta penambahan serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%. Menunjukkan bahwa ketiga jenis campuran tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari hasil nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *VMA* dan *Flow* dapat dilihat bahwa karakteristik jenis campuran tersebut memiliki perbandingan disetiap karakteristik sifat *Marshall*.

4.2.2. Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum

Setelah selesai melakukan pengujian di Laboratorium dan menghitung nilai-nilai *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, *VMA*, *Flow* maka secara grafis dapat ditentukan kadar aspal optimum campuran dengan cara membuat grafik hubungan antara nilai-nilai tersebut di atas dengan kadar aspal, yang kemudian memplotkan nilai-nilai yang memenuhi spesifikasi terhadap kadar aspal, sehingga diperoleh rentang (*range*) dan batas koridor kadar aspal yang optimum. Penentuan kadar aspal optimum untuk campuran aspal Pertamina normal serta penambahan serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3% dapat dilihat pada Gambar 4.16 - 4.18.



Gambar 4.17: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal normal.



Gambar 4.18: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal Penambah serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

Kadar aspal optimum diperoleh dengan cara mengambil nilai tengah dari batas koridor seperti yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.16: Kadar aspal optimum untuk campuran aspal normal serta penambahan serat serabut kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%.

No.	Karakteristik	Jenis Aspal	
		Normal	Serat Serabut Kelapa 0,2% + serat daun nanas 0,3%

1	Bulk Density (gr/cc)	2,231	2,231
2	Stability (Kg)	739	874
3	Air Voids (%)	4,74	4,89
4	VMA (%)	17,20	17,23
5	Flow (mm)	2,83	2,51
6	Asphalt Optimum (%)	6,40	6,34

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis pembahasan terhadap pengujian campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan serat serabut kelapa dan serat daun nanas sebagai *filler* diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian karakteristik sifat marshall pada campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang menggunakan serat serabut kelapa dan serat daun nanas sebagai serat selulosa dengan persen variasi 0,2% dan 0,3% didapat bahwa hasil pengujian tersebut memenuhi standart spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Hasil *Marshall Test* yang didapatkan diperoleh nilai tertinggi stabilitasnya sebesar 874 kg, *bulk density* sebesar 2,231 gr/cc, *flow* sebesar 2,51 mm, *void in mineral aggregate* sebesar 17,23%, *Air Voids* 4,89% Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan serat daun nanas memenuhi persyaratan *Marshall Test* Spesifikasi Bina Marga 2018.
3. Dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa hasil benda uji menggunakan serat serabut kelapa dan serat daaun nanas dapat memenuhi persyaratan *Marshall Test* Spesifikasi Bina Marga 2018.

5.2. Saran

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. Diharapkan agar lebih memahami prosedur pembuatan campuran aspal yang telah ditetapkan oleh SNI 03-6758-2002 agar memperkecil kesalahan dalam pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall*.
3. Jika ada yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut, gunakan serat selulosa lainnya agar campuran *Spilt Mastic Asphalt* ini dapat digunakan banyak orang dengan variasi serat lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, Furqon, 1999. *Campuran Split Mastic Asphalt Dan Pengaruh Kandungan Agregat Halusnya*, Bandung, Indonesia.
- Anselme Payen, 1838. Serat Selulosa
- Anonim. 2006. Pemanfaatan Serat Nanas. (<http://www.bbt.depperin.go.id>) 7 Desember 2012
- Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan, Seksi 6.3. Campuran Beraspal Panas*.
- Collins, R. 1996. *Split Mastic Asphalt – The Georgia Experience. Paper at The 1996 AAPA Pavement Industry Conference*. Georgia Department of Transportation, USA, Asphalt Review
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), *Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen*.
- Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi Volume I No. 1, 2011, *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi*, Palu, Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako.
- Laboratorium rekayasa jalan. 2001, *Modul Pratikum mix design*.
- Nurdin I. 1992. *Laporan Pengujian Serat Sellulosa Tipe Custom Fibre 31500*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan. Departemen P.U. Bandung.
- Rachmawati, N. dan Sugondo, J. 2001. *Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Serat Selulosa Pada Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Laporan Tugas Akhir*, Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.
- RSNI.M-01-2003, *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall*.
- RSNI.03-1737-1989, *Spesifikasi Umum 2005 Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum*.
- SNI 1969:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*
- SNI 1970:2008, *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*
- SNI 2417:2008, *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*
- SNI 03-6757-2002, *Metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal didapatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh*.

SNI 8129:2015, *Spesifikasi Stone Matrix Asphalt*.

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

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

Sunariyo, 2008. *Karakteristik Komposit Termoplastik Polipropilena dengan Serat Sabut kelapa sebagai Pengganti Bahan Palet Kayu*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 *Tentang Jalan*.

LAMPIRAN



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

Normal

Contoh Agregat Kalibrasi Prov Targetal	SMA 60/70	4,05	No					Material	Persen	Bulok	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal	Bj Gabung	s	t		
			1	2	3	4	5												
1	5,8	1.185,8	1.182,7	688,5	516,1	2.261	2,373	12,142	84,642	4,724	15,358	69,239	4,817	159	640	643	2,40	268	0,88
2	5,5	1.083,6	1.080,0	677,4	524,6	2.251	2,373	12,080	84,202	5,130	15,718	67,303	4,817	159	616	600	2,54	236	0,88
3	6,3	1.199,0	1.211,4	676,6	534,8	2.299	2,373	12,116	84,687	4,927	16,538	68,301	4,817	179	725	681	2,52	270	0,88
1	6,4	1.199,0	1.211,4	676,6	534,8	2.242	2,356	13,135	83,493	4,861	16,509	70,582	5,320	181	733	695	2,69	244	0,88
2	6,0	1.193,2	1.202,3	670,0	532,3	2.242	2,386	13,134	83,488	4,865	16,512	70,537	5,320	181	733	695	2,69	244	0,88
3	6,8	1.188,1	1.187,1	664,8	522,3	2.242	2,369	13,135	83,490	4,853	16,519	70,544	5,320	184	786	689	2,49	187	0,88
1	6,9	1.188,1	1.187,1	664,8	522,3	2.236	2,340	14,194	82,842	4,440	17,158	74,121	5,824	194	772	772	3,05	253	0,88
2	6,5	1.170,7	1.166,6	670,3	526,3	2.240	2,340	14,216	82,972	4,290	17,028	74,805	5,824	188	740	740	2,93	250	0,88
3	6,8	1.188,1	1.187,1	664,8	522,3	2.236	2,340	14,205	82,977	4,269	17,093	74,683	5,824	188	748	748	3,01	252	0,88
1	7,5	1.179,9	1.186,0	688,4	537,6	2.185	2,334	15,000	80,859	5,581	19,141	70,842	6,328	180	729	678	2,89	215	0,87
2	7,0	1.169,3	1.185,7	650,2	542,4	2.153	2,328	14,907	80,787	5,666	19,213	70,511	6,328	205	834	763	2,80	225	0,87
3	7,0	1.169,3	1.185,7	650,2	542,4	2.184	2,328	14,894	80,823	6,025	19,177	70,877	6,328	205	724	724	3,15	230	0,87
1	8,1	1.180,0	1.187,1	647,0	539,2	2.153	2,309	15,705	78,808	6,753	21,112	68,012	6,831	163	690	611	3,90	157	0,87
2	7,5	1.171,5	1.185,7	658,2	534,5	2.152	2,309	16,050	80,314	5,067	19,686	74,251	6,831	170	713	671	4,01	159	0,87
3	7,3	1.171,5	1.185,7	658,2	534,5	2.172	2,305	16,007	79,801	6,810	20,269	71,337	6,831	164	641	641	4,59	150	0,87

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

$$h = \frac{100}{\frac{\% agregat}{b} + \frac{\% aspal}{d}}$$

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

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

Medan, April 2019
 diperiksa Oleh :
 (Signature)

Rudi Kusnadi
 NIP. 19690801 199203 1 005

FORMULIR

No. Formulir

Terbitan/Revisi

Tanggal Revisi

RESUME HASIL PENGUJIAN DESIGN MIX FORMULA PROPERTIES ASPAL

Halaman 1 dari 1


1. a. Pengirim Contoh : KPA UPTJJ-Padangsidimpuan Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara
- b. Proyek : UPTJJ Medan Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara
- c. Paket : Peningkatan Struktur Jalan Provinsi Ruas Seribu Dolok - Saran Padang di Kab. Simalungun
2. Jenis Pekerjaan : Properties Aspal
3. Sumber Material : Ex.
4. Diterima Tanggal :
5. Dikerjakan Tanggal :
6. Selesai Tanggal :

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi *)	Satuan
1.	Penetrasi pada 250 C 100 gram 5 detik	SNI 2456 : 2011	66,15	60 - 70	0,1 mm
2.	Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,20	≥ 48	° C
3.	Daktilitas pada 250 C, 5cm/menit	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	cm
4.	Kelarutan dalam C2HCL3	SNI 2438 : 2015	99,93	≥ 99	%
5.	Titik Nyala (TOC)	SNI 2433 : 2011	325	≥ 232	° C
6.	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0241	≥ 1,0	-
7.	Kehilangan Berat (TFOT)	SNI 2440 : 2011	0,0619	≤ 0,8	%
8.	Penetrasi setelah TFOT	SNI 2456 : 2011	98,72	≥ 54	% semula
9.	Daktilitas setelah TFOT	SNI 2432 : 2011	100	≥ 50	cm
10.	Temperatur Pencampuran (170 ± 20 cSt)	SNI 7729 : 2011	152 - 158	-	° C
11.	Temperatur Pemasatan (280 ± 30 cSt)	SNI 7729 : 2011	138 - 144	-	° C
12.	Kadar Parafin	SNI 03-3639-2002	2	≤ 2	%

*) : Spesifikasi Umum 2018

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :



Rudi Kusnadi

NIP. 19690301 199203 1 005

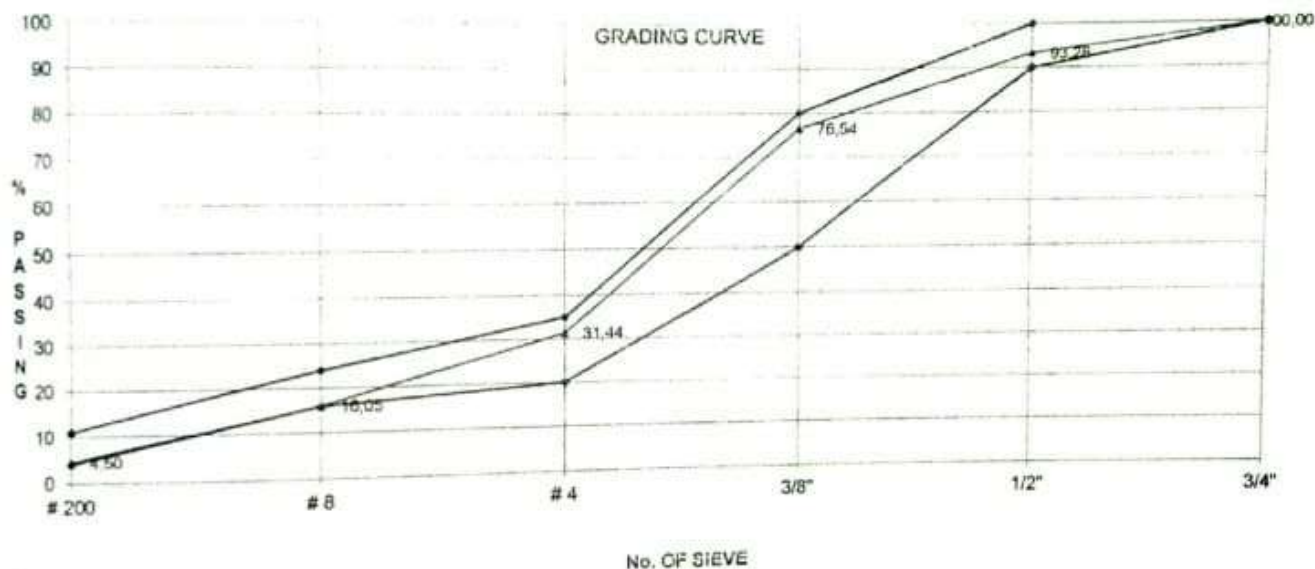


UPT LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
 DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
 PROVINSI SUMATERA UTARA
 JALAN SAKTI LUBIS NO. 7-R
 Telp./ Fax. (061) 7867172 Medan



ANALISA SARINGAN

SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	TOTAL SIEVE SIZE	COMBINE GRADING						AVG
		WT. RET	% RET	% PASS			1	2	3	4	5	6	
							2%	32%	45%	11%	10%	0%	100%
3/4"					100 100	19,00	2,00	32,00	45,00	11,00	10,00		100,00
1/2"					90 100	12,50	2,00	25,28	45,00	11,00	10,00		93,28
3/8"					50 80	9,50	2,00	14,84	38,70	11,00	10,00		76,54
# 4					20 35	4,75	2,00	3,83	4,61	11,00	10,00		31,44
# 8					16 24	2,36	2,00	0,15	2,09	2,70	9,11		16,05
# 200					4 11	0,075	2,00	0,00	0,89	0,00	1,61		4,50



Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi
 NIP. 19630801 199203 1 005



LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan Telp. (061)6622400

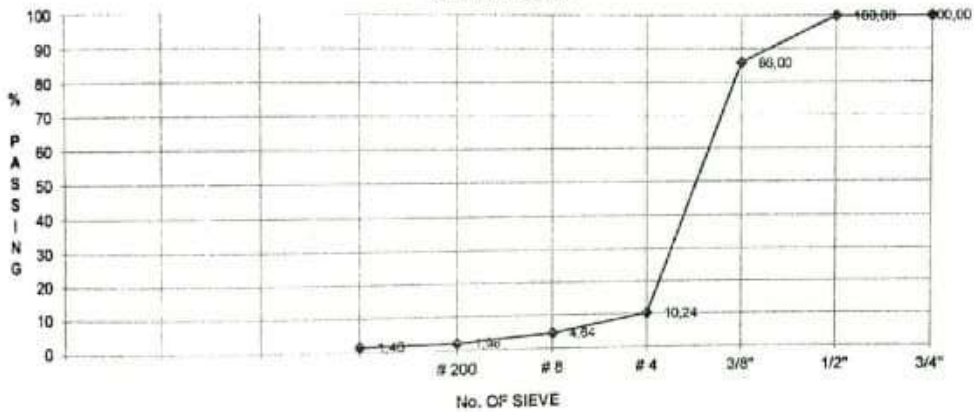


ANALISA SARINGAN

1/2"

TOTAL = 2.500,0 Gr		TOTAL = 2.500,0 Gr				TOTAL = 2.500,0 Gr					
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
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"	400,0	400,0	16,00	84,00		3/8"	300,0	300,0	12,00	88,00	88,00
# 4	1.800,0	2.200,0	88,00	12,00		# 4	1.988,0	2.288,0	91,52	8,48	10,24
# 8	130,0	2.330,0	93,20	6,80		# 8	150,0	2.438,0	97,52	2,48	4,64
# 200	85,0	2.415,0	96,60	3,40		# 200	48,0	2.486,0	99,44	0,56	1,98
Pan	11,0	2.426,0	97,04	2,96		Pan	14,0	2.500,0	100,00	0,00	1,48
Total	2426	74				Total	2500	0			

GRADING CURVE



NOTES

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi
NIP. 19690801 199203 1 005



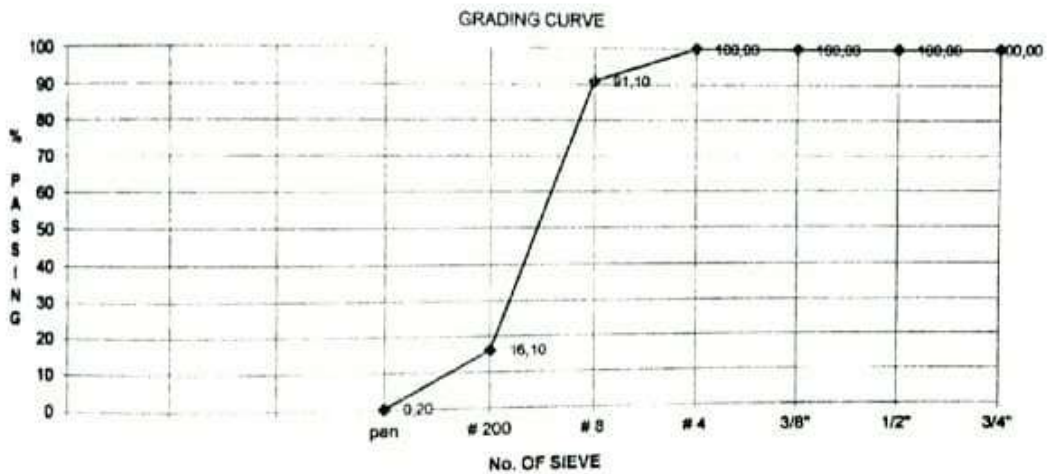
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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



ANALISA SARINGAN

TOTAL = 500,0 Gr					TOTAL = 500,0 Gr					Sand	
SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			SPEC LIMIT	SIEVE SIZE	INDIVIDU WT. RET	CUMMULATIVE			AVG
		WT. RET	% RET	% PASS				WT. RET	% RET	% PASS	
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	100,00		# 4	0	0,00	100,00	100,00	
# 8	49	49	9,80	90,20		# 8	40,00	40,00	8,00	92,00	91,10
# 200	321	370	74,00	26,00		# 200	429,00	469,00	93,80	6,20	16,10
pan	128	498	99,60	0,40		pan	31,00	500,00	100,00	0,00	0,20
	0						0				
Total Lengser =		498	2,0		Total Lengser =		500	0,0			



NOTES

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi
 NIP. 19690801 199203 1 005



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
UPT. LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI

Jln. Sakti Lubis No 7 - R Telp / Fax (061) 7867172 Medan

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi)	LAB NO. (No Surat)	:
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn)	: April 2019
	TESTING DATE (Tgl. Percobaan)	: April 2019

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

FINE AGGREGATE (<i>Agregat Halus</i>) Passing No.4 (<i>Lolos Ayakan No.4</i>)	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) (A)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (Bk)	496	495,5	495,75
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	676,9	687,3	682,1
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	958,9	963,3	961,1
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2,28	2,21	2,244
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2,29	2,23	2,263
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,32	2,26	2,288
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	0,81	0,91	0,857

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi

NIP. 19690801 199203 1 005



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
UPT. LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
Jln Sakti Lubis No. 7 - R Telp/ Fax (061) 7867172 Medan

SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorpsi)	LAB NO. (No Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhu : April 2019 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : April 2019
--	---

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)	491,4	492,4	491,9
Berat Piknometer Di Isi Air (25°) (B)	678,1	684,1	681,1
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (25°) (Bt)	954,1	963,1	958,6
			2,211
Berat Jenis (Bulk) $Bk / (B + A - Bt)$	2,19	2,23	2,247
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $A / (B + A - Bt)$	2,23	2,26	2,294
Berat jenis contoh Semu $Bk / (B + Bk - Bt)$	2,28	2,31	
Absorption $(A - Bk) / Bk \times 100 \%$	1,75	1,54	1,647

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi
NIP. 19690801 199203 1 005



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
UPT. LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI

Jln. Sakti Lubis No. 7 - R Telp/ Fax. (061) 7867172 Medan

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan	LAB NO. (No Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn : April 2019 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : April 2019
---	---

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>) 1/2"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Jenis Kering Oven (BK) gr	5116	5116	5116
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) gr	5198	5208	5203
Berat Benda Uji Di Dalam Air (BA) gr	3224	3214	3219
			2,579
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) BK / (BJ-BA)	2,592	2,566	2,623
Bulk Sp. Gravity SSD (Berat jenis contoh SSD) BJ / (BJ-BA)	2,633	2,612	2,697
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh Semu) BK / (BK-BA)	2,704	2,690	1,701
Absorption $[(BJ-BK) / BK] \times 100\%$	1,603	1,798	

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi

NIP. 19690801 199203 1 005



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
UPT. LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI

Jln. Sakti Lubis No. 7 - R Telp./ Fax. (061) 7867172 Medan

SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan	LAB NO. (No Surat) : SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan Bhn : April 2019 TESTING DATE (Tgl. Percobaan) : April 2019
---	---

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

MEDIUM AGGREGATE (<i>Agregat</i> 3/8"	01	02	AVE (Rata-Rata)
Berat Jenis Kering Oven (BK) gr	3110	3110	3110
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (SSD) gr	3160	3140	3150
Berat Benda Uji Di Dalam Air (BA) gr	1955	1975	1965
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) BK / (BJ-BA)	2,581	2,670	2,625
Bulk Sp. Gravity SSD (Berat jenis contoh SSD) BJ / (BJ-BA)	2,622	2,695	2,659
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh Semu) BK / (BK-BA)	2,693	2,740	2,716
Absorption $[(BJ-BK)/BK] \times 100\%$	1,608	0,965	1,286

Medan, April 2019

diperiksa Oleh :

Rudi Kusnadi

NIP. 19690801 199203 1 005

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI
UPT. LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
DINAS BINA MARGA & BINA KONSTRUKSI
PROVINSI SUMATERA UTARA



Gambar L1: Pengambilan Material Agregat Halus dan Kasar di CV.Barokah.



Gambar L2: Serat Daun Nanas Yang Digunakan Pada Saat Penelitian



Gambar L3: Analisa Saringan.



Gambar L4: Mencampur agregat halus, agregat kasar, Serat daun nenas sebelum dipanaskan dan dicampur dengan aspal.



Gambar L5: Aspal Pen 60/70.



Gambar L6: Penumbukan benda uji



Gambar L7: Pengujian Bulk Density



Gambar L8: Pengujian Waterbath.



Gambar L9: Sample Benda Uji.



Gambar L10: Pengujian *Marshall Test*.



Gambar L11: Serat Serabut Kelapa Yang Digunakan Pada Saat Penelitian

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama Lengkap : Devi Rizki Wulan Oktaviani
Panggilan : Devi
Tempat, Tanggal Lahir : Diski, 12 Oktober 1997
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat KTP : Dusun VI Sridadi No. 18
Deli Serdang
No. HP : 082168268467
E-mail : devirizki12@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1507210105
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 TAMAN SISWA DISKI	2009
2	SMP	MTS MIFTAHUL FALLAH	2012
3	SMA	SMK N 2 BINJAI	2015
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Sampai Selesai.		