

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN SERAT IJUK 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:

FADZIL NOOR HASIBUAN
NPM. 1507210197



**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 : Fadzil Noor Hasibuan
NPM : 1507210197
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Bahan
Penambah Serat Selulosa Pada Campuran *Split
Mastic Asphalt* (SMA)
Bidang ilmu : Transportasi

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I

Ir. Sri Asfiati, MT

Dosen Pembimbing II

Hj. Irma Dewi, ST, M, Si

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fadzil Noor Hasibuan

NPM : 1507210197

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk 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:

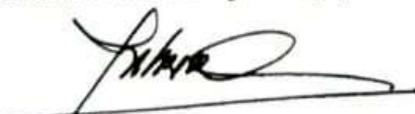
Dosen Pembimbing I/Penguji


Ir. Sri Asfiati MT

Dosen Pembimbing II/Penguji

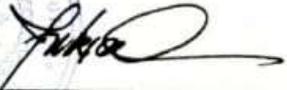

Hj. Irma Dewi, ST, M, Si

Dosen Pembanding I/Penguji


Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M, Sc

Dosen Pembanding II/Penguji


Ir. Zurkiyah, MT


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 : Fadzil Noor Hasibuan

Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 28 Juli 1996

NPM : 1507210197

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

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

“Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk 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 ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan 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,



Fadzil Noor Hasibuan

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN SERAT IJUK SEBAGAI BAHAN PENAMBAH SERAT SELULOSA PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA) (*Studi Penelitian*)

Fadzil Noor Hasibuan

1507210197

Ir. Sri Asfiati , 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 ijuk sebagai bahan tambah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan serat ijuk sebagai bahan tambah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat ijuk akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Dari data *Marshall Test* yang didapatkan diperoleh nilai tertinggi stabilitasnya sebesar 739 kg, *bulk density* sebesar 2,230 gr/cc, *flow* sebesar 2,68 mm, *void in mineral aggregate* sebesar 17,37%, *Air Voids* 4,90% Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan serat ijuk memenuhi persyaratan *Marshall Test*.

Kata kunci: Serat Selulosa, Serat Ijuk, *Split Mastic Asphalt* (SMA).

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF USE OF PALM FIBER AS A CELLULOSE FIBER ADDITION MATERIAL IN MIXED SPAST MASTIC ASPHALT (SMA) (Research Studies)

Fadzil Noor Hasibuan
1507210197
Ir. Sri Asfiati , 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 research tries to use palm fibers as added material. This study aims to determine how much the value of Marshall characteristics in asphalt mixture by using palm fibers as added material. The results showed that the use of palm fibers would affect the characteristics of the asphalt mixture. The Marshall Test data obtained the highest value of stability of 739 kg, bulk density of 2,230 gr / cc, flow of 2,68 mm, void in mineral aggregate of 17.37%, Air Voids 4,90% So it can be concluded that the content palm fibers meets Marshall Test requirements.

Keywords: Cellulosa fibers, Palm Fibers, Split Mastic Asphalt (SMA).

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 Ijuk 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. Ibu Ir. Sri Asfiati, MT selaku Dosen Pembimbing I 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 selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 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 selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Ir. Zurkiyah, MT, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury 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 Awaluddin Hasibuan dan Ibu Nurmainah Harahap S.pd, terimakasih banyak untuk semua doa dan kasih sayang tulus yang tak ternilai harganya, serta telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis saya..
9. Sahabat-sahabat penulis dan penelitian: Defri Ari Ramadhan, M. Iqbal Azhari Lubis, Devi Rizki Wulan Oktavian. Kelas A3 dan B3 Malam serta seluruh angkatan 2015 yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
10. Dan sahabat-sahabat saya, Pasprastu (Pasukan Pengibar Bendera SMK N 1) angkatan XV yang telah banyak memberi motivasi dan juga dukungannya.

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, 17 September 2019

Fadzil Noor Hasibuan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
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. Rang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	6
2.2. Jenis Campuran Aspal	7
2.3. Agregat	8
2.3.1. Agregat Kasar	12
2.3.1. Agregat Halus	13
2.3.3. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	14
2.3.4. Gradasi Agregat Gabungan	15
2.4. Berat Jenis Dan Penyerapan	16

2.4.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	19
2.4.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	19
2.5. Bahan Tambah	21
2.5.1. Bahan Aditif (Serat Ijuk)	21
2.5.2. Hubungan Kadar Ijuk Dengan Stabilitas	22
2.6. Serat Selulosa	22
2.7. Aspal	23
2.7.1. Sumber Aspal	24
2.7.2. Aspal Hasil Destilasi	24
2.7.3. Aspal Alam	28
2.7.4. Sifat-Sifat Kimia Aspal	29
2.7.5. Sifat-Sifat Fisik Aspal	30
2.7.6. Pemeriksaan <i>Provertis</i> Aspal	32
2.8. <i>Split Mastic Asphalt</i>	34
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Bagan Alir Metode Penelitian	37
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.3. Metode Penelitian	38
3.4. Pengumpulan Data	38
3.5. Material Untuk Penelitian	38
3.6. Prosedur Penelitian	39
3.7. Pemeriksaan Bahan Campuran	39
3.7.1. Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus	39
3.7.2. Alat Yang Digunakan	40
3.7.3. Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles	41
3.8. Prosedur Pekerjaan	41
3.8.1. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	41
3.8.2. Tahapan Pembuatan Bend Uji	42
3.8.3. Metode Pengujian Benda Uji	44
3.8.4. Penentuan Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	44
3.8.5. Pengujian Stabilitas (<i>Stability</i>) dan Kelelehan (<i>Flow</i>)	45

3.8.6. Penyajian Data	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	50
4.1.1. Pemeriksaan Gradasi Agregat	50
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	54
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal	57
4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	58
4.2. Pembahasan Dan Analisis	65
4.2.1. Pebandingan Sifat Marshall	65
4.2.2. Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum	69
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Nominal Minimum Campuran beraspal	7
Tabel 2.2	Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Bina Marga, 2018).	13
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Halus	14
Tabel 2.4	Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	16
Tabel 2.5	Persyaratan Serat Selulosa Untuk SMA	23
Tabel 2.6	Ketentuan Untuk Aspal Keras	26
Tabel 3.1	Data Analisa Saringan Agregat Kasar	47
Tabel 3.2	Data Analisa Saringan Agregat Halus	47
Tabel 3.3	Data Berat Jenis Agregat Kasar	47
Tabel 3.4	Data Berat Jenis Agregat Halus	48
Tabel 3.5	Data <i>Marshall</i>	49
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ Inch	50
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar (Ma) $\frac{1}{2}$ Inch	51
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>).	51
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus Abu Bat (Cr)	52
Tabel 4.5	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Standar	52
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Standar	54
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Penggunaan Serat Ijuk 0,3%.	54
Tabel 4.8	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar CA $\frac{3}{4}$ Inch	55
Tabel 4.9	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar MA $\frac{1}{2}$ Inch	56

Tabel 4.10	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Pasir (<i>Sand</i>)	56
Tabel 4.11	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu (Cr)	57
Tabel 4.12	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Tri Murti Patumbak)	58
Tabel 4.13	Rekapitulasi Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran Normal	60
Tabel 4.14	Rekapitulasi Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran Penambah Serat Ijuk 0,3	61
Tabel 4.15	Kadar aspal optimum untuk campuran aspal normal serta penambahan serat ijuk 0,3%	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Berat Jenis Agregat	17
Gambar 2.2	Ilustrasi Proses Penyulingan Minyak	24
Gambar 2.3	Tipikal Temperatur Destilasi Minyak Bumi Dan Produk Yang Dihasilkan	25
Gambar 2.4	Perbandingan Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA) dan <i>Hot Mix Asphalt</i> (HMA)	35
Gambar 4.1	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat Normal	53
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) Campuran Normal	61
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) Serat Ijuk 0,3%	62
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (Kg) Campuran Normal	62
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (Kg) Serat Ijuk 0,3%	63
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) Campuran Normal	63
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) Serat Ijuk 0,3%	63
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan VMA (%) Campuran Normal	64
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan VMA (%) Serat Ijuk 0,3%	64
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan Flow (mm) Campuran Normal	65
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan Flow (mm) Serat Ijuk 0,3%	65
Gambar 4.12	Perbandingan Nilai <i>Bulk Density</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Ijuk 0,3%	66
Gambar 4.13	Perbandingan Nilai <i>Stability</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Ijuk 0,3%	66
Gambar 4.14	Perbandingan Nilai VIM Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Ijuk 0,3%	67

Gambar 4.15	Perbandingan Nilai VMA Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Ijuk 0,3%	68
Gambar 4.16	Perbandingan Nilai <i>Flow</i> Campuran Aspal Normal Serta Penggunaan Penambah Serat Ijuk 0,3%	68
Gambar 4.17	Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Normal	69
Gambar 4.18	Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Penambah Serat Ijuk 0,3%	70

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

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

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

AC-WC	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AC-Base	= <i>Asphalt Concrete-Base</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
AMP	= <i>Asphalt Mixing Plant</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

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.(undang-undang no.38 tahun 2004 tentang jalan).

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.

Menurut Herman (2001), *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.

Sedangkan menurut Suryanto (1997), *Split Mastic Asphalt* (SMA) adalah 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.

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 diharapkan mampu memberikan umur teknis yang relatif lebih panjang dan nilai kekesatan permukaan yang optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serat serabut kelapa sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*) jenis SMA.

Berdasarkan hasil penelitian Sugiyanto (2008) penambahan agregat dengan serbuk ban bekas mampu menambah ketahanan campuran aspal terhadap air, sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan.

Sedangkan alasan pemilihan aspal keras penetrasi 60/70 sebagai bahan campuran uji dikarenakan Aspal penetrasi 60/70 adalah bagian dari aspal keras yang memiliki densitas (berat jenis) sebesar 1,0 gr/cm³. Aspal penetrasi 60/70 memiliki titik lembek 48-58° C, titik leleh 160° C dan titik nyala 200° C. Pada aplikasinya aspal penetrasi 60/70 ini digunakan untuk pembuatan jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah dengan cuaca iklim yang panas. aspal jenis ini memiliki karakteristik, terutama bila dilihat pada titik leleh dan berat jenis. Selain itu aspal jenis ini merupakan jenis aspal yang paling umum dan sering digunakan untuk pembuatan jalan di Indonesia, karena sesuai dengan kondisi iklim tropis di Indonesia.

Aspal yang ditambah dengan karet telah lama dikenal untuk memperbaiki sifat reologi pada suhu rendah dan tinggi dan membuat daya tahan lebih lama 3 kali lipat dibandingkan dengan aspal konvensional. Meskipun harga aspal yang ditambah dengan karet tersebut jauh lebih tinggi daripada aspal konvensional, keuntungan yang diperoleh dengan penambahan umur aspal modifikasi tersebut menjadikan total harga yang lebih murah.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, penulis meneliti dan menganalisis karakteristik *Marshall* dengan penambahan *Serat Selulose* dengan serat ijuk. Adapun rangkaian campuran *hotmix* yang akan diteliti adalah *Split Mastic Asphalt (SMA)* 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 berat kan pada:

1. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian *Marshall*
2. Gradasi agregat berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018
3. Sifat Campuran Aspal dan Pengujian *Marshall* berdasarkan spesifikasi umum 2018.
4. Penelitian yang dilakukan hanya terbatas pengujian di laboratorium dan tidak melakukan 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 2018
2. Untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) pada campuran SMA terhadap serat selulosa dengan serat ijuk Variasi 0,3 %.

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 ijuk 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 ijuk sisa hasil panen dari perkebunan pelepah daun enau atau aren (*Arenga pinnata*).

1.6. Sistematis 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 *Sellulose*.

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. Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dibedakan dalam tiga jenis campuran, yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari 2 kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan. Beberapa jenis campuran aspal panas yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

1. AC (*Asphalt Concrete*) atau laston (lapis beton aspal)
2. HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau lataston (lapis tipis beton aspal)
3. HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) atau latasir (lapis tipis aspal pasir).

Laston (AC) dapat dibedakan menjadi dua tergantung fungsinya pada konstruksi perkerasan jalan, yaitu untuk lapis permukaan atau lapisan aus (*AC-wearing course*) dan untuk lapis pondasi (*AC-base*, *AC-binder*, *ATB (Asphalt Treated Base)*). Lataston (HRS) juga dapat digunakan sebagai lapisan aus atau lapis pondasi. Latasir (HRSS) digunakan untuk lalu-lintas ringan (< 500.000 ESA).

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: Tabel Nominal Minimum Campuran beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

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

2.2. Jenis Campuran Beraspal

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

1. *Split Mastic Asphalt* (SMA).

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

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

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang disebut juga HRS, terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS Fondasi, (*HRS-Base*) dan HRS Lapis Aus (*HRS-*

Wearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

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

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

2.3. Agregat

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Agregat alam (*natural aggregates*).

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

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

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

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

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

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

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

3. Agregat buatan

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

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

2.3.1. Agregat Kasar

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

Tabel 2.2: Ketentuan agregat kasar (Spesifikasi 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	ASTM D4791 - 10 Maks 5 %
		Lainnya	Perbandingan 1 : 5 Maks 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2	Maks 1 %

2.3.2. Agregat Halus

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

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu.
2. Digunakan *scalping screen*, dari hasil pemecah batu tahap pertama tidak boleh langsung digunakan.
3. Diperoleh dari hasil tahap pertama harus di pisahkan dengan *vibro scalping screen* antara mesin pemecah tahap pertama dengan mesin pemecah tahap kedua.

4. Material tertahan oleh *vibro scalping screen* akan dipecah oleh mesin pemecah tahap kedua, hasil pengayakan dapat digunakan sebagai agregat halus.
5. 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 2.3.

Tabel 2.3: Ketentuan agregat halus (Spesifikasi 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%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10 %

2.3.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. Didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074) dan yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau debu kapur padam, debu kapur magnesium, dolomite, semen dan abu terbang tipe C dan F yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014). Debu batu (*stone dust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, bila diuji dengan penyaringan harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% dari yang lolos saringan No.30 (0,600 mm) dan mempunyai sifat non plastis. Bahan pengisi yang ditambahkan semen dan bahan pengisi lainnya harus rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat, khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya.

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

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

2.3.4. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.4. Untuk memperoleh gradasi HRS - WC atau HRS - *Base* yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No. 8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No. 30 (0,600 mm). Gradasi agregat merupakan salah satu sifat agregat yang menentukan kinerja perkerasan jalan, setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat dalam setiap spesifikasi perkerasan jalan. Agregat campuran merupakan agregat yang diperoleh dari mencampur secara proporsional fraksi fraksi agregat yang ada.

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran.

Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lobs 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

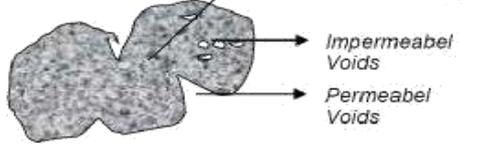
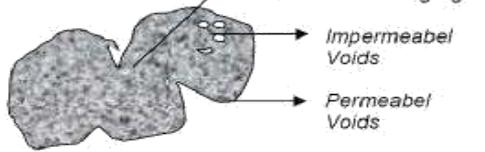
2.4. Berat Jenis Dan Penyerapan

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara massa dan volume dari bahan yang kita uji. Sedangkan penyerapan berarti tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Jumlah rongga atau pori yang didapat pada agregat disebut porositas.

Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran aspal dengan agregat, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibandingkan dengan perbandingan volume dan juga untuk menentukan banyaknya pori agregat. Berat jenis yang kecil akan mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat sama akan dibutuhkan aspal yang banyak dan sebaliknya.

Agregat dengan kadar pori besar akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak karena banyak aspal yang terserap akan mengakibatkan aspal menjadi lebih tipis. Penentuan banyak pori ditentukan berdasarkan air yang dapat

terarbsorbsi oleh agregat. Nilai penyerapan adalah perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan agregat pada kondisi kering.

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

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

Ada beberapa macam berat jenis yaitu:

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

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

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

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

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

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

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

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

Berat Jenis *bulk*, dipandang volume menyeluruh agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi oleh air setelah direndam selama 24 jam. Berat Jenis Semu, volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam. Berat Jenis Efektif, volume dipandang volume menyeluruh dari agregat tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal. Dapat dinyatakan dengan Pers. 2.1 – 2.3.

Berat Jenis Semu:

$$G_{sa} = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w} \quad (2.1)$$

Berat Jenis Curah:

$$G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp}) \cdot \gamma_w} \quad (2.2)$$

Berat Jenis Efektif:

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_{pp} - V_{ap}) \cdot \gamma_w} \quad (2.3)$$

keterangan:

W_s = Berat agregat kering

γ_w = Berat Isi air = 1 g/cm³

V_s = Volume bagian padat agregat

V_{pp} = Volume pori meresap aspal

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

2.4.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

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

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

$$S_d = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (2.4)$$

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

$$S_s = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (2.5)$$

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

$$S_a = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (2.6)$$

4. Penyerapan air (*absortion*) :

$$S_w = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dengan keterangan:

B_k = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh, dalam gram

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

2.4.2. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

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

Alat dan prosedur pengujian sesuai dengan SNI 03-1970-1990 dengan garis besar sebagai berikut:

1. Sekitar 1000 gram agregat halus dikeringkan sampai berat tetap.
2. Benda uji direndam di dalam air selama 24 jam.
3. Membuang air rendaman, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara dengan cara membalik-balikkan benda uji, lakukan pengeringan hingga tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
4. Benda uji kering permukaan jenuh sebanyak 500 gram (A) dimasukkan ke dalam piknometer. Masukkan air suling ke dalam piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
5. Merendam piknometer dalam air dan ukur temperatur air untuk penyesuaian perhitungan ke temperatur standar (25°C).
6. Menambahkan air hingga mencapai tanda batas. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt).
7. Mengeluarkan benda uji, keringkan dalam oven sampai berat tetap.
8. Lalu Benda uji kami ditimbang setelah dingin (Bk).

Berat Jenis dan Penyerapan agregat halus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

1. Berat Jenis Curah (bulk specific gravity):

$$\frac{Bk}{B + A - Bt} \quad (2.8)$$

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

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

3. Berat Jenis semu (apparent specific gravity):

$$\frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (2.10)$$

4. Penyerapan (absorpsi):

$$\frac{A - Bt}{Bk} \times 100\% \quad (2.11)$$

Dengan pengertian:

B_k = berat benda uji kering oven, dalam gram

B = berat piknometer berisi air, dalam gram

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

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

2.5. Bahan Tambah

Serat ijuk merupakan serat alami yang mudah ditemukan, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Pengaruh penggunaan serat ijuk sebagai bahan penambah serat selulosa pada campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA). *Split Mastic Asphalt* adalah campuran bergradasi terbuka dengan kadar chipping yang tinggi (70%) dan menggunakan serat selulosa sebagai bahan *additive*.

Penggunaan serat organik (serat selulosa) sebagai *additive* dalam campuran aspal telah cukup lama dilakukan dan memberikan hasil yang cukup memuaskan pada struktur perkerasan jalan yang menerima beban yang cukup berat. Serat ijuk yang juga merupakan serat organik memungkinkan digunakan dalam pembuatan struktur perkerasan jalan, karena serat ijuk ini merupakan bahan yang lia, keras, dan banyak dipakai sebagai material bahan bangunan (juga untuk beton berserat). Dengan penggunaan serat ijuk dengan panjang antara 0,1 cm dan 0,25 cm dengan presentase antara 0,1 % dan 0,4 % mempunyai stabilitas dan modulus elastisitas statis yang baik dibandingkan statis yang lebih baik dibandingkan dengan campuran *Split Mastic Asphalt* tanpa serat *selulosa*, namun sampel dengan serat ijuk ini memiliki regangan yang lebih rendah (Santoso, 1996).

2.5.1. Bahan Aditif (Serat Ijuk)

Pada penelitian ini serat ijuk digunakan sebagai bahan aditif. Serat ijuk diperoleh dari pangkal pelepah pohon aren dan berbentuk seperti serat. Serat ijuk yang digunakan sebagai bahan tambahan dipilih yang tidak mengandung bahan kimia atau masih alami dengan variasi kadar ijuk 0,1%; 0,2%; 0,3%, dan 0,4%

dari berat total campuran dengan panjang serat ijuk 0,1 - 0,25 cm menyesuaikan dengan penelitian sebelumnya (Santoso, 1996).

Penelitian ini menggunakan serat ijuk dengan kadar 0,1% - 0,4% dari berat total campuran dan panjang serat ijuk antara 0,1 – 0,25 cm karena pada penelitian sebelumnya (Santoso, 1996).

Persentase serat ijuk cukup diantara 0,1% - 0,4% dari berat total campuran karena pemberian persentase serat ijuk yang lebih besar justru akan menjadi kurang efektif. Panjang serat ijuk yang efektif antara 0,1 – 0,25 cm karena dengan serat ijuk yang lebih kecil, serat tersebut lebih menyatu dengan aspal emulsi sehingga keefektifannya lebih tinggi.

2.5.2. Hubungan kadar ijuk dengan stabilitas

Nilai stabilitas meningkat dengan bertambahnya kadar ijuk dan kemudian kembali menurun setelah melewati kadar ijuk 1% yang dapat diindikasikan sebagai kadar ijuk optimum campuran. Penambahan kadar ijuk yang berlebihan tidak baik karena daya ikat dari lapisan aspal sudah tidak efektif untuk penguncian antar partikel sehingga terjadi geseran antar butir, atau dengan kata lain interlocking antar agregat berkurang yang menyebabkan nilai stabilitas menurun. Sebaliknya pada saat kadar ijuk optimum membuktikan bahwa posisi ijuk memberikan penguncian antar partikel yang lebih baik karena dapat mengikat agregat lebih kuat, sehingga nilai stabilitasnya pun menjadi naik.

2.6. Serat selulosa

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

selulosa yang mempunyai bentuk fisik panjang dan tipis juga mampu memberikan daya absorpsi yang baik. Bentuk serat selulosa yang dapat dipakai antara lain serat yang memanjang dan langsing, dimana dengan bentuk yang seperti ini mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi aspal lebih besar. Serat selulosa yang ditambahkan kedalam campuran, sekitar 0,3% terhadap total campuran, sehingga dapat mencegah terjadinya *draindown*. Serat selulosa harus mempunyai dimensi serat selulosa yang ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Persyaratan Serat Selulosa Untuk SMA (Spesifikasi Umum Bina 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		75 ± 1,0
Penyerapan Minyak		7,5 ± 1,0 Kali berat selulosa
Kadar Air	%	Maks 5

2.7. Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous.

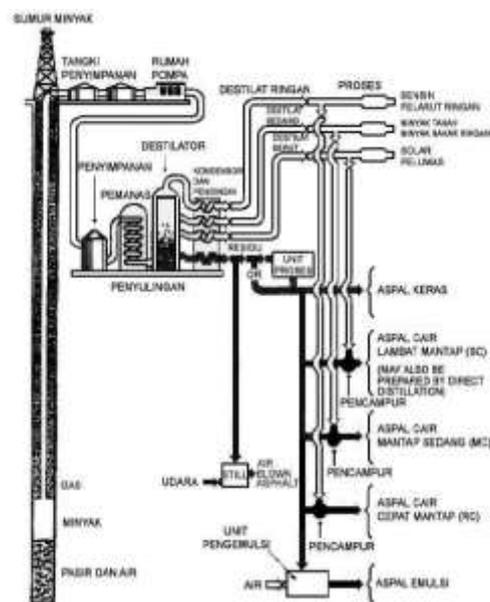
Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal, pelindung atap dan penggunaan khusus lainnya.

2.7.1. Sumber aspal

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal keras. Selain itu, aspal juga terdapat di alam secara alamiah, aspal ini disebut aspal alam. Aspal modifikasi saat ini juga telah dikenal luas. Aspal ini dibuat dengan menambahkan bahan tambah ke dalam aspal yang bertujuan untuk memperbaiki atau memodifikasi sifat rheologinya sehingga menghasilkan jenis aspal baru yang disebut aspal modifikasi.

2.7.2. Aspal hasil destilasi

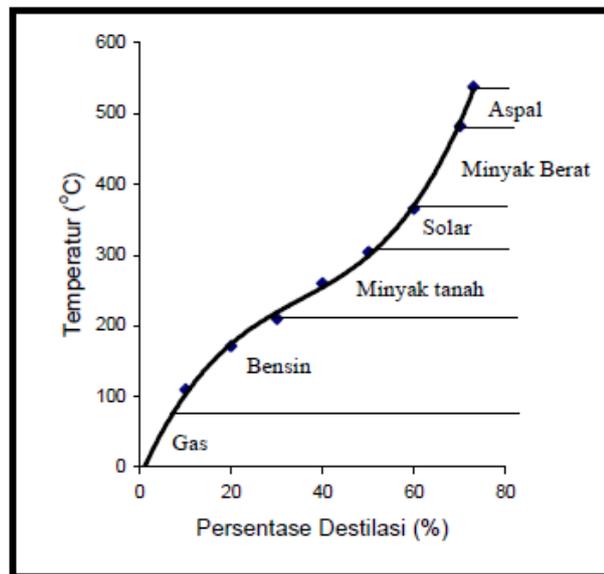
Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yaitu suatu proses dimana berbagai aksi dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi ini disertai oleh kenaikan temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Pada setiap temperatur tertentu dari proses destilasi akan dihasilkan produk-produk berbasis minyak seperti yang diilustrasikan pada Gambar (2.2).



Gambar (2.2) Ilustrasi proses penyulingan minyak (The Asphalt Institute, 1983).

1. Aspal keras

Pada proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480 oC. Temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang disuling atau tingkat aspal keras yang akandihasilkan. Ilustrasi skematik penyulingan minyak mentah dan produk-produk yang dihasilkannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar (2.3)



Gambar (2.3).

Tipikal

temperatur destilasi minyak bumi dan produk yang dihasilkannya (The Asphalt Institute, 1983).

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.

Tabel 2.6: 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 (lihat Gambar 1). 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).

Huruf RS, MS dan SS dalam tabel ini menyatakan kecepatan pematangan (setting) aspal emulsi tersebut, yaitu cepat mantap (RS = rapid setting), mantap sedang (MS = medium setting) dan lambat mantap (SS = slow setting). Sedangkan huruf 'C' menyatakan bahwa aspal emulsi ini adalah jenis kationik atau bermuatan listrik positif.

2.7.3. Aspal alam

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

1. Aspal danau (lake asphalt)

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

2. Aspal Batu (*Rock Asphalt*)

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

2.7.4. Sifat-sifat kimia aspal

Aspal keras dihasilkan melalui proses destilasi minyak bumi. Minyak bumi yang digunakan terbentuk secara alami dari senyawa-senyawa organik yang telah berumur ribuan tahun di bawah tekanan dan variasi temperatur yang tinggi.

Susunan struktur internal aspal sangat ditentukan oleh susunan kimia molekul-molekul yang terdapat dalam aspal tersebut. Susunan molekul aspal sangat kompleks dan didominasi (90 – 95% dari berat aspal) oleh unsur karbon dan hidrogen. Oleh sebab itu, senyawa aspal seringkali disebut sebagai senyawa hidrokarbon. Sebagian kecil, sisanya (5 – 10%), dari dua jenis atom, yaitu : heteroatom dan logam.

Unsur-unsur heteroatom seperti nitrogen, oksigen dan sulfur, dapat menggantikan kedudukan atom karbon yang terdapat di dalam struktur molekul aspal. Hal inilah yang menyebabkan aspal memiliki rantai kimia yang unik dan interaksi antar atom ini dapat menyebabkan perubahan pada sifat fisik aspal. Jenis dan jumlah heteroatom yang terkandung di dalam aspal sangat ditentukan oleh sumber minyak mentah yang digunakan dan tingkat penuaannya. Heteroatom, terutama sulfur, lebih reaktif dari pada karbon dan hidrogen untuk mengikat oksigen. Oleh sebab itu, aspal dengan kandungan sulfur yang tinggi akan mengalami penuaan yang lebih cepat dari pada aspal yang mengandung sedikit sulfur.

Atom logam seperti vanadium, nikel, besi, magnasium dan kalsium hanya terkandung di dalam aspal dalam jumlah yang sangat kecil, umumnya aspal hanya mengandung satu persen atom logam dalam bentuk garam organik dan hidroksidanya.

Karena susunan kimia aspal yang sangat kompleks, maka analisa kimia aspal sangat sulit dilakukan dan memerlukan peralatan laboratorium yang canggih, dan data yang dihasilkanpun belum tentu memiliki hubungan dengan sifat rheologi aspal. Analisa kimia yang dilakukan biasanya hanya dapat memisahkan molekul aspal dalam dua group, yaitu aspalten dan malten. Selanjutnya malten dapat dibagi lagi menjadi saturated, aromatik dan resin.

2.7.5. Sifat-sifat fisik aspal

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

1. Durabilitas

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

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

2. Adhesi Dan Kohesi

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

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

adesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki nilai daktilitas yang tinggi.

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

permukaan agregat oleh sebab itu pengelupasan yang terjadi sebagai akibat dari pengaruh air atau kombinasi air dengan gaya mekanik sangat kecil atau bahkan tidak terjadi sama sekali.

3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Seluruh aspal bersifat termoplastik yaitu menjadi lebih keras bila temperatur menurun dan melunak bila temperatur meningkat. Kepekaan aspal untuk berubah sifat akibat perubahan temperatur ini dikenal sebagai kepekaan aspal terhadap temperatur. Kepekaan aspal terhadap temperatur bervariasi untuk masing-masing jenis aspal dan berbeda bila aspal tersebut berasal dari minyak bumi dengan sumber yang berbeda walaupun aspal tersebut masuk dalam klasifikasi yang sama.

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*).

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

2.7.6. 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. 2.12.

$$\text{Berat jenis} : \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad (2.12)$$

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. 2.13.

$$V = V_t F_k \quad (2.13)$$

Dimana:

V = Volume aspal pada temperatur 150°C

V_t = Volume aspal pada temperatur tertentu

F_k = Faktor Koreksi

5. Titik Nyala Dan Titik Bakar

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

6. Kelekatan Aspal Pada Agregat

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

2.8. *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, aspal dan bahan tambah, atau merupakan campuran beton aspal panas bergradasi terbuka yang terdiri dari campuran *split*, *mastic asphalt*, serta bahan tambah.

Split terdiri dari agregat kasar dengan jumlah fraksi yang tinggi, untuk *mastic asphalt* terdiri dari campuran agregat halus, *filler* dan aspal dengan kadar yang relatif tinggi. Sedangkan untuk bahan tambahnya digunakan serat selulosa, yang berfungsi untuk menstabilkan aspal, serta menghasilkan mutu campuran beton aspal yang lebih tahan terhadap oksidasi, retak, *bleeding* yang disebabkan muatan lebih dan keausan akibat roda kendaraan. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas yang berat. Ada 3 jenis SMA yaitu:

1. SMA 0/11: dengan ukuran maksimum agregat 11 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 2,5 - 5 cm umumnya dipakai untuk lapisan wearing course pada jalan baru.

2. SMA 0/8: dengan ukuran maksimum agregat 8 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 2 - 4 cm. Umum dipakai untuk pelapisan ulang (*overlay*) dan wearing course pada jalan lama.
3. SMA 0/5: dengan ukuran maksimum agregat 5 mm dan untuk pengaspalan dengan ketebalan 1,5-3 cm. Umum digunakan sebagai lapis permukaan tipis untuk tujuan pemeliharaan dan perbaikan jalan.

Pada Gambar 2.4 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).



a. *Split Mastic Asphalt* (SMA)



b. *Hot Mix Asphalt* (HMA) Konvensional

Gambar 2.4: Perbandingan Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan *Hot Mix Asphalt* (HMA).

Penggunaan agregat kasar dengan jumlah fraksi yang tinggi mengakibatkan agregat saling mengunci (*interlocking*) sehingga menghasilkan campuran aspal yang tahan terhadap *rutting*. Untuk menghasilkan perkerasan yang berkualitas tinggi maka bahan-bahan harus berkualitas tinggi pula dan memenuhi persyaratan

yang diijinkan sehingga bila dicampur harus didapatkan kondisi-kondisi sebagai berikut ini:

1. Partikel-partikel antar agregat akan terikat satu sama lain oleh aspal.
2. Rongga-rongga antara agregat ada yang terisi aspal dan ada pula yang terisi udara.
3. Terdapat rongga antar butir yang terisi udara.
4. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang dipergunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

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 :

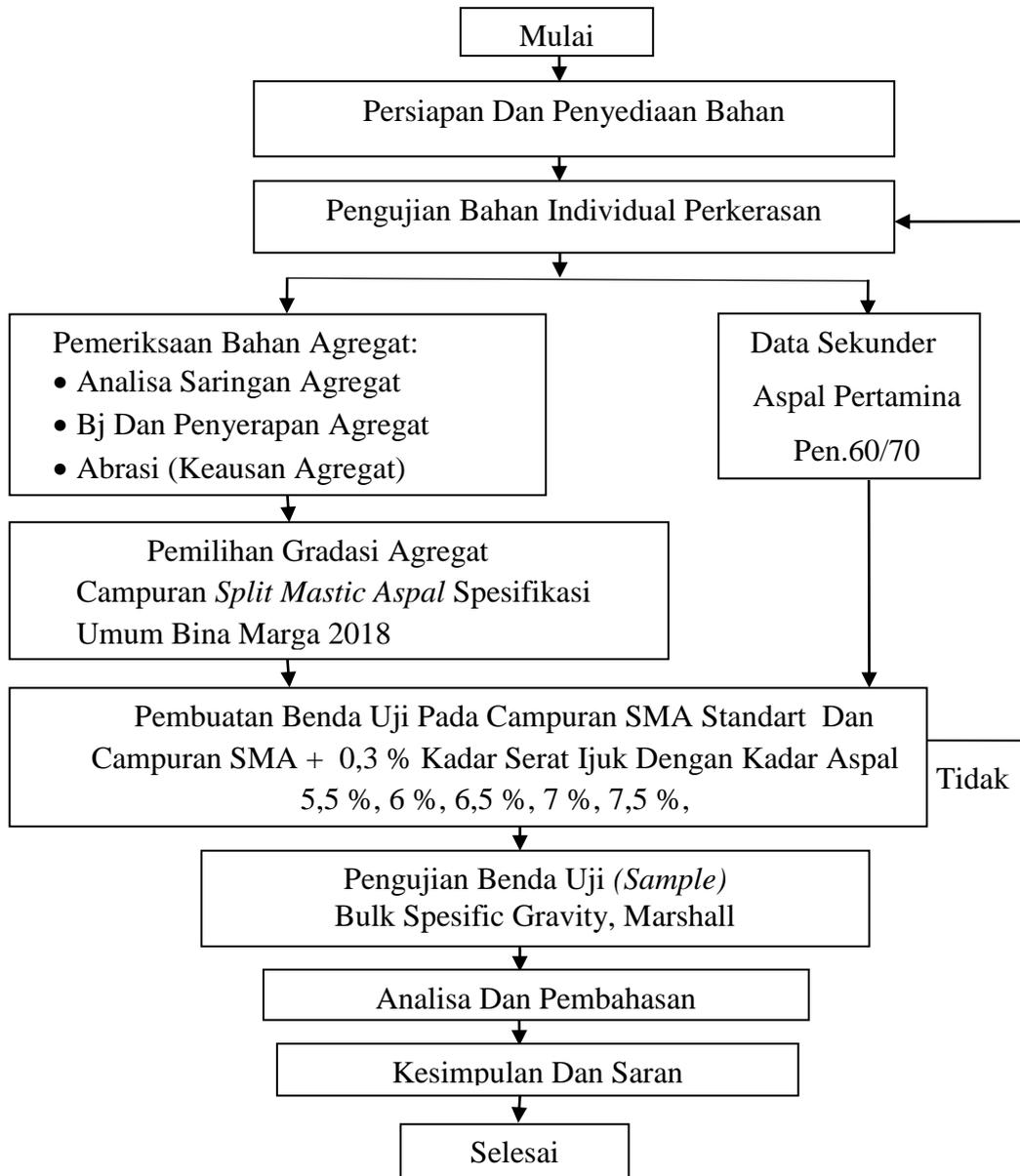
1. Agregat kasar dengan ukuran $>2\text{mm}$ dengan jumlah fraksi tinggi antara 70% hingga 80%.
2. Mastik aspal berupa campuran agregat halus, *filler*, aspal dan bahan tambah akan membentuk lapisan *film* yang tebal.
3. Mampu melayani lalu lintas berat
4. Tahan terhadap oksidasi
5. Tahan terhadap deformasi 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.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

5.1. Bagan Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1 : Bagan alir penelitian

5.2. 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.

5.3. Metode Penelitian

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

5.4. Teknik Pengumpulan Data

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

5.5. 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, Diski KM 16.

3. Serat Ijuk

Penelitian ini menggunakan serat ijuk sebagai bahan untuk campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* yang diperoleh dari salah satu usaha panglong yang berlokasi di jalan beringin pasar 7 tengah , Medan Tembung.

5.6. 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.

5.7. 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.

5.7.1. 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.

5.7.2. Alat Yang Digunakan

1. Saringan atau ayakan ayakan 1 1/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.
2. Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material 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 mm (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 *Marshal test* dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*), cincin penguji (*proving ring*) dan arloji (*dial*).

5.7.3. 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.

5.8. Prosedur Kerja

5.8.1. 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 Ijuk 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 ijuk = 0,3 %

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

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

5.8.2. 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 pemadatan.
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 sudah 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 itu kami dilakukan pemadatan campuran, melepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar yaitu *Extruder* pada permukaan ujung benda uji tersebut, mengeluarkan dan meletakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.

5.8.3. Metode Pengujian Benda Uji (*Sample*)

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

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

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel sebagai berikut:

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

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

Setelah benda uji selesai, kemudian dikeluarkan dengan menggunakan *extruder* dan didinginkan. Berat isi untuk benda uji tidak porus atau gradasi menerus dapat ditentukan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh (SSD).

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-6757-2002 metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal didapatkan menggunakan benda uji kering permukaan jenuh.

Pengujian *bulk specific gravity* ini dilakukan dengan cara menimbang benda uji *Marshall* yang sudah dikeluarkan dari mold, dengan menimbang berat dalam keadaan kering udara, kemudian di dalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume *bulk specific gravity* benda uji (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. Menimbang benda uji di udara.
- b. Merendam benda uji di dalam air.
- c. Menimbang benda uji SSD di udara.
- d. Menimbang benda uji di dalam air.

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

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

1. Merendam benda uji dalam penangas air selama 30 - 40 menit dengan temperatur tetap $60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ untuk benda uji.
2. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. *Guide road* dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas *head* akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator *proving ring* yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial *proving ring* disetel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.

3. Benda uji (*sample*) percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan di tengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.
4. 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 dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
9. Mencatat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
10. Membersihkan alat dan selesai.

3.9. Penyajian Data

Penyajian data yang dimaksud adalah penyajian data sifat bahan dan karakteristik campuran *Marshall* dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Pengujian ini dimaksudkan sebagai bahan didalam menganalisis data dari pengujian yang dimaksud, yaitu analisis penentuan karakteristik *Marshall* dari jenis campuran beton aspal. Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium sebagai berikut:

1. Data hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1: Data analisa saringan agregat kasar.

Agregat kasar lolos saringan 3/4" (5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	1/2	1000	1100
	3/8	2701	1561
	4	1740	1700
Agregat kasar lolos saringan 1/2" (2,5 kg)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	3/8	400	300
	4	1800	1988
	8	130	150
	200	96	62

2. Data hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Data analisa saringan agregat halus.

Agregat Halus (Sand) lolos Saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	49	40
	200	449	460
Agregat Halus (Abu batu) lolos Saringan No. 4 (500 gr)	No. Saringan (Tertahan)	Benda Uji 1 (gr)	Benda Uji 2 (gr)
	8	387	368
	200	113	132

3. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Data berat jenis agregat kasar.

CA 1/2 inch	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	5116	5116	Gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	5198	5208	Gram
	Berat benda uji dalam air	C	3224	3214	Gram

Tabel 3.3: Lanjutan.

MA 3/8 inch	Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering oven	A	3110	3110	Gram
	Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara n di udara	B	3160	3140	Gram
	Berat benda uji dalam air	C	1955	1975	Gram

4. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Dari hasil pengujian diperoleh analisa saringan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4: Data berat jenis agregat halus.

Pasir (sand)	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	496	495.5	Gram
	Berat piknometer yang berisi Air	B	676.9	687.3	Gram
	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas Pembacaan	C	958.9	963.3	Gram
Abu batu (filler)	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	491.4	492.4	Gram
	Berat piknometer yang berisi Air	B	678.1	684.1	Gram
	Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	954.1	963.1	Gram
Semen	Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji 2	Satuan
	Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500	500	Gram
	Berat benda uji kering oven	A	492	490	Gram

Tabel 3.4: Lanjutan.

Pengujian	Notasi	Benda uji 1	Benda uji2	Satuan
Berat piknometer yang berisi Air	B	669	671	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas Pembacaan	C	1025	1030	Gram

5. Data pengujian dengan alat *Marshall*.

Dari hasil pengujian diperoleh data pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Data *Marshall*.

Benda Uji Standar						
Kadar aspal	Benda uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam Air	SSD		
5,5 %	1	1167	667	1183	158	240
	2	1181	675	1200	152	254
6 %	1	1199	677	1211	179	252
	2	1193	670	1202	181	282
6,5 %	1	1168	665	1187	194	305
	2	1177	673	1198	188	296
7 %	1	1180	658	1196	180	289
	2	1189	654	1196	206	340
7,5 %	1	1160	648	1187	163	390
	2	1172	654	1189	176	421
Benda Uji Alternatif						
Kadar aspal	Benda uji	Berat (gr)			Stabilitas	Flow
		Kering	Dalam Air	SSD		
5,5 %	1	1193	662	1197	160	275
	2	1197	679	1205	188	250
6 %	1	1194	668	1205	170	225
	2	1195	669	1205	193	208
6,5 %	1	1196	672	1207	201	310
	2	1196	675	1213	211	230
7 %	1	1193	676	1210	187	236
	2	1193	662	1207	182	235
7,5 %	1	1203	659	1207	182	229
	2	1212	661	1223	179	245

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%

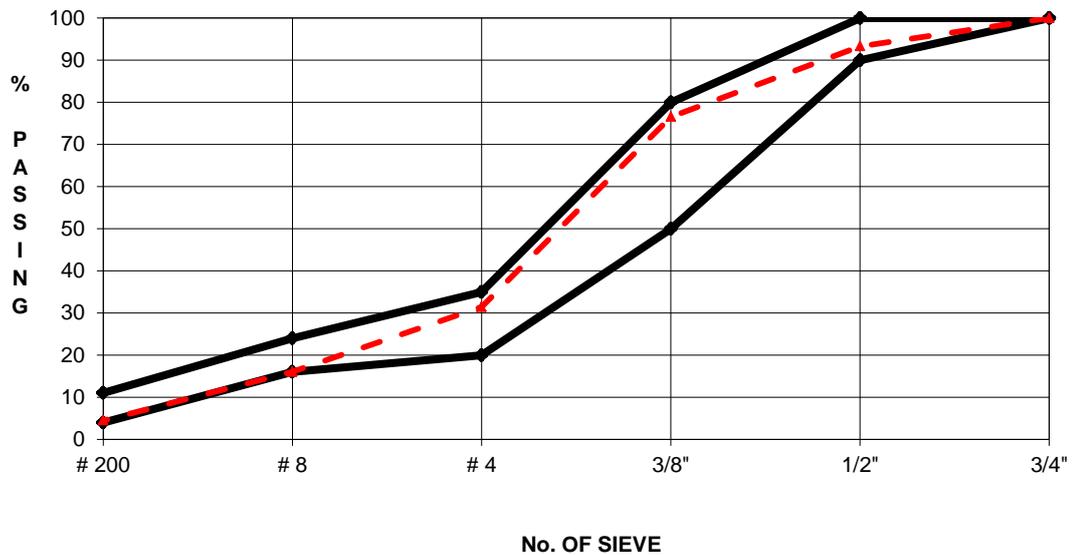
Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

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
			Semen	1/2	3/8	Cr	Sand	
			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 3/8 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 ijuk 0,3%.

1. Agregat kasar CA ½ inch = 32%
2. Agregat medium MA 3/8 inch= 45%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 11%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 10%
5. Semen = 2%
6. Serat Ijuk = 0,3%

Setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$. Dari hasil analisa

saringan agregat didapat perhitungan berat agregat yang diperlukan seperti pada Tabel 4.6.

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

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ^{1/2} inch (gram)	MA ^{3/8} 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 ijuk 0,3%.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA ^{1/2} inch (gram)	MA ^{3/8} inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)	Serat ijuk
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

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

2008. Dari hasil pemeriksaan tersebut didapat data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.8

1. Berat jenis agregat kasar CA 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 4.8

Tabel 4.8: 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 3/8 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 3/8 inch dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA 3/8 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
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 4.10.

Tabel 4.10: 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 4.11.

Tabel 4.11: 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 4.12.

Tabel 4.12: 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	$= 11166,8 / 516,1$ $= 2,261 \text{ gr/cc}$
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	$= (4,05 \times 158)$ $= 640$
q. Stabilitas akhir	$= (134434 \times 516,1^{-1,8897}) \times 158$ $= 643$
r. Kelelehan	$= 2,40 \text{ mm}$

Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan serat ijuk 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 ijuk 0,3% dapat dilihat pada Tabel 4.13 – 4.14.

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

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

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

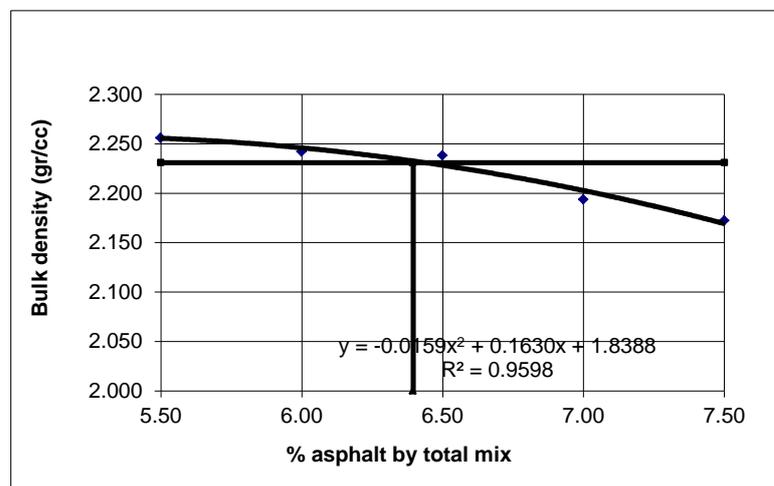
Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penambah serat ijuk 0,3%.

Karakteristik	Kadar aspal %				
	5,5%	6%	6,5%	7%	7,5%
Bulk Density	2,253	2,229	2,227	2,215	2,176
Stabilty	673	688	788	692	641
Air Voids	5,06	5,43	4,85	4,71	5,73
VMA	15,66	17,01	17,52	18,40	20,25
Flow	2,63	2,17	3,20	2,36	2,37

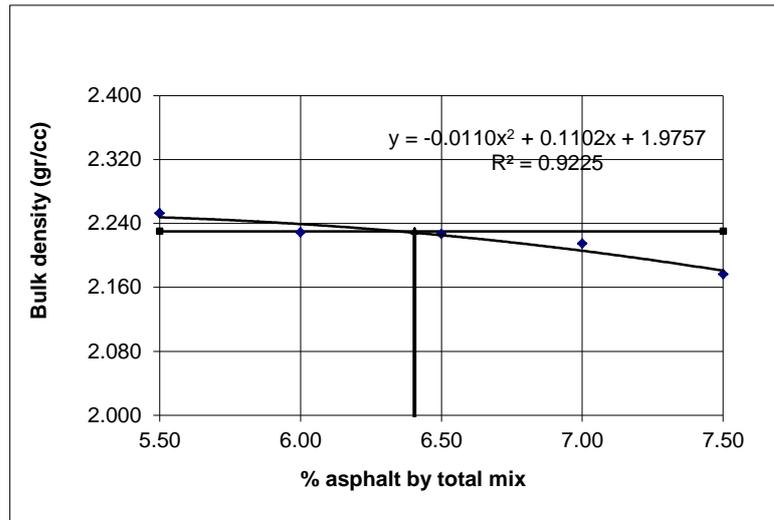
Dari hasil nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas* (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3%, dapat juga dilihat pada Gambar 4.2 – 4.11.

a. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3%, dilihat pada Gambar 4.2. – 4.3.



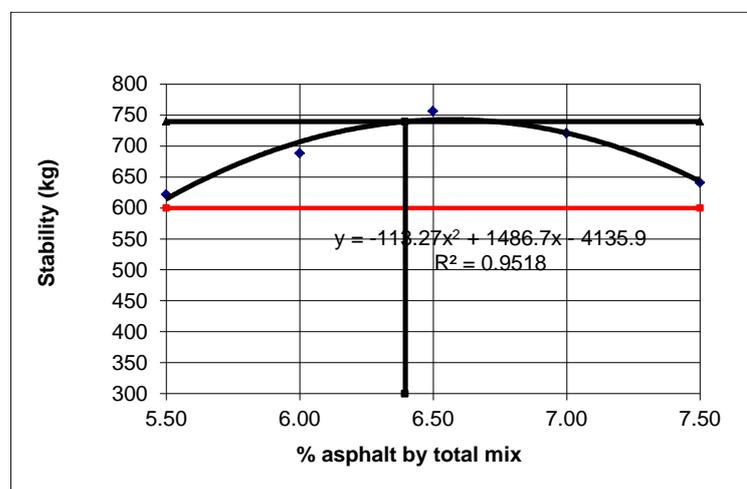
Gambar 4.2: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (*gr/cc*) campuran normal.



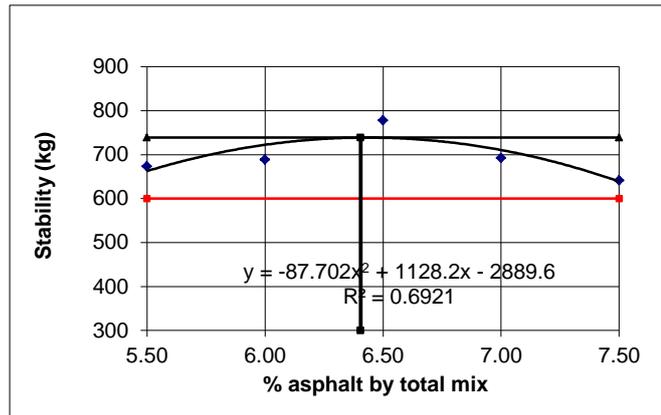
Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) Serat Ijuk 0,3%.

b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3%, dilihat pada Gambar 4.4. – 4.5.



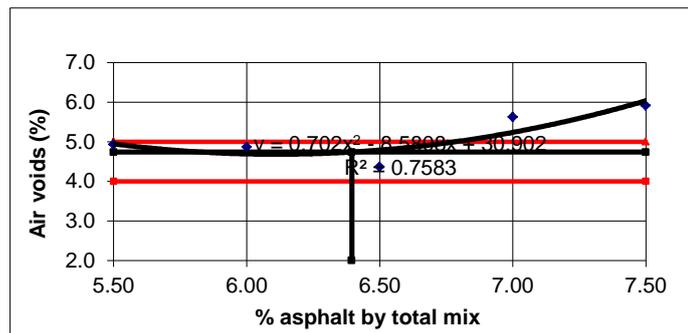
Gambar 4.4: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.



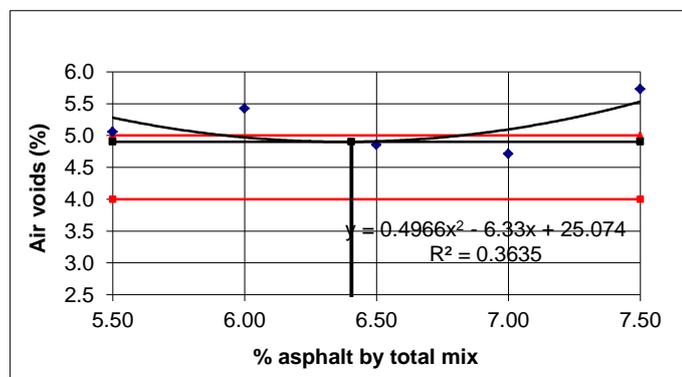
Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) Serat Ijuk 0,3%.

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

Hasil nilai *air voids* (VIM) ada aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3%, dilihat pada Gambar 4.6. – 4.7.



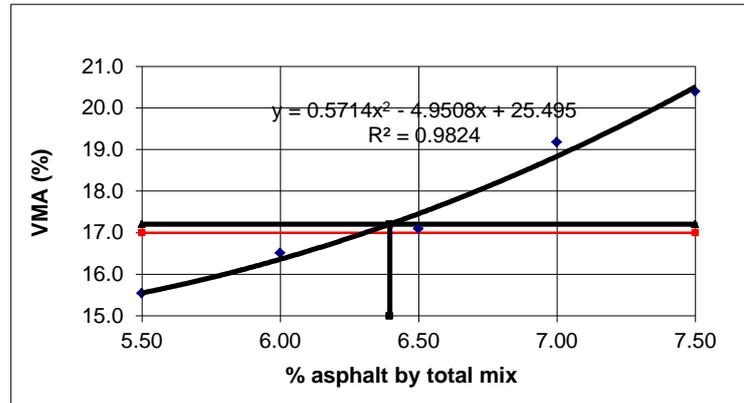
Gambar 4.6: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran normal.



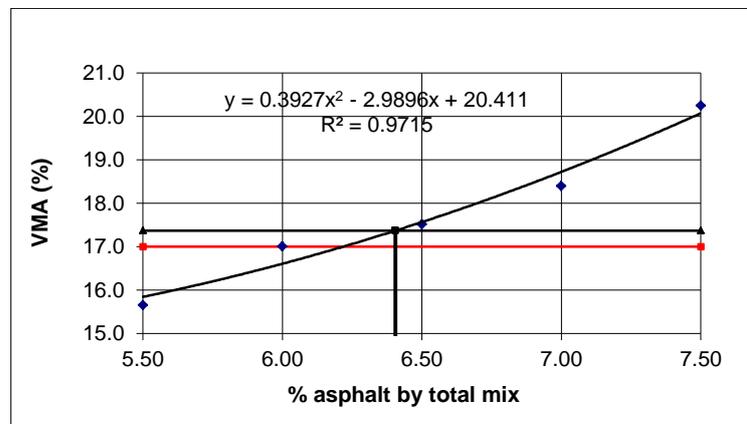
Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Serat Ijuk 0,3%

d. *Void In Mineral Agreggate (VMA)*

Hasil nilai VMA ada aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3%, dilihat pada Gambar 4.8. – 4.9.



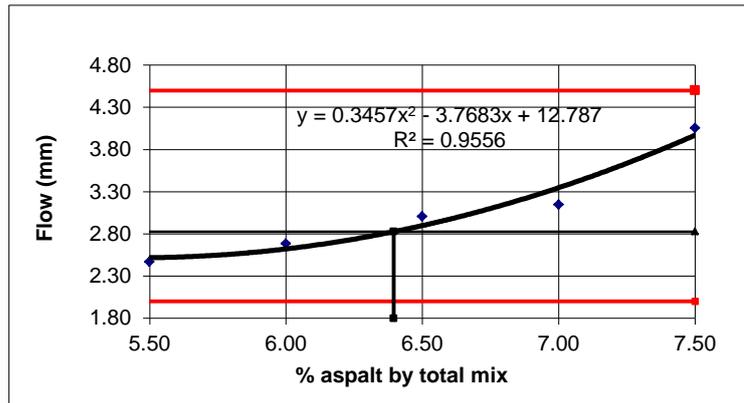
Gambar 4.8: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.



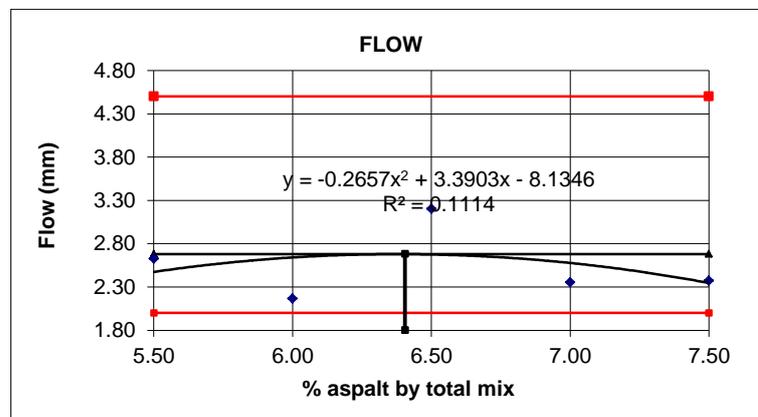
Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Serat Ijuk 0,3%

e. *Flow*

Hasil nilai *flow* ada aspal normal serta penambah serat ijuk 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 Ijuk 0,3%

4.2. Pembahasan dan Analisis

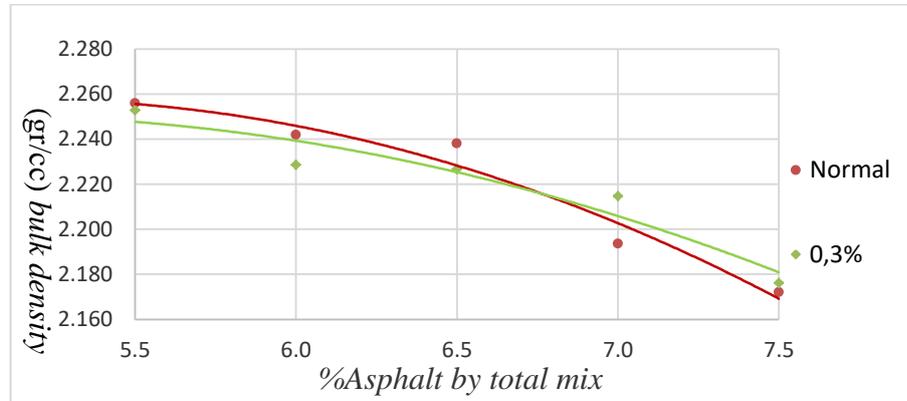
4.2.1 Perbandingan Sifat *Marshall*

Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* campuran aspal Pertamina normal serta penambah serat ijuk 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 ijuk 0,3%. Hasil *Bulk Density* serat ijuk lebih rendah pada saat di kadar aspal 5,5 di banding pada penambah

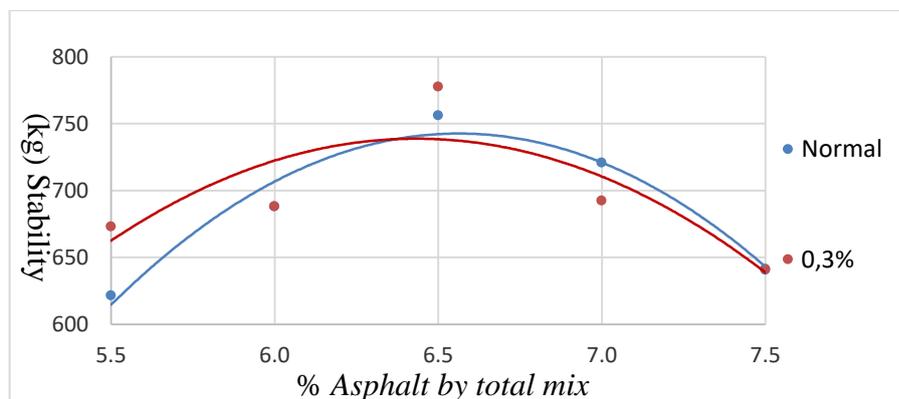
normal 0,3% yang tinggi, namun terjadi kenaikan pada campuran serat ijuk di kadar aspal 7% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12: Perbandingan nilai *Bulk Density* campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat ijuk 0,3%.

b. *Stability*

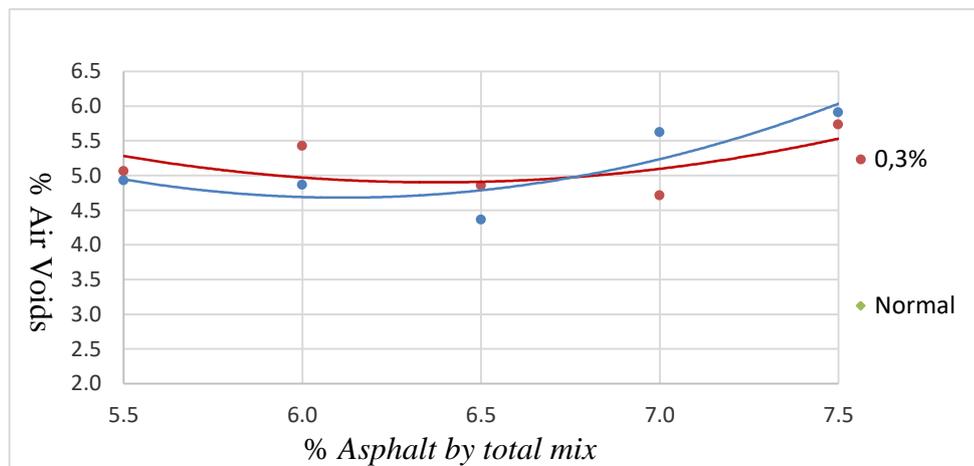
Hasil nilai *Stability* pada *Marshall* campuran aspal normal serta penambah serat ijuk 0,3% menunjukkan perbandingan. Nilai *Stability* untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5,5% berada di bawah nilai *Stability* dan terjadi kenaikan pada kadar aspal 6,5%. Serta pada penggunaan filler nilai *Stability* campuran SMA. 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 ijuk 0,3%.

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

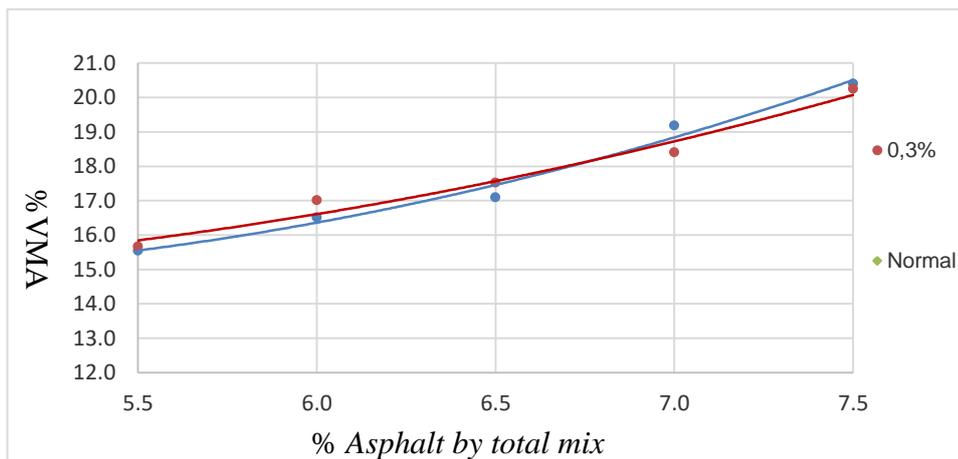
Hasil nilai VIM menunjukkan bahwa nilai VIM campuran SMA penambah serat ijuk 0,3% pada kadar aspal 5% menunjukkan nilai di bawah pada campuran normal, namun pada kadar aspal 7% mengalami kenaikan pada VIM campuran SMA penambah serat ijuk 0,3% dan campuran normal mengalami penurunan. dibandingkan nilai VIM pada campuran Normal dan *Filler* 4%. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14: Perbandingan nilai VIM campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat ijuk 0,3%.

d. *Void in Mineral Agregat (VMA)*

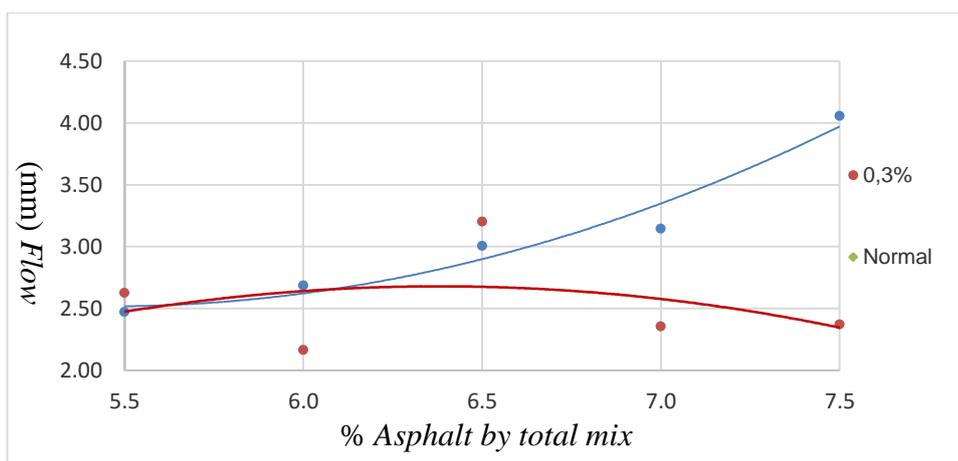
Perbedaan nilai VMA pada campuran Normal kadar aspal 5,5% berada dibawah campuran SMA serat ijuk, berbeda pada kadar aspal 6,5%-7,5% nilai VMA campuran aspal normal berada di bawah campuran SMA serat ijuk 0,3% menunjukkan perbandingan yang sedikit berbeda. Sedangkan campuran SMA serat ijuk 0,3% dan campuran 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 ijuk 0,3%.

e. *Flow*

Hasil uji *Marshall Flow* menunjukkan bahwa nilai *Flow* pada campuran normal serta penambah serat ijuk 0,3% menunjukkan perbandingan karakteristik *Marshall Flow*. Perbandingan di antara dua jenis campuran tersebut menunjukkan bahwa nilai *Flow* campuran aspal normal 5,5%- 6% berada sama dengan serat, namun pada campuran normal di 6,5% naik, sedangkan dengan serat di 6,5% turun, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16.

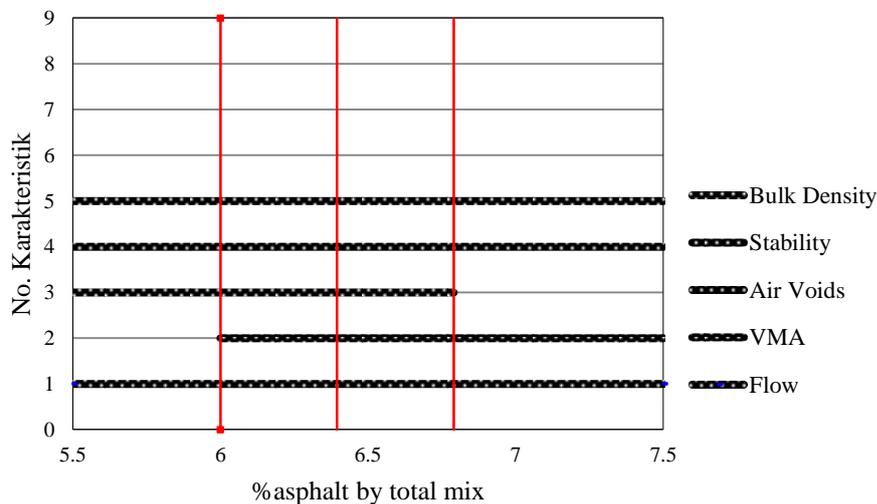


Gambar 4.16: Perbandingan nilai *Flow* campuran aspal normal serta penggunaan penambah serat ijuk 0,3%.

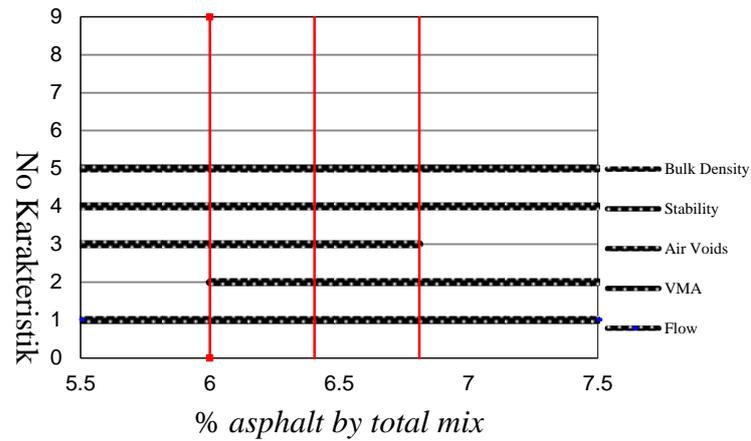
Hasil pemeriksaan karakteristik sifat campuran *Bulk Density*, *Stability*, *Air Voids*, VMA dan *Flow* pada jenis campuran campuran aspal normal serta penambahan serat ijuk 0,3%. Menunjukkan bahwa ketiga jenis campuran tersebut memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari hasil nilai *Bulk Density*, *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 ijuk 0,3% dapat dilihat pada Gambar 4.16 - 4.18.



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



Gambar 4.17: Penentuan rentang (*range*) kadar aspal optimum campuran aspal Penambah serat ijuk 0,3%.

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

Tabel 4.15: Kadar aspal optimum untuk campuran aspal normal serta penambahan serat ijuk 0,3%.

No.	Karakteristik	Jenis Aspal	
		Normal	Serat Ijuk 0,3%
1	Bulk Density (gr/cc)	2,231	2,230
2	Stability (Kg)	739	739
3	Air Voids (%)	4,74	4,90
4	VMA (%)	17,20	17,37
5	Flow (mm)	2,83	2,68
6	Asphalt Optimum (%)	6,40	6,41

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pemeriksaan yang membahas terhadap pengujian campuran jenis *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang menggunakan serat ijuk 0,3% sebagai bahan penambah serat selulosa, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian di laboratorium karakteristik sifat marshall pada campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang menggunakan serat ijuk sebagai bahan penambah serat selulosa dengan persen variasi 0,3% didapat bahwa hasil pengujian tersebut memenuhi standart spesifikasi umum Bina Marga 2018.
2. Hasil pemeriksaan karakteristik sifat *Marshall* didapat bahwa sifat *Marshall* dalam keadaan optimum pada campuran aspal SMA penambah serat ijuk 0,3% lebih tinggi dibeberapa karakteristik, seperti *bulk density*, *stability* dan *air voids*, namun lebih rendah dibandingkan campuran aspal normal pada karakteristik campuran seperti, *flow* dan VMA. Hal itu di sebabkan karena semakin banyak kadar serat ijuk dalam campuran penambahan SMA tersebut maka akan semakin menutupi rongga-rongga dalam campuran (*air voids*), dan juga semakin berkurangnya jika tidak memakai serat pada campuran normal yang terjadi kelelahan (*fow*) yang di sebabkan bertambahnya rongga udara antar agregat (VMA).
3. Hasil *Marshall test* yang di dapatkan, dengan nilai tertinggi dalam keadaan optimum dan memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 dan terdapat pada campuran yang menggunakan serat ijuk 0,3%. Dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 739 kg, *Bulk Density* 2,230 gr/cc, *flow* 2,68 mm, VIM 4,90%, dan VMA sebesar 17,37%, dimana berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 nilai karakteristik *Marshall* masuk dalam kriteria campuran SMA.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisa data dalam penelitian dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengujian Analisa Saringan dan *Marshall* diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Diperlukannya pemahaman tentang tahap perencanaan campuran aspal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 serta Standart Nasional Indonesia agar memperkecil kesalahan dalam tahapan pembuatan campuran beraspal.
3. Perlu dikembangkan jenis-jenis penelitian campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) penambahan serat selulosa lainnya untuk pemanfaatan bahan-bahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute*, MS-2, 1993, “*Mix Design Methods*”, *Asphalt Institute*, Lexington, Kentucky, USA.
- Asphalt Institute*, MS-4, 1985, “*The Asphalt Handbook*”, *Asphalt Institute*, Lexington, Kentucky, USA.
- 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 Permukiman dan Prasarana Wilayah (DPPW) (2002), *Manual pekerjaan campuran beraspal panas*.
- Departemen Pekerjaan Umum (1987), *Petunjuk perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan metode analisa komponen*.
- Roberts, F. L, Kennedy, T.W., *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction, Maryland: NAPA Education Foundation, 1991*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Edisi 2010 (Revisi 3)*. Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 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*.
- 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*.

Sugiyanto, G., (2008). *Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia.

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

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

Santoso, Budi. (1996). *Penggunaan Serat Ijuk Sebagai Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*. Surabaya.

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 Tenggal	SMA 60/70	4,05	Material										No	Material	Persen	Bulok	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal	Bj Gabung	s	t
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j											
1	5,8	5,5	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	67,903	4,817	159	616	600	2,54	236	0,88			
3		6,3	1.199,0	1.211,4	676,6	534,8	2.242	2,356	13,135	83,493	4,861	16,509	70,552	5,320	179	725	681	2,52	270	0,88			
1	6,4	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			
2		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	772	3,05	253	0,88			
1	6,9	6,5	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	786	772	3,05	253	0,88			
2		6,5	1.170,7	1.166,6	677,3	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		8,8	1.188,1	1.187,1	664,8	522,3	2.242	2,340	14,205	82,977	4,289	17,033	74,813	5,824	188	788	788	3,01	262	0,88			
1	7,5	7,0	1.179,9	1.186,0	688,4	537,6	2.185	2,334	15,000	80,859	5,581	19,141	78,842	6,328	180	729	678	2,89	215	0,87			
2		7,0	1.169,3	1.185,7	653,2	542,4	2.183	2,328	14,987	80,787	5,666	19,213	79,511	6,328	205	834	793	2,80	225	0,87			
3		7,0	1.169,3	1.185,7	653,2	542,4	2.184	2,328	14,984	80,823	6,025	19,177	79,877	6,328	205	834	793	2,80	225	0,87			
1	8,1	7,5	1.180,0	1.187,1	647,0	539,2	2.153	2,309	15,705	78,858	6,753	21,112	86,012	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	80,914	5,067	19,686	74,251	6,831	176	713	671	4,01	159	0,87			
3		7,8	1.171,5	1.185,7	658,2	534,5	2.172	2,305	16,007	79,891	6,819	20,269	74,337	6,831	181	741	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

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

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

m = % rongga terisi aspal = 1000 x (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 :

Rudi Kusnadi
 NIP. 19690801 199203 1 005



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

Serat Jujuk

Contoh Aspal Agregat Kalibrasi Prov Tanggal	SMA 60770	4,05	Material										No	Material	Persen	Bulk	SSD	Apparent	Efektif	Bj Aspal 1,024	Bj Gabung Bulk 2,524 2,570	s	t
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j											
1	5,8	5,5	1.193,2	1.196,8	662,0	534,8	2.231	2.373	11,982	83,531	5,975	16,469	63,718	4,817	100	648	809	2,75	221	0,68			
2	5,5	5,5	1.197,4	1.205,3	678,6	526,5	2.274	2.373	12,215	85,155	4,148	14,845	72,061	4,817	188	761	737	2,50	295	0,68			
3	5,5	5,5					2.263	2.373	12,098	84,343	6,082	16,867	67,889	4,817		872	2,63	298	0,68				
1	6,4	6,0	1.193,7	1.204,5	668,2	536,3	2.226	2.356	13,040	82,891	5,545	17,109	67,588	5,320	170	689	2,26	286	0,68				
2	6,0	6,0	1.194,8	1.204,7	666,2	536,5	2.231	2.356	13,073	83,099	5,309	16,901	68,588	5,320	190	733	2,08	352	0,68				
3	6,0	6,0					2.228	2.356	13,067	82,996	6,127	17,006	68,088	5,320		808	2,17	319	0,68				
1	6,9	6,5	1.198,4	1.207,9	671,7	536,2	2.231	2.340	14,162	82,652	4,659	17,348	73,145	5,824	201	761	3,10	246	0,68				
2	6,5	6,5	1.196,7	1.212,6	674,5	538,1	2.222	2.340	14,109	82,312	5,051	17,688	71,443	5,824	211	794	3,30	241	0,68				
3	6,5	6,5					2.227	2.340	14,133	82,482	4,856	17,616	72,284	5,824		776	3,20	243	0,68				
1	7,5	7,0	1.193,4	1.209,5	675,8	533,7	2.236	2.324	15,284	82,388	3,796	17,612	78,448	6,328	187	757	2,36	303	0,67				
2	7,0	7,0	1.193,8	1.209,7	682,4	544,3	2.193	2.324	14,993	80,818	5,630	19,182	70,652	6,328	182	737	2,86	285	0,67				
3	7,0	7,0					2.218	2.324	15,138	81,803	4,713	18,587	74,680	6,328		682	2,38	284	0,67				
1	8,1	7,5	1.202,8	1.207,2	659,2	548,0	2.195	2.309	16,071	80,422	4,939	19,578	74,770	6,831	182	737	2,29	289	0,67				
2	7,5	7,5	1.212,1	1.222,5	660,8	561,7	2.158	2.309	15,803	79,081	6,525	20,918	68,807	6,831	179	725	2,45	253	0,67				
3	7,5	7,5					2.178	2.309	15,927	79,761	6,732	20,248	71,789	6,831		641	2,37	271	0,67				

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
$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b_j \text{ aspal}}}$$

i = % volume aspal = $(b \times g) / b_j \text{ aspal}$
j = % volume agregat = $((100 - b) \times g) / b_j \text{ agregat}$
k = % rongga terhadap campuran = $100 - ((100 \times g) / h)$
l = % rongga terhadap agregat = $100 - ((g \times b) / b_j \text{ agregat})$

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

Medan, April 2019
diperiksa Oleh :

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 Pemasakan (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

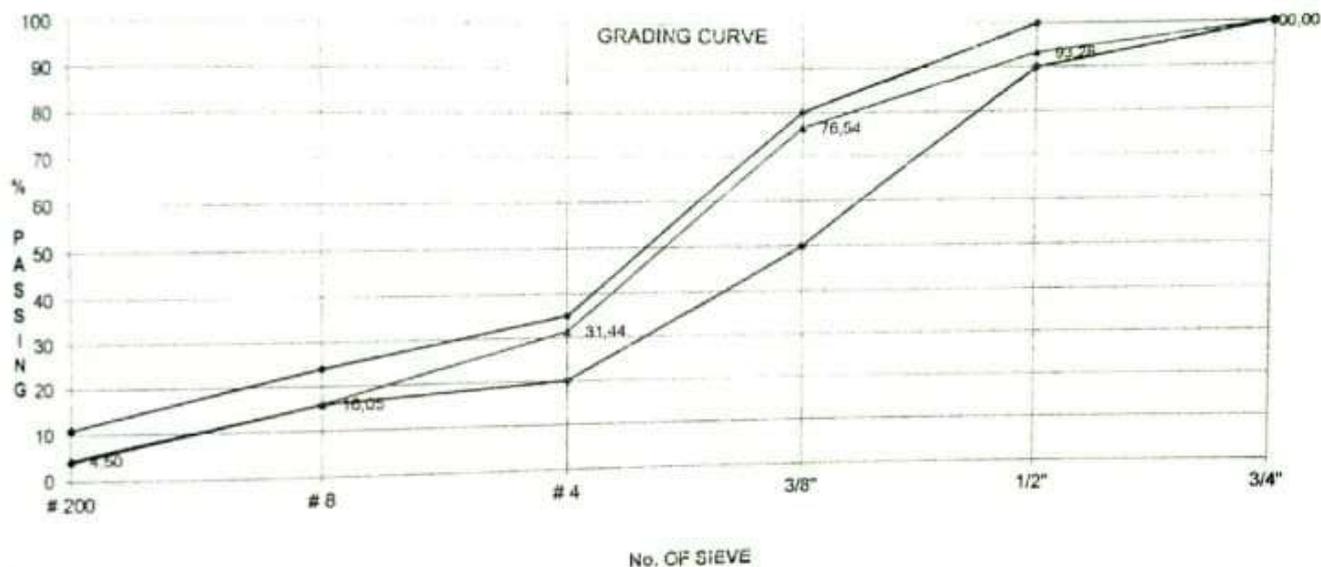


UPT LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
 DINAS BINA MARGA DAN BINA KONSTRUKSI
 PROVINSI SUMATERA UTARA
 JALAN SAKTI LUBIS NO. 7-R
 Telp./ Fax. (061) 7867172 Medan



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

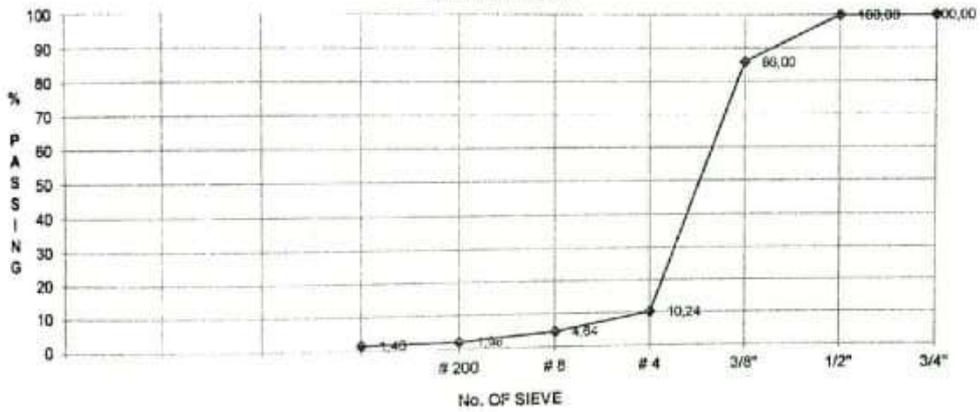


ANALISA SARINGAN

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



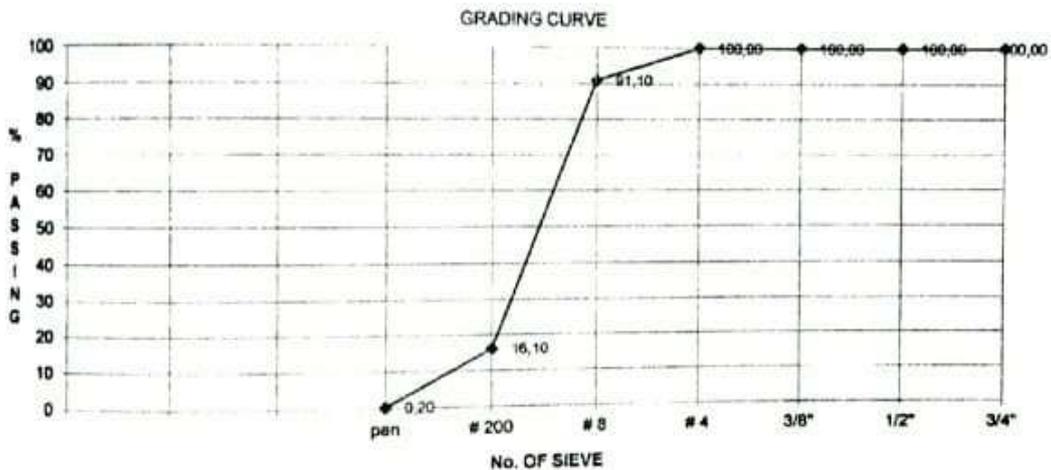
LABORATORIUM JALAN RAYA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

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
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) BK / (BJ-BA)	2,592	2,566	2,579
Bulk Sp. Gravity SSD (Berat jenis contoh SSD) BJ / (BJ-BA)	2,633	2,612	2,623
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh Semu) BK / (BK-BA)	2,704	2,690	2,697
Absorption $[(BJ-BK) / BK] \times 100\%$	1,603	1,798	1,701

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: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Analisa Saringan.



Gambar L4: Mencampur agregat halus, agregat kasar, Serat daun nanas 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*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama	Fadzil Noor Hasibuan
Tempat, Tanggal Lahir	Medan, 28 Juli 1996
Agama	Islam
Alamat	JL.Beringin Psr 7 Tembung Gg.Mangga No.2A
No. HP	085359736881
Email	fadzilhasibuan@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa	: 1507210197
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

NO	TINGKAT PENDIDIKAN	LOKASI	TAHUN KELULUSAN
1	MIS AL-Barkah Tembung	Kabupaten Deliserdan	2008
2	SMP Negeri 1 Percut SeiTuan	Kabupaten Deliserdan	2011
3	SMK Negeri 1 Percut SeiTuan	Kabupaten Deliserdan	2014
4	Melanjutkan Studi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Sampai Selesai		