

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN EVA (*ETHYLENE VINYL ACETATE*) PADA
ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN
LASTON AC-BC
(*Penelitian*)**

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

Di Susun Oleh:

DIKI AKBAR

1607210014



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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



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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Diki Akbar
NPM : 1607210014
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC (*Penelitian*)
Bidang Ilmu : Transportasi

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

UMSU
Medan, 05 November 2020
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Dosen Pembimbing

M. Husin Gultom, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Diki Akbar

NPM : 1607210014

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC (Penelitian)

Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, 05 November 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing




Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T.

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Diki Akbar

Tempat, Tanggal Lahir : Pangkalan Susu, 10 Desember 1996

NPM : 1607210014

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC”

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

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

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

Medan, 05 November 2020

Saya yang menyatakan,

Diki Akbar



ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN EVA (*ETHYLENE VINYL ACETATE*) PADA ASPAL PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC (*Studi Penelitian*)

Diki Akbar
1607210014
M. Husin Gultom, ST, MT

EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) merupakan salah satu dari sekian banyak polimer jenis *Thermoplastic Crystalline* atau plastomer. EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) adalah kopolimer etilena dan vinil asetat. Polimer sering digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan sebagai modifier aspal. Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan/masa layan perkerasan tersebut. Sebagai bahan tambah di dalam campuran LASTON AC-BC adalah EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) dengan kadar 2%,3%,dan 4%.Tulisan ini mencoba meneliti pengaruh polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) terhadap campuran Laston AC-BC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik *Marshall* pada campuran aspal dengan menggunakan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Hasil *Marshall test* yang didapatkan, dengan nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada campuran aspal dengan penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) 4% Dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1.46,88 kg, *Bulk Density* 2,341 gr/cc, flow 3.68 mm, VIM 3,11% dan VMA sebesar 15,45% .

Kata kunci: EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*), Laston AC-BC,Karakteristik *marshall*

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITIONAL EVA (ETHYLENE VINYL ACETATE) ON 60/70 PENETRATION ASPHALT ON THE CHARACTERISTICS OF AC-BC LASTON MIXING (Research Study)

Diki Akbar
1607210014
M. Husin Gultom, ST, MT

EVA (Ethylene Vinyl Acetate) is one of the many polymer types of Thermoplastic Crystalline or plastomer. EVA (Ethylene Vinyl Acetate) is a copolymer of ethylene and vinyl acetate. Polymers are often used in the manufacture of road pavements as asphalt modifiers. The addition of small amounts of polymer-type additives to the asphalt has been shown to improve the performance of asphalt and extend the strength / service life of the pavement. As an added ingredient in the LASTON AC-BC mixture is EVA (Ethylene Vinyl Acetate) with levels of 2%, 3%, and 4%. This paper tries to examine the effect of EVA (Ethylene Vinyl Acetate) polymer on the Laston AC-BC mixture. This study aims to determine how much the value of Marshall characteristics in the asphalt mixture using EVA (Ethylene Vinyl Acetate) is in accordance with the General Specifications of Bina Marga 2018. The results show that the use of EVA (Ethylene Vinyl Acetate) will affect the characteristics of the asphalt mixture. The Marshall test results obtained, with the highest value in the optimum asphalt state and meeting the specifications of Bina Marga 2018 are in the asphalt mixture with the addition of EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 4% where the stability value is 1.46.88 kg, Bulk Density 2.341 gr / cc, flow 3.68 mm, VIM 3.11% and VMA 15.45%.

Keywords: EVA (Ethylene Vinyl Acetate), Laston AC-BC, Characteristics of Marshall.

KATA PENGANTAR

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

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

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

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Erwandi dan Ibunda tercinta Sutini yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Teristimewa sekali juga kepada Abangda Muhammad Sukron Sitorus, S.T. Abangda M.Iqbal S.T, Adinda Devi Rizky S.T, yang telah memberikan dukungan, baik dengan doa maupun nasehat.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Eka Saputra, Shania Novilsha, Arief Prasetio, Mazferdian Palka, Erdi Darmaniara dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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

Medan, 05 November 2020



Diki Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iiv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Aspal	6
2.2.1 Aspal Hasil Destilasi	6
2.2.2 Aspal Alam	9
2.2.3 Aspal Modifikasi	10
2.2.4 Sifat Fisik Aspal	11
2.2.5 Pemeriksaan <i>Properties</i> Aspal	13
2.3 Agregat	16

2.3.1 Agregat Kasar	20
2.3.2 Agregat Halus	20
2.3.3 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	21
2.3.4 Gradasi Agregat Gabungan	22
2.3.5 Berat Jenis dan Penyerapan	23
2.3.6 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	26
2.3.7 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	27
2.4 Jenis Campuran Beraspal	28
2.5 Lapis Aspal Beton (LASTON)	29
2.6 Aspal Modifikasi Polimer EVA (<i>Ethylene Vinyl Acetate</i>)	30
2.7 Metode Pengujian Rencana Campuran	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Bagan Alir Metode Penelitian	37
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.3 Metode Penelitian	38
3.4 Teknik 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 Angels	41
3.8 Prosedur Kerja	41
3.8.1 Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	41
3.8.2 Tahapan Pembuatan Benda 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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Hasil Penelitian	47
4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat	47
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	51
4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal	54
4.1.4 Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	55
4.1.5 Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Ketentuan Untuk Aspal Keras	7
Tabel 2.1: <i>Lanjutan</i>	8
Tabel 2.2: Ketentuan Agregat Kasar	20
Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus	21
Tabel 2.4: Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	23
Tabel 2.5: Ketentuan sifat-sifat campuran laston AC	30
Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ca) $\frac{3}{4}$ inch.	47
Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ma) $\frac{1}{2}$ inch	48
Tabel 4.3: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (<i>Sand</i>).	48
Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).	49
Tabel 4.5: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.	49
Tabel 4.6: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.	51
Tabel 4.7: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji penggunaan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2% , 3% , 4% dengan KAO 5,53%.	51
Tabel 4.8: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ inch	52
Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA $\frac{3}{8}$ inch	52
Tabel 4.10: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (<i>sand</i>).	53
Tabel 4.11: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).	54
Tabel 4.12: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70	55
Tabel 4.13: Rekapitulasi hasil uji Marshall campuran Normal	58
Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran penambahan EVA (<i>Ethylene Vinyl Acetate</i>) 2%,3% dan 4%.	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Berat Jenis Agregat	24
Gambar 2.2: Hubungan Volume dan Rongga-Density Benda Uji Campuran Aspal Panas Padat	33
Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 4.1: Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat	50
Gambar 4.2: Penentuan Rentang (<i>Range</i>) Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Normal	57
Gambar 4.3: Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) Campuran Normal	59
Gambar 4.4: Grafik Hubungan <i>Bulk Density</i> (<i>gr/cc</i>) Dengan EVA (%)	60
Gambar 4.5: Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan <i>Stability</i> (Kg) Campuran Normal	60
Gambar 4.6: Grafik Hubungan Antara <i>Stability</i> (Kg) Dengan EVA (%)	61
Gambar 4.7: Grafik Hubungan Antara Kadar aspal (%) Dengan VIM Marshall dan VIM PRD (%) Pada Campuran Normal.	62
Gambar 4.8: Grafik Hubungan Antara <i>Voids In Mix</i> (VIM) (%) dengan EVA (%)	62
Gambar 4.9: Grafik Hubungan Antara Kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran Normal	63
Gambar 4.10: Grafik hubungan antara VMA (%) dengan EVA (%)	64
Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>VFB</i> (%) pada campuran normal.	64
Gambar 4.12: Grafik hubungan antara <i>Void Filled With Bitumen</i> (VFB) (%) dengan EVA (<i>Ethylene Vinyl Acetate</i>).	65
Gambar 4.13: Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal (%) Dengan Flow (mm) Campuran Normal.	65
Gambar 4.14 : Grafik Hubungan Antara <i>Flow</i> (mm) Dengan EVA (%)	66

DAFTAR NOTASI

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

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk memikul beban lalu lintas. Agregat yang dipakai terdiri dari batu pecah, batu belah, atau batu kali. Sedangkan bahan pengikat yang dipakai antara lain adalah *asphalt cement*, *portland cement* dan tanah liat. Jalan raya memiliki fungsi penting dalam kehidupan manusia karena sebagian besar kegiatan transportasi manusia menggunakan jalan raya. Pengaruh yang besar tersebut mengakibatkan jalan raya memegang peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian serta pembangunan suatu bangsa. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

Dengan keluarnya ide-ide baru dalam pelaksanaan pembangunan jalan raya sehingga semakin menambah pengetahuan untuk melakukan aplikasi-aplikasi yang jauh lebih baik penggunaannya untuk dapat diterapkan dalam hal pembangunan jalan raya. Pada umumnya perkerasan yang dipakai adalah perkerasan lentur dengan bahan pengikat aspal. Konstruksi jalan raya sistem perkerasan lentur biasanya menggunakan campuran aspal dan agregat sebagai lapis permukaan. Campuran aspal berfungsi sebagai lapisan struktural dan non struktural. Campuran aspal terdiri dari berbagai jenis agregat seperti agregat halus, agregat kasar, mineral *filler* dan aspal sebagai bahan pengikat.

Material yang umum digunakan sebagai *filler* pada penyusunan campuran perkerasan lentur adalah semen, pasir, kapur dan abu batu yang mana persediaannya terbatas serta relatif mahal. Bila dilihat dari sumber materialnya, *filler* dari semen, pasir, kapur dan abu batu berasal dari sumber material yang tidak dapat diperbaharui. Untuk itu perlu adanya inovasi-inovasi baru dengan menggunakan alternatif bahan yang lain sehingga program pembangunan dan

pemeliharaan jalan dimasa yang akan datang dapat berjalan dengan lancar dan diusahakan lebih ekonomis.

Aspal sebagai salah satu bahan penyusun struktur perkerasan yang berfungsi sebagai bahan pengikat belum mampu mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh temperatur yang tinggi, volume lalu lintas yang tinggi dan *over loading*.

Salah satu cara untuk meningkatkan performa aspal tersebut adalah dengan cara memodifikasi aspal dengan menambahkan suatu bahan polimer. Salah satu polimer yang mampu mengatasi masalah tersebut adalah polimer plastomer jenis EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*). Tipe polimer ini mudah digunakan serta mempunyai kemampuan yang baik untuk bersatu dengan aspal, suhunya yang stabil pada normal mixing serta temperaturnya yang mudah dikendalikan (Whiteoak, 1991).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) terhadap perubahan karakteristik campuran Laston AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang terjadi sehingga akan diketahui berapa besar kadar polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) yang masih memenuhi persyaratan dari Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 serta menjawab apakah penambahan polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan karakteristik campuran Laston AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*). (Industri, Sains, Propertis, & Eva, 1991)

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam Penelitian ini adalah:

1. Apakah penambahan polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) yang digunakan dalam percobaan dapat memenuhi sifat-sifat parameter uji Marshall yang terdapat pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Bagaimana pengaruh Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) terhadap campuran Laston AC-BC.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup yang akan dibahas pada penelitian ini, antara lain :

1. Menyelidiki pengaruh penggunaan Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) sebagai bahan penambah campuran aspal jenis Laston AC-BC.
2. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian Marshall.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Untuk mengetahui apakah penelitian ini memenuhi sifat-sifat parameter uji *Marshall* yang terdapat pada spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Untuk mengetahui apakah Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) dapat bermanfaat sebagai bahan penambah pada campuran Laston AC-BC dalam penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat ditinjau dari:

1. Aspek keilmuan atau akademis
Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan pengetahuan yang luas serta mengembangkan pola pikir tentang penambahan Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) pada campuran Laston AC-BC yang kemudian mampu memberikan gagasan dalam inovasi aspal yang lebih baik.
2. Aspek praktek
Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat digunakan pada jalan yang ada di Indonesia yang memiliki lalu lintas yang padat.
3. Untuk memanfaatkan Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) sebagai bahan penambah campuran aspal.

1.6 Sistematika Penulisan

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

1. BAB 1 PENDAHULUAN

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

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan kajian dari berbagai literatur serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini. Dalam hal ini diuraikan hal-hal tentang beberapa teori-teori yang berhubungan dengan karakteristik campuran Laston AC-BC dengan penambahan polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*).

3. BAB 3 METODE PENELITIAN

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

4. BAB 4 ANALISIS DATA

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

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan yang umum dipakai di Indonesia. Konstruksi perkerasan lentur disebut “lentur” karena konstruksi ini mengizinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perkerasan lentur biasanya terdiri dari 3 lapis material konstruksi jalan di atas tanah dasar, yaitu lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis pondasi permukaan (Silvia Sukirman, 2003).

Lapis permukaan merupakan lapisan yang letaknya berada paling atas dari sebuah perkerasan lentur dan merupakan lapisan yang berhubungan langsung dengan kendaraan sehingga lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat aus. Oleh karena itu perencanaan dan pembuatan lapisan ini harus dibuat dengan tepat agar mampu memberikan pelayanan yang baik kepada sarana transportasi yang melewati jalan tersebut (Silvia Sukirman, 2003).

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.

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 :

- AC (Asphalt Concrete) atau laston (lapis beton aspal)
- HRS (Hot Rolled Sheet) atau lataston (lapis tipis beton aspal)
- HRSS (Hot Rolled Sand Sheet) atau latasir (lapis tipis aspal pasir)

Laston (Lapis Aspal Beton) 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, ACbinder, ATB (Asphalt Treated Base). Lataston (HRS) juga dapat digunakan sebagai lapisan aus atau lapis pondasi. Latasir (HRSS) digunakan untuk lalulintas ringan (< 500.000 ESA).

2.2 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya (Silvia Sukirman, 2003). 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.

Aspal merupakan suatu produk berbasis minyak yang merupakan turunan dari proses penyulingan minyak bumi, dan dikenal dengan nama aspal keras. 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.

2.2.1 Aspal Hasil Destilasi

Aspal mentah disuling dengan cara destilasi, yaitu suatu proses dimana berbagai fraksi dipisahkan Minyak dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi ini disertai oleh kenaikan temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Pada

setiap temperatur tertentu dari proses destilasi akan dihasilkan produk-produk berbasis minyak yang terdiri dari beberapa aspal yaitu:

1. Aspal Keras

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

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

Selain melalui proses destilasi hampa dimana aspal dihasilkan dari minyak mentah dengan pemanasan dan penghampaan, aspal keras juga dapat dihasilkan melalui proses ekstraksi zat pelarut. Dalam proses ini fraksi minyak (bensin, solar dan minyak tanah) yang terkandung dalam minyak mentah (*crude oil*) dikeluarkan sehingga meninggalkan aspal sebagai residu. Dengan ketentuan Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Ketentuan Untuk Aspal Keras (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan	
2.	Temperatur yang Menghasilkan Geser Dinamis ($G \cdot \sin \delta$) Pada Osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa (°C)	SNI 06-6442-2002	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2432:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5.	Daktalitas pada 25°C,(cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2432:2011	≥ 232	≥ 230	

Tabel 2.1: *Lanjutan*

7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASTHO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434-2011	-	$\leq 2,2$	
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI 06-24401991) 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 ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2002	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperature 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*\sin\delta$) Pada Osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

2. Aspal Cair (*cutback asphalt*)

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

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

- c. Aspal cair lambat mantap (*SC = slow curing*), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya solar.

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

3. Aspal Emulsi

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

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

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

2.2.2 Aspal Alam

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

1. Aspal danau (*lake asphalt*)

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

yang mempunyai angka penetrasi yang tinggi dengan perbandingan tertentu sehingga dihasilkan aspal dengan angka penetrasi yang diinginkan.

2. Aspal batu (*rock asphalt*)

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

2.2.3 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Polymer adalah jenis bahan tambah yang banyak digunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga sebagai aspal polymer. Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan polymer yang biasanya digunakan untuk tujuan ini, yaitu polymer elastomer dan polymer plastomer.

1. Aspal Polymer Elastomer

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

rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

2. Aspal polymer plastomer

Seperti halnya dengan aspal polymer elastomer, penambahan bahan polymer plastomer pada aspal keras juga dimaksudkan untuk meningkatkan sifat rheologi baik pada aspal keras dan sifat sifik campuran beraspal. Jenis polymer plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*), polypropilene dan polyethilene. Persentase penambahan polymer ini ke dalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium karena sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

2.2.4 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.

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

2. Adhesi Dan Kohesi

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

Uji daktilitas aspal adalah suatu uji kualitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui tingkat adhesifnes 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.

2.2.5 Pemeriksaan *Properties* Aspal

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

1. Uji Penetrasi

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

penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu.

2. Titik Lembek

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

3. Daktilitas

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

4. Berat Jenis

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

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

Dimana:

A = Berat piknometer, dalam gram

B = Berat piknometer berisi air, dalam gram

C = Berat piknometer berisi aspal, dalam gram

D = Berat piknometer berisi air dan aspal, dalam gram

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

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

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 sekurangkurangnya 5 detik untuk titik bakar. Titik nyala yang rendah menunjukkan indikasi adanya minyak ringan dalam aspal. Semakin tinggi titik nyala dan bakar menunjukkan bahwa aspal semakin tahan terhadap temperatur tinggi.

6. Kelekatan Aspal Pada Agregat

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

2.3 Agregat

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Kekuatan dan keawetan (*strenght and durability*) lapisan perkerasan, yang dipengaruhi sebagai berikut ini:
 - a. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas lapis keras. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dengan analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan.
 - b. Ukuran maksimum yaitu semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang dipakai semakin banyak variasi.
 - c. Ukuran agregat dari kecil sampai besar yang dibutuhkan. Batasan ukuran agregat maksimum yang dipakai dibatasi oleh tebal lapisan yang direncanakan.
 - d. Kadar lempung yaitu lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang, adanya lempung yang mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah dan lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan lapis keras yang dibentuk oleh agregat tersebut.
 - e. Kekerasan dan ketahanan : yaitu ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - a. Kemungkinan basah
 - b. Porositas
 - c. Jenis agregat.

3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:
 - a. Tahanan geser (*skid resistance*)
 - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminuous mix workability*).

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

1. Agregat alam (*natural aggregates*).

Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es, dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin.

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

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

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah dipecah dan disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan karena tiga alasan : untuk merubah

tekstur permukaan partikel dari licin ke kasar, untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Untuk batuan krakal yang besar, tujuan pemecahan batuan krakal ini adalah untuk mendapatkan ukuran batu yang dapat dipakai, selain itu juga untuk merubah bentuk dan teksturnya.

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

3. Agregat buatan

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

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

2.3.1 Agregat Kasar

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

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

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	Magnesium Sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	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	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel pipih dan lonjong	SMA	AASTM D4791-10 Perbandingan 1: 5	Maks. 5 %	
	Lainnya		Maks. 10 %	
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Agregat halus dari sumber

bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

2.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. Didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074) dan yang ditambahkan dapat berupa debu

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

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

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

2.3.4 Gradasi Agregat Gabungan

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

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan

workabilitas serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		<i>Stone Matrix Aspal (SMA)</i>			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	<i>Base</i>	WC	BC	<i>Base</i>
1 ½"	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					9-12	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	2-19	4-9	4-8	3-7

2.3.5 Berat Jenis dan Penyerapan

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

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

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

Ada beberapa macam berat jenis yaitu:

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Berat Jenis *bulk*, dipandang volume menyeluruh agregat, termasuk volume pori yang dapat terisi oleh air setelah direndam selama 24 jam. Berat Jenis Semu, volume dipandang sebagai volume menyeluruh dari agregat, tidak termasuk

volume pori yang dapat terisi air setelah perendaman selama 24 jam. Berat Jenis Efektif, volume dipandang volume menyeluruh dari agregat tidak termasuk volume pori yang dapat menghisap aspal. Dapat dinyatakan dengan Pers. 2.3 – Pers. 2.5.

Berat Jenis Semu:

$$Gsa = \frac{Ws}{Vs \cdot \gamma_w} \quad (2.3)$$

Berat Jenis Curah:

$$Gsb = \frac{Ws}{(Vs + V_{pp}) \cdot \gamma_w} \quad (2.4)$$

Berat Jenis Efektif:

$$Gse = \frac{Ws}{(Vs + V_{pp} - V_{ap}) \cdot \gamma_w} \quad (2.5)$$

Dengan 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

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

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

2.3.6 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. 2.6 – Pers. 2.9.

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

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

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

$$S_s = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (2.7)$$

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

$$S_a = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (2.8)$$

4. Penyerapan air (*absortion*):

$$S_w = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (2.9)$$

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

Berat jenis dengan ketelitian 0,01 yang terdekat dan penyerapan dengan ketelitian 0,1 persen. Terdapat pendekatan matematis serta tiga jenis berat jenis dan penyerapan di dalam lampiran yang dapat digunakan, dan mungkin berguna

dalam memeriksa tingkat konsistensi data atau menghitung nilai-nilai yang tidak dilaporkan dengan menggunakan data laporan yang lain. Jika agregat kasar diuji pada kondisi kelembaban alaminya, tidak dengan dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven dan direndam selama (24+4) jam di dalam air, laporkan sumber benda uji dan prosedur yang dipakai untuk mencegah kekeringan sebelum diuji.

2.3.7 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis agregat halus serta kemampuannya menyerap air. Besarnya berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), berat jenis semu (*apparent*). Yang sesuai SNI 1970 : 2008 dengan perhitungan Pers. 2.10 – Pers. 2.13.

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

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

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

$$S_s = \frac{S}{(B + S - C)} \quad (2.11)$$

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

$$S_a = \frac{Bk}{(B + Bk - C)} \quad (2.12)$$

4. Penyerapan air (*absortion*):

$$S_w = \left(\frac{S - Bk}{Bk} \right) \times 100\% \quad (2.13)$$

Dengan keterangan:

Bk = Berat benda uji kering oven, dalam gram

B = Berat piknometer yang berisi air, dalam gram

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

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

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

1. Berat total piknometer, benda uji dan air:

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

2. Berat piknometer dan air:

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

Dengan keterangan:

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

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

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

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

W = Berat piknometer kosong, dalam gram.

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

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

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

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

2.5 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis beton aspal (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999). Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus dan filler yang bergradasi baik yang dicampur dengan *penetration grade* aspal. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*). Tebal nominal minimum Laston adalah 4 - 6 cm, sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*, dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course)*, dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt*

Concrete Base), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Lapisan aspal beton (laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara dalam direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Ketentuan tentang sifat-sifat campuran laston AC dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5: Ketentuan sifat-sifat campuran laston AC (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Sifat-sifat Campuran	Laston	Sifat-sifat Campuran	Laston	Sifat-sifat Campuran
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.	2		

2.6 Aspal Modifikasi Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*)

a. Polimer

Polimer adalah salah satu rantai panjang molekul yang sangat besar, terdiri atas ratusan ataupun ribuan atom yang terbentuk melalui pengulangan dari satu atau dua bahkan lebih dari bentuk molekul yang kecil menjadi suatu rantai molekul atau struktur jaringan (Hall, C, 1989).

Polimer sering digunakan dalam pembuatan perkerasan jalan sebagai modifier aspal. Penambahan bahan aditif jenis polimer dalam jumlah kecil ke dalam aspal terbukti dapat meningkatkan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan/masa layan perkerasan tersebut (Sengoz dan Isikyakar,2008)

Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, fatigue damage, serta pemisahan /pelepasan material (Yildirim,2007)

b. Polimer Sebagai Modifier

Menurut Read dan Whiteoak (2003), agar modifier menjadi efektif, dan agar praktis dan ekonomis dalam penggunaannya, maka modifier tersebut harus:

1. Tersedia di lapangan.
2. Tahan terhadap degradasi pada suhu pencampuran.
3. Meningkatkan ketahanan terhadap flow pada suhu jalan yang tinggi tanpa membuat aspal menjadi terlalu encer pada suhu pencampuran dan penghamparan atau tidak membuat aspal terlalu kaku atau rapuh pada suhu jalan yang rendah.
4. Biayanya murah.

Brûlé (1996) menyatakan pengikat yang ideal harus mampu meningkatkan kohesi dan kerentanan rendah terhadap temperatur seluruh rentang suhu yang mana menjadi pokok dalam pelayanan, tetapi juga mempunyai viskositas yang rendah pada suhu normal dimana pengikat tersebut disimpan. Kerentanan terhadap waktu pembebanan harus rendah, dimana tahan terhadap deformasi parmanen, kekuatan hancur dan karakteristik terhadap fatiqnya harus tinggi. Pada kondisi yang sama harus mempunyai kualitas adhesi (aktif dan pasif) sebagai pengikat tradisional. Harus mempunyai karakteristik penuaan yang baik untuk diaplikasikan dalam masa pelayanan.

Brûlé (1996) mengungkapkan tiga kemungkinan campuran yang dihasilkan dalam proses pencampuran aspal dengan modifier jenis polimer, yaitu:

1. Campuran yang heterogen, dimana polimer dan aspal terbukti tidak tercampur.
2. Campuran yang tercampur homogen hingga pada level molekulnya. Pengikat ini sangat stabil. Nilai viskositasnya meningkat dan itu bukan hasil yang diinginkan.

3. Campuran yang tercampur secara mikroheterogen. Ini adalah kompatibilitas dicari dan memberikan properti aspal dimodifikasi dengan benar.

Pada kenyataannya berbagai pelaksanaan pencampuran polimer sejauh ini masih memberikan hasil pencampuran secara homogen.

Mekanisme yang perlu diperhatikan dalam modifikasi, menurut Brûlé (1996):

1. Kandungan polimer rendah (kurang dari 4%). Kandungan oil yang diturunkan aspal memiliki kandungan asphaltene korelatif tinggi: kohesi dan elastisitas yang baik ditingkatkan sebagai hasilnya. Dalam hal ini, pilihan aspal adalah faktor yang menentukan.
2. Kandungan polimer cukup tinggi (lebih dari 7 % pada umumnya, jika aspal dan polimer dipilih dengan benar). Polimer dibuat menjadi plastis oleh oil di aspal dimana fraksi yang lebih berat dari semen aspal awal tersebar. Aspal tidak bekerja sebagai aspal modifikasi polimer-tapi perekat termoplastik.
3. Kandungan polimer sekitar 5 % umumnya memiliki masalah stabilitas (*micromorphology* dan sifat mereka sering bergantung pada suhu).

c. Aspal Modifikasi EVA (EVA-Modified Asphalt – EVA-MA)

Menurut Read dan Whiteoak (2003), polimer termoplastik, bila dicampur dengan aspal dan di bawah suhu tertentu meningkatkan viskositas aspal. Namun, mereka tidak secara signifikan meningkatkan elastisitas aspal dan, ketika dipanaskan, mereka dapat memisahkan yang dapat menimbulkan dispersi kasar pada pendinginan. *Ethylene Vinyl Acetate* merupakan salah satu dari sekian banyak polimer jenis *Thermoplastic Crystalline* atau plastomer. *Ethylene Vinyl Acetate* adalah kopolimer etilena dan vinil asetat. Berat persen vinil asetat biasanya bervariasi 10-40%, dengan sisanya adalah etilena. EVA adalah polimer yang mendekati bahan elastomer dalam kelembutan dan fleksibilitasnya, namun dapat diproses seperti termoplastik lainnya. Materi ini mempunyai permukaan yang halus, ketahanan pada suhu rendah, ketahanan terhadap tegangan-retak, panas-lelah adhesive terhadap properti yang tahan air, dan tahan terhadap radiasi UV. EVA memiliki bau khas cuka dan kompetitive dengan karet dan produk vinil dalam berbagai aplikasi listrik.

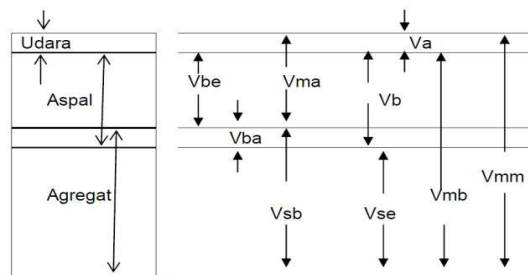
Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses blending aspal, dilakukan beberapa pengujian terlebih dahulu. Pengujian yang dilakukan pada

polimer yang akan digunakan adalah *Melt Flow Rate* atau *Melt Index*. (Bonemazzi, 1996).

Panda dan Mazumdar (1999) menyatakan EVA adalah material termoplastik yang tersusun oleh kopolimerisasi dari Etilen dan Vinil Asetat. EVA merupakan produk semi kaku yang transparan dan merupakan sebuah material elastis dan transparan yang mirip dengan plastik PVC dan beberapa jenis karet. Selain itu, dalam tahapan pembuatan aspal modifikasi EVA, diketahui bahan yang digunakan tidak dapat tercampur secara homogen jika menggunakan adukan manual. Material EVA akan mengambang di permukaan aspal dalam lapisan tipis, sehingga dibutuhkan *Mechanical Stirrer*. (Suparma, Yosevina, & Laos, 2015)

2.7 Metode Pengujian Rencana Campuran

Pengujian campuran tidak hanya dilakukan pada aspal atau agregatnya saja tetapi juga harus dilakukan terhadap campuran aspal dan agregat untuk memperoleh perbandingan dan karakteristik yang dikehendaki bagi campuran tersebut. Dalam bagian ini akan dibahas perhitungan yang seringkali dipergunakan pada pekerjaan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik aspal beton yang telah dipadatkan. Secara skematis campuran aspal beton yang telah dipadatkan dapat digambarkan sebagai Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Hubungan volume dan rongga-density benda uji campuran aspal panas padat (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

Keterangan gambar:

V_{ma} = Volume rongga dalam agregat mineral

V_{mb} = Volume contoh padat

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

V_a = Volume rongga udara

V_b = Volume aspal

V_{ba} = Volume aspal terabsorpsi
 V_{be} = Volume aspal efektif
 V_{sb} = Volume agregat (dengan Berat Jenis Curah)
 V_{se} = Volume agregat (dengan Berat Jenis Efektif)
 W_b = Berat aspal
 W_s = Berat agregat
 γ_w = Berat jenis air 1.0 g/cm³ (62.4 lb/ft³)
 G_{mb} = Berat jenis Curah contoh campuran padat

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

$$\% \text{ VMA} = \left(\frac{V_{be} + V_a}{V_{mb}} \right) \times 100 \quad (2.15)$$

$$\text{Density} = \left(\frac{W_{be} = W_s}{V_{mb}} \right) \times \gamma_w = G_{mb} \times \gamma_w \quad (2.16)$$

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

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

1. *Marshall Density*

Lapisan perkerasan dengan kepadatan yang tinggi akan sulit ditembus oleh air dan udara. Ini menyebabkan lapisan perkerasan akan semakin awet dan tahan lama.

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

Rongga udara dalam campuran padat dihitung dari berat jenis maksimum campuran dan berat jenis sampel padat menggunakan Pers. 2.17.

$$VIM = \frac{100 \times G}{h} - 100 \quad (2.17)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran

G = Berat jenis maksimum dari campuran

H = Berat jenis yang telah dipadatkan

Rongga udara dalam campuran merupakan bagian dari campuran yang tidak terisi oleh agregat ataupun oleh aspal. Bina Marga mensyaratkan kadar pori campuran perkerasan untuk lapisan tipis aspal beton 3%-6%.

3. Rongga udara antara agregat (VMA)

VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal (seluruh aspal kecuali yang diserap oleh agregat) dan volume rongga udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air atau beban lalu lintas. Dengan semakin bertambahnya nilai VMA dari campuran maka semakin besar pula ruangan yang tersedia untuk lapisan aspal. Semakin tebal lapisan aspal pada agregat maka daya tahan perkerasan semakin meningkat. Nilai VMA ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 2.18.

$$VMA = 100 - \frac{G_{xb}}{B_j \text{ agregat}} \quad (2.18)$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara antara agregat

G = Berat jenis maksimum dari campuran

B = Berat jenis campuran yang telah dipadatkan

4. Rongga terisi aspal (VFB)

VFB adalah persen (%) volume rongga di dalam agregat yang telah terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan suatu campuran yang awet dan mempunyai tingkat oksidasi yang rendah maka pori diantara agregat halus terisi aspal cukup untuk membentuk lapisan aspal yang tebal. Nilai VFB ini dapat dihitung dengan menggunakan Pers. 2.19.

$$VFB = 1000 \times \frac{I - k}{I} \quad (2.19)$$

Keterangan:

VFB = Rongga terisi aspal

I = Rongga udara dalam campuran

K = Rongga udara antar agregat

5. *Marshall stability*

Marshall stability merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan keruntuhan dari sampel campuran perkerasan ketika di uji. *Stabilitas* merupakan salah satu cara faktor penentu aspal optimum campuran aspal beton. Angka *stabilitas* di dapat dari hasil pembacaan arloji tekan dikalikan dengan hasil kalibrasi cincin pengujian serta angka korelasi beban yang dapat dilihat dari tabel hasil uji.

6. *Marshall Flow*

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

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

7. *Absorpsi* (penyerapan)

Absorpsi merupakan penyerapan air oleh campuran. Besarnya nilai *absorbs* dapat dihitung dengan Pers. 2.21.

$$Absorpsi = \frac{\text{Berat campuran direndam} - \text{berat campuran}}{\text{berat campuran}} \quad (2.21)$$

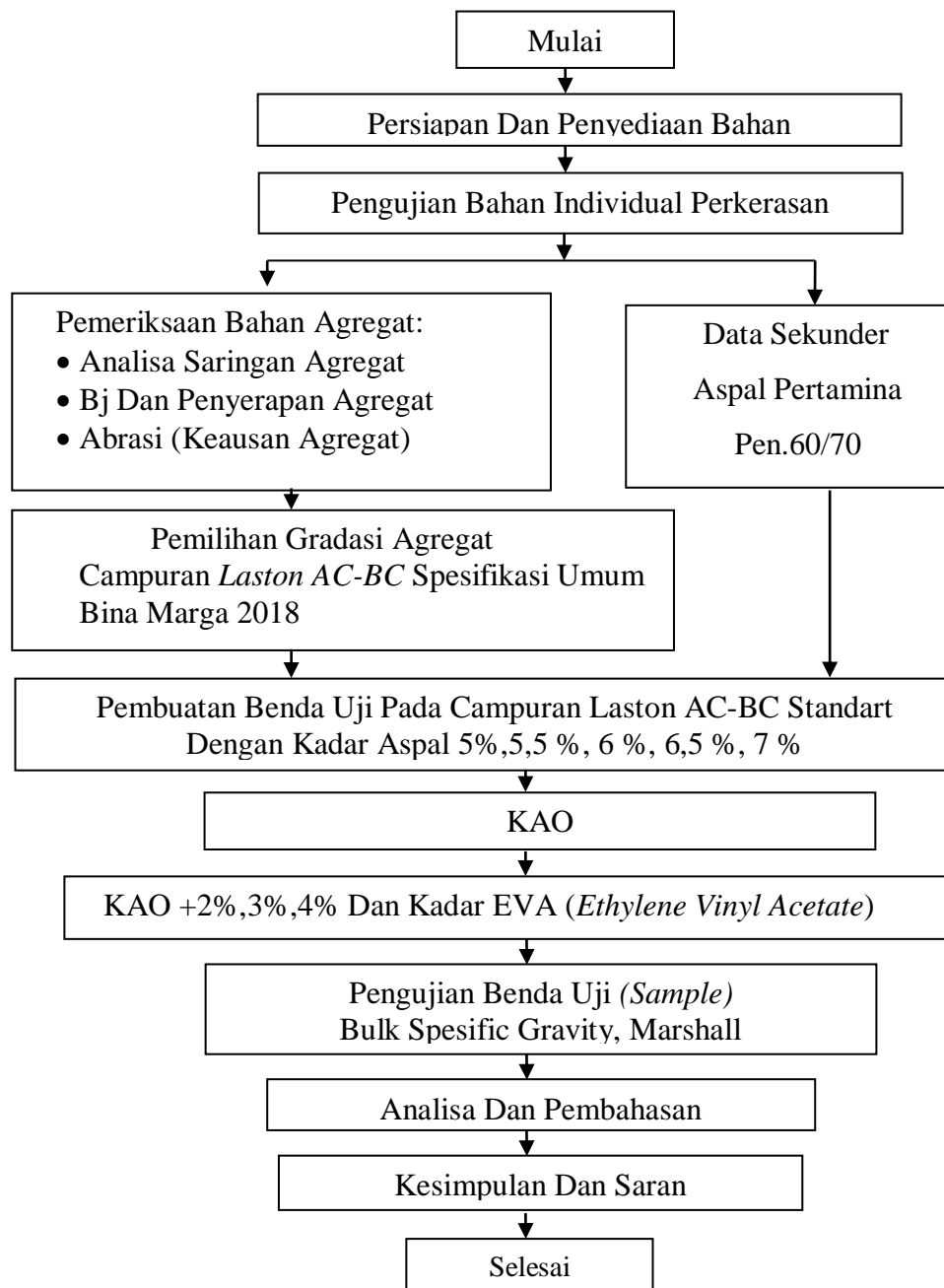
Absorpsi dalam campuran tidak boleh besar, hal ini untuk meminimalkan potensi *stripping* atau pelemahan ikatan antara aspal dan agregat. (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Metode Penelitian

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



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

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

2. Waktu Penelitian

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

3.3 Metode Penelitian

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

3.4 Teknik Pengumpulan Data

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

3.5 Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Aspal Keras.

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

2. Agregat Kasar dan Halus.

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

3. Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*).

Penelitian ini menggunakan Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) sebagai bahan untuk campuran Laston AC-BC yang diperoleh dari Salah satu toko kimia yang berlokasi di Jl. Irian Barat No.29, Gg.Buntu Kec.Medan, Sumatera Utara.

3.6 Prosedur Penelitian

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

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

3.7 Pemeriksaan Bahan Campuran

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

3.7.1 Pemeriksaan Terhadap Agregat Kasar dan Halus

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

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

3.7.2 Alat Yang Digunakan

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

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

3.7.3 Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles

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

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

3.8 Prosedur Kerja

3.8.1 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan aspal beton meliputi perencanaan gradasi dan komposisi agregat untuk campuran serta jumlah benda uji untuk pengujian. Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan lapisan *Laston AC-BC*. 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 $\frac{3}{4}$ inch = 29,00%
2. Agregat medium MA $\frac{3}{8}$ inch = 28,00%
3. Agregat halus abu batu (Cr) = 28,10%
4. Agregat halus pasir (*Sand*) = 13,00%
5. Semen = 1,90%

Adapun diperoleh komposisi campuran agregat untuk benda uji lapisan *Laston AC-BC* dengan Polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) sebagai bahan tambah adalah sebagai berikut:

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

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%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% .

3.8.2 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mengeringkan agregat pada temperatur 105°C - 110°C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven.
2. Mengeluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap.

3. Memisah-misahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan secara kumulatif.
4. Melakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan 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 telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya
 - e. Meletakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan

- f. Memadatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 50 kali untuk sisi atas dan 50 kali untuk sisi bawah.
- g. Sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar yaitu *Extruder* pada permukaan ujung benda uji tersebut, keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.

3.8.3 Metode Pengujian Benda Uji (*Sample*)

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan prosedur *Marshall test* yang dikeluarkan oleh RSNI M-01-2003. Pengujian benda uji (*sample*) 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. Timbang benda uji di udara.
- b. Rendam benda uji di dalam air.
- c. Timbang benda uji SSD di udara.
- d. Timbang benda uji di dalam air.

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

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

1. Merendam benda uji dalam penangas air selama 30 - 40 menit dengan temperatur tetap $60^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ untuk benda uji.
2. Permukaan dalam *testing head* dibersihkan dengan baik. Suhu *head* harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. *Guide road* dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas *head* akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator *proving ring* yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial *proving ring* disetel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
3. Benda uji (*sample*) percobaan yang telah direndam dalam *water bath* diletakkan di tengah bagian bawah dari *test head*. *Flow* meter diletakkan diatas tanpa *guide road* dan jarum petunjuk dinolkan.

4. Memasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*.
5. Memasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
6. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
7. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
8. Memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali.
9. Mencatat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai. Setelah itu Bersihkan alat dan selesai.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 AC-BC maka agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal $\frac{3}{4}$ "", agregat halus adalah campuran batu pecah, abu batu dan pasir, sedangkan untuk bahan tambah adalah polimer EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*). Untuk memperoleh aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan dengan acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis saringan seperti yang tertera pada Tabel 4.1. – 4.4.

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

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

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

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

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

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

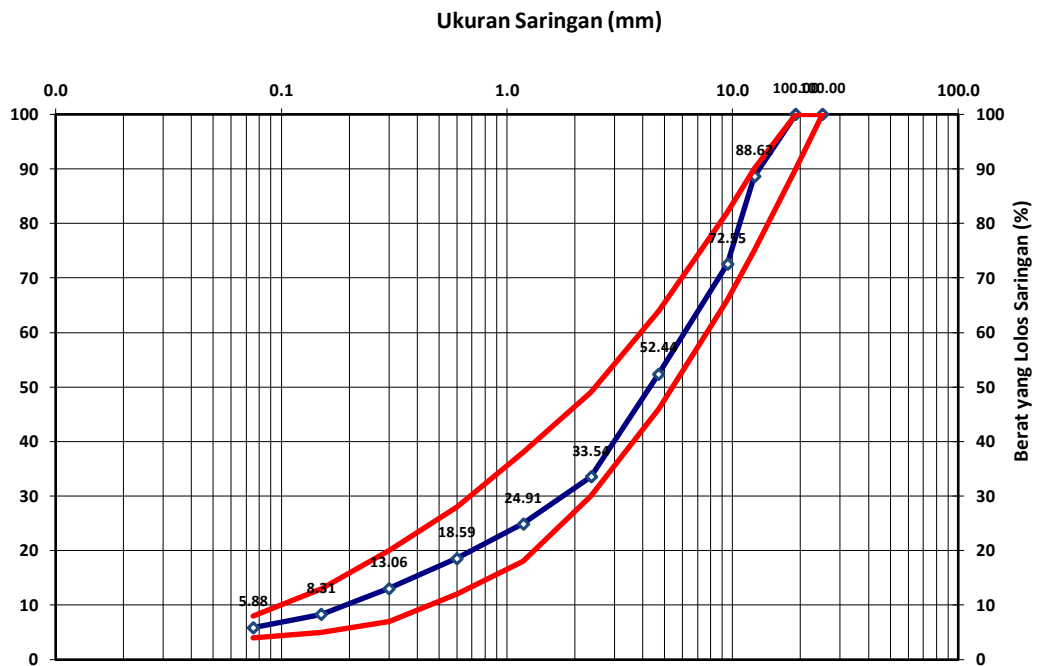
Tabel 4.4: Hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (Cr).

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

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

Tabel 4.5: Hasil kombinasi gradasi agregat standar.

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



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat.

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

Data persen agregat yang di peroleh pada normal.

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

Setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 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 ^{3/4} inch (gram)	MA 3/8 inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Semen (gram)
5	60	330,60	319,20	320,34	148,20	21,66
5,5	66	328,86	317,52	318,65	147,42	21,55
6	72	327,12	315,84	316,97	146,64	21,43
6,5	78	325,38	314,16	315,28	145,86	21,32
7	84	323,64	312,48	313,60	145,08	21,20

Tabel 4.7: Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji penggunaan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2% , 3% , 4% dengan KAO 5,53%.

Material	% Agregat	Berat Agregat (gram)	Kumulatif (gram)
Batu Pecah ^{3/4}	27,39	328,68	328,68
Medium	26,45	317,40	646,06
Abu Batu	26,55	318,60	964,68
Pasir	12,38	147,36	1112,04
Semen	1,79	21,53	1133,64
Aspal	5,53	66,36	1200
2% EVA	2	1,32	1201,32

% EVA	2%	3%	4%
EVA (gram)	1.32	1,99	2,65

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 ^{3/4} inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

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

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat CA 3/4 inch dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 3/4inch.

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

2. Berat jenis agregat kasar MA 3/8 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

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

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian agregat MA 3/8 inch dapat dilihat pada Tabel 4.9

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

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

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

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah $= \frac{488}{655,50 + 500 - 964,40} = 2.554 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{488}{655,50 + 488 - 964,40} = 2.725 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu $= \frac{500}{655,50 + 500 - 964,40} = 2.616 \text{ gr}$
- Penyerapan $= \frac{500 - 488}{488} \times 100\% = 0,024 \text{ gr}$

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

Tabel 4.10: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus pasir (*sand*).

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

4. Berat jenis agregat halus Abu Batu (Cr)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

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

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

Tabel 4.11: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus abu batu (Cr).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Bulk)	2.582	2.581	2.581
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	2.637	2.635	2.636
Berat jenis semu (Apparent)	2.603	2.601	2.602
Penyerapan (Absorbtion)	0,806	0,806	0,806

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal

Dalam penelitian ini, pemeriksaan aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder 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 diuji di balai pengujian material diperoleh hasilnya seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	66,15	60-70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,20	≥ 48	°C
3	Daktalitas Pada 25°C 5cm/menit	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	Cm
4	Kelarutan dalam C 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%:

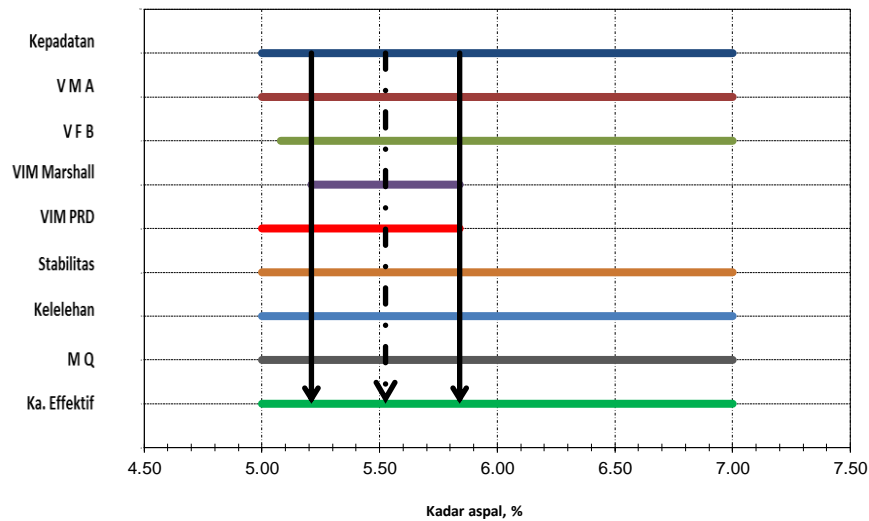
- a. Persentase terhadap batuan = 5,8 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5,53 %
- c. Berat sampel kering = 1167,6 gram
- d. Berat sampel jenuh (SSD) = 1173,2 gram
- e. Berat sampel dalam air = 670,0 gram
- f. Isi Benda Uji = 1167,6 – 670,0
= 503,20 cc
- g. Kepadatan = 1167,6 / 503,20
= 2,320 gr/cc

h. Berat jenis maksimum	$= \frac{100}{\left(\frac{100 - 5,5\%}{2,625}\right) + \left(\frac{5,5\%}{1,0245}\right)}$
	$= 2,417 \%$
i. Persentase volume aspal	$= \frac{5,5\% \times 2,261}{1,024}$
	$= 12,142 \%$
j. Persentase volume agregat	$= \frac{(100 - 5,5\%) \times 2,261}{2,254}$
	$= 84,642 \%$
k. Rongga terhadap agregat(VMA)	$= 100 - \left(\frac{2,320 \times (100 - 5,5\%)}{2,616}\right)$
	$= 16,19\%$
l. Rongga terhadap campuran (VIM)	$= 100 - \left(100 \times \frac{2,320}{2,417}\right)$
	$= 4,01 \%$
m. Rongga terisi aspal (VFB)	$= \frac{(16,19 - 4,01) \times 100}{16,19}$
	$= 75,23 \%$
n. Kadar aspal efektif	$= 5,38$
o. Pembacaan arloji stabilitas	$= 1,280,19$
p. Kalibrasi proving ring	$= 1,00$
q. Stabilitas sisa	$= 94,27$
r. Kelelehan	$= 3,65$

4.1.5 Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum

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

aspal optimum untuk campuran aspal Penetrasi 60/70 normal dapat dilihat pada Gambar 4.2



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

Setelah melakukan percobaan pada campuran normal, didapat hasil kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5,53% dengan KAO tersebut maka didapatkan komposisi campuran aspal dengan bahan tambah EVA (*Ethylene Vinyle Acetate*) sebagai berikut :

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

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 analisa perhitungan untuk campuran aspal normal pada

kadar aspal 5,5% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%,3% dan 4%.

dapat dilihat pada Tabel 4.13 – 4.14.

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{Bulk Density} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{2,379 + 2,390}{2} = 2,385 \\
 2. \quad \text{Stability} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{1330,58 + 1730,16}{2} = 1530,37 \\
 3. \quad \text{VIM} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{1,57 + 1,08}{2} = 1,32 \\
 4. \quad \text{VMA} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{14,11 + 13,68}{2} = 13,90 \\
 5. \quad \text{VFB} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{78,44 + 82,23}{2} = 80,33 \\
 6. \quad \text{Flow} &= \frac{\text{sample 1} + \text{sample 2}}{2} \\
 &= \frac{3,25 + 3,40}{2} = 3,33
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13: Rekapitulasi hasil uji Marshall campuran Normal.

Karakteristik	Kadar aspal %				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Bulk Density (gr/cc)	2,293	2,320	2,337	2,342	2,334
Stabilty (kg)	1163.60	1280,19	1335.29	1180.19	1048,74
VIM (%)	5,83	4,02	2,62	1,74	1,36

Tabel 4.13 : *Lanjutan*

VMA(%)	16,74	16,19	16,03	16,32	17,03
VFB (%)	65,19	75,20	83,65	89,34	92,02
Flow (mm)	3,30	3,65	3,85	3,65	3,25

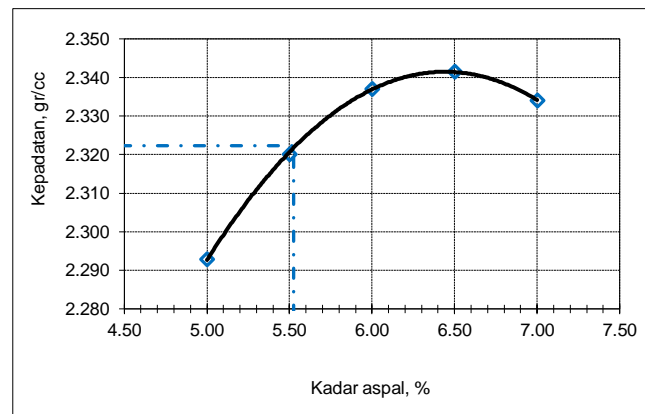
Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%,3% dan 4%.

Karakteristik	Kadar EVA %		
	2%	3%	4%
Bulk Density (gr/cc)	2,385	2,366	2,341
Stabilty (kg)	1530,37	1446,80	1346,88
VIM (%)	1,32	2,11	3,11
VMA (%)	13,90	14,58	15,45
VFB (%)	90,50	85,53	79,88
Flow (mm)	3.33	3,50	3,68

Berikut grafik dari hasil nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*VIM*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%,3% dan 4%.

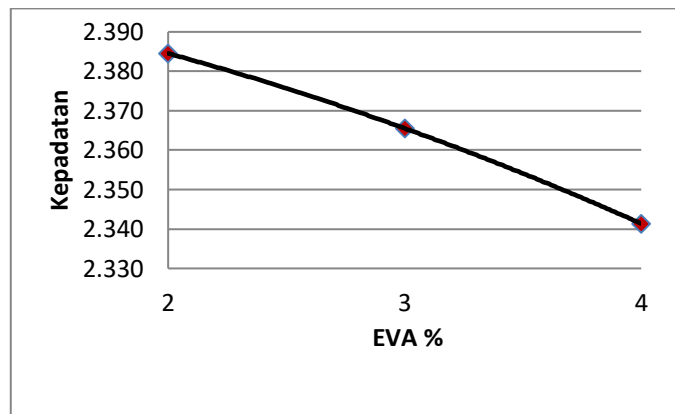
a. *Bulk Density*

Hasil nilai kepadatan (*bulk density*) pada aspal normal serta penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%,3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.2. – 4.3.



Gambar 4.3: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (*gr/cc*) campuran normal.

Dilihat dari grafik kepadatan (*bulk density*) untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwasannya pada penambahan kadar aspal 5% kepadatan mencapai 2,293 gr/cc, 5,5% naik mencapai 2,320 gr/cc, 6% naik mencapai 2,337 gr/cc, 6,5% mencapai 2,342 gr/cc dan pada 7% mengalami penurunan menjadi 2,334 gr/cc sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal yang berlebihan pada batas tertentu dapat menurunkan kepadatan suatu campuran.

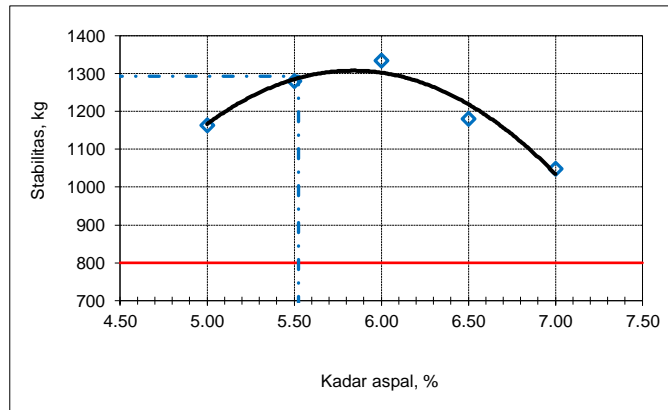


Gambar 4.4: Grafik hubungan *Bulk Density* (gr/cc) dengan EVA (%)

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA 2% kepadatan mencapai 2,385 gr/cc, 3% turun menjadi 2,366 gr/cc dan 4% turun menjadi 2,341 gr/cc, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan maka kepadatan suatu campuran semakin menurun.

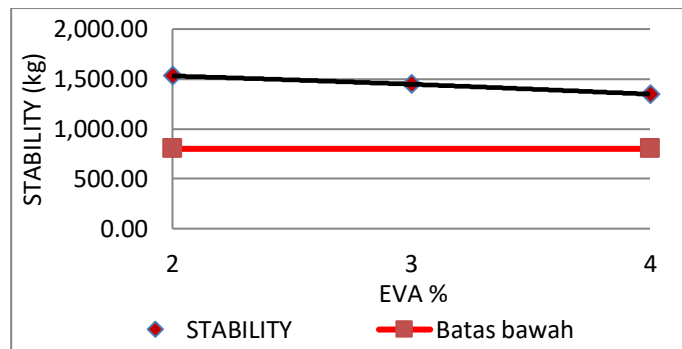
b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%,3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.4. – 4.5.



Gambar 4.5: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.

Dilihat dari grafik Stabilitas (*stability*) untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwasannya pada penambahan kadar aspal 5% *stability* mencapai 1.163,60 kg, pada 5,5% naik mencapai 1.280,19 kg, pada 6% naik mencapai 1.335,29, pada 6,5% mengalami penurunan menjadi 1.180,19 kg dan pada 7% juga mengalami penurunan sebesar 1.048,74 sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal yang berlebihan pada batas tertentu dapat menurunkan *stability* suatu campuran.

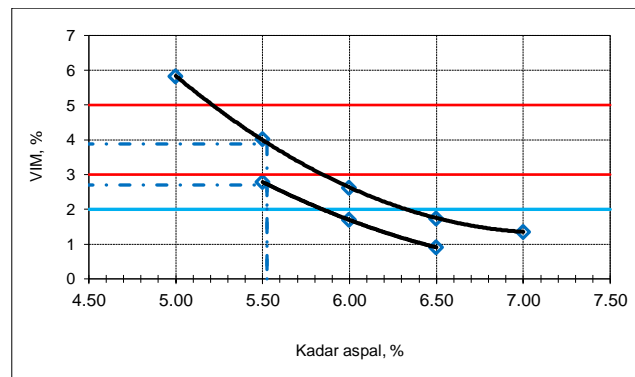


Gambar 4.6: Grafik hubungan antara *Stability* (Kg) dengan EVA (%)

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA 2% *stability* mencapai 1.530,37 kg, 3% turun menjadi 1.446,80 kg dan 4% turun menjadi 1346,88 kg, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan maka *stability* suatu campuran semakin menurun.

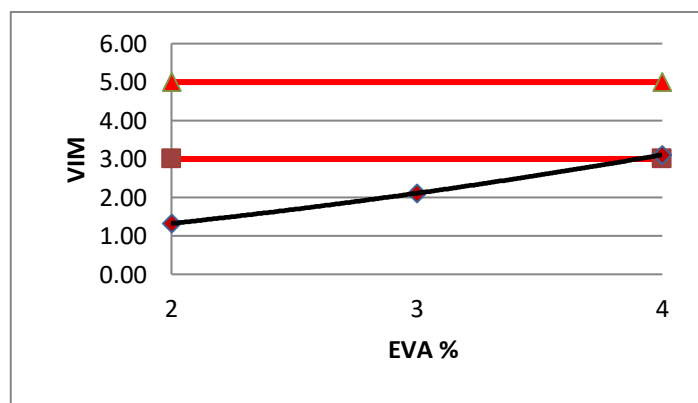
c. *Voids in Mix Marshall (VIM)*

Hasil nilai *Void in Mix (VIM)* pada aspal normal serta penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) 2%,3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.6. – 4.7.



Gambar 4.7: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VIM Marshall dan VIM PRD (%) pada campuran normal.

Dilihat dari grafik *VIM Marshall* untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwasannya pada penambahan kadar aspal 5% *VIM Marshall* mencapai 5,83%, pada 5,5% turun sebesar 4,02%, pada 6% turun sebesar 2,62%, pada 6,5% turun sebesar 1,74% dan pada 7% juga mengalami penurunan sebesar 1,36%. Begitu pula dengan *VIM PRD* pada penambahan kadar aspal 5,5% mencapai 2,79%, pada 6% turun sebesar 1,69% dan pada 6,5% juga mengalami penurunan sebesar 0,91% sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal yang berlebihan pada batas tertentu *VIM Marshall* dan *VIM PRD* suatu campuran menjadi turun.

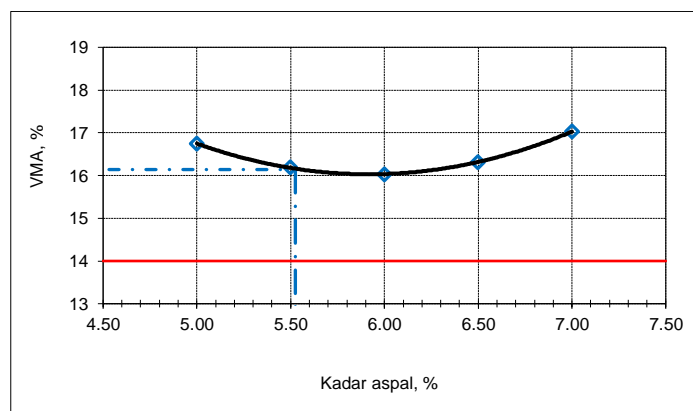


Gambar 4.8: Grafik hubungan antara *Void In Mix* (VIM) (%) dengan EVA (%)

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA 2% *VIM Marshall* sebesar 1,32 %,pada 3% naik mencapai 2,11% dan pada 4% juga naik mencapai 3,11%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan maka *VIM Marshall* suatu campuran semakin naik.

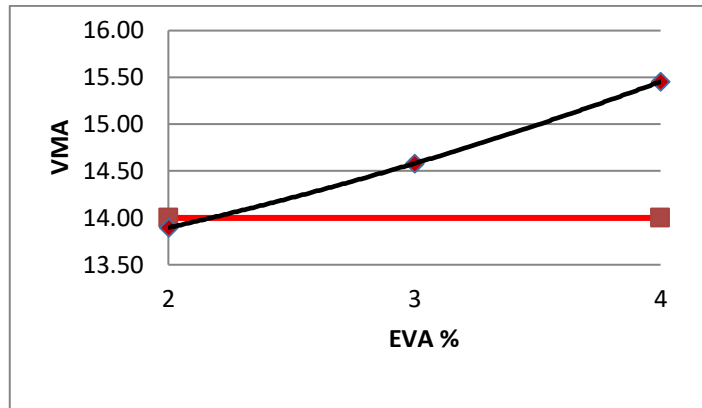
d. *Void In Mineral Agreggate* (VMA)

Hasil nilai VMA pada aspal normal serta penambahan EVA (Ethylene Vinyl Acetate) 2%, 3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.8. – 4.9.



Gambar 4.9: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.

Dilihat dari grafik VMA untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwa pada penambahan kadar aspal 5% nilai VMA sebesar 16,74%, pada 5,5% turun sebesar 16,19%, pada 6% juga turun sebesar 16,03%, pada 6,5% kembali mengalami kenaikan mencapai 16,32 dan pada 7% juga mengalami kenaikan sebesar 17,03%. sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal pada rentang 5%-6% VMA mengalami penurunan yang berarti rongga dalam agregat semakin sedikit sedangkan pada rentang 6%-7% mengalami kenaikan yang berarti rongga dalam agregat semakin bertambah.

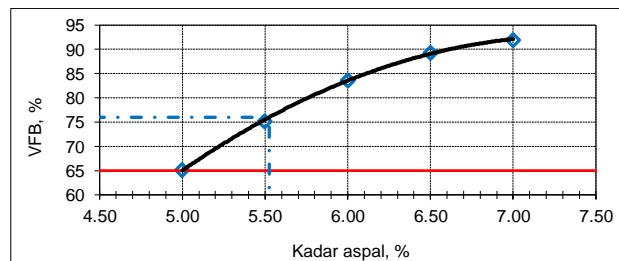


Gambar 4.10: Grafik hubungan antara VMA (%) dengan EVA (%)

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA 2% nilai VMA sebesar 13,90 %,pada 3% naik mencapai 14,58% dan pada 4% juga naik mencapai 15,45%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan maka VMA suatu campuran semakin naik.

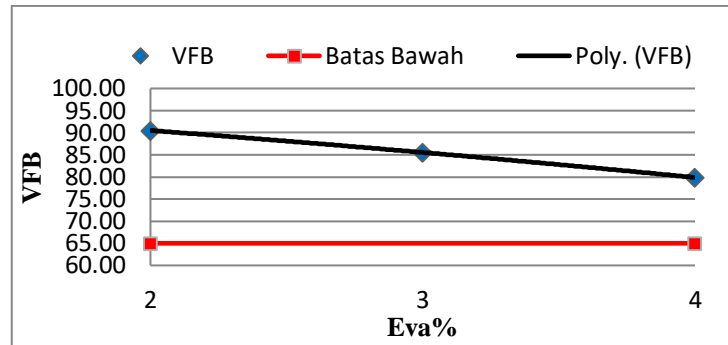
e. *Void Filled With Bitumen (VFB)*

Hasil nilai *Void Filled With Bitumen (VFB)* pada aspal normal serta penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) 2%, 3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.6. – 4.7.



Gambar 4.11: Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *VFB* (%) pada campuran normal.

Dilihat dari grafik *VFB* untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwasannya pada penambahan kadar aspal 5% *VFB* mencapai 65,19 %, pada 5,5% naik sebesar 75,20 %, pada 6% naik sebesar 83,65 %, pada 6,5% naik sebesar 89,34 % dan pada 7% juga mengalami kenaikan sebesar 92,02 % sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal dari 5 % sampai 7 % mengalami kenaikan.

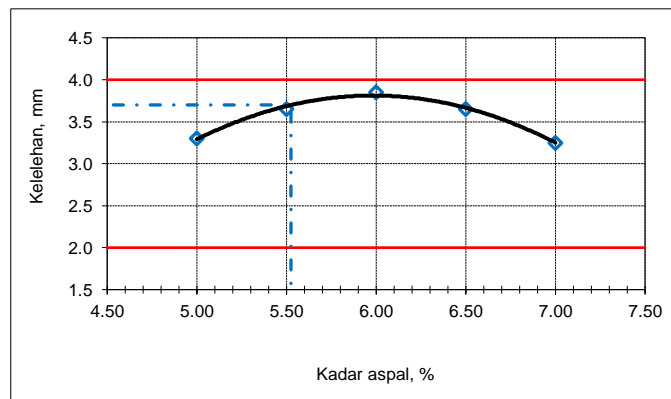


Gambar 4.12: Grafik hubungan antara *Void Filled With Bitumen* (VFB) (%) dengan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*)

Dilihat dari grafik diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA di 2% *Void Filled With Bitumen* (VFB) mencapai 90,50 %, 3% mencapai 85,53 % dan 4 % mencapai 79,98 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan pada campuran aspal maka *Void Filled With Bitumen* (VFB) yang didapatkan akan mengalami penurunan.

f. *Flow*

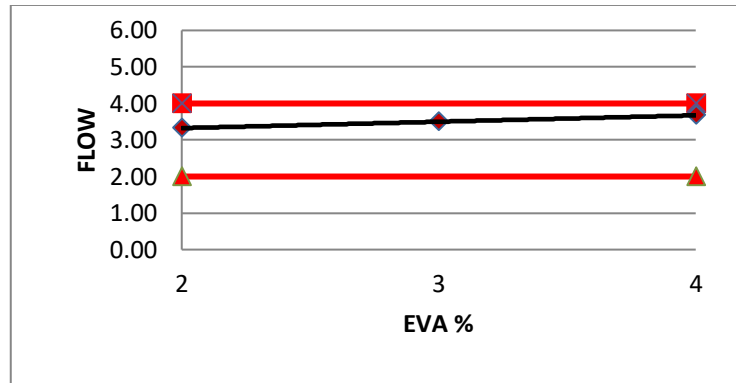
Hasil nilai flow pada aspal normal serta penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) 2%,3% dan 4% dilihat pada Gambar 4.10. – 4.11.



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

Dilihat dari grafik *Flow* untuk campuran aspal normal dapat diketahui bahwa pada penambahan kadar aspal 5% nilai *Flow* sebesar 3,30mm, pada 5,5% naik sebesar 3,65mm, pada 6% juga naik sebesar 3,85mm, pada 6,5% kembali

mengalami penurunan sebesar 3,65mm dan pada 7% juga mengalami penurunan sebesar 3,25mm. sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kadar aspal pada rentang 5%-6% *Flow* mengalami kenaikan sedangkan pada rentang 6%-7% mengalami penurunan.



Gambar 4.14: Grafik hubungan antara *Flow* (mm) dengan EVA (%)

Dilihat dari grafik *Flow* diatas dapat diketahui bahwasannya pada penambahan EVA 2% nilai *Flow* sebesar 3,33 mm,pada 3% naik mencapai 3,50mm dan pada 4% juga naik mencapai 3,68mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar % EVA yang ditambahkan maka *Flow* suatu campuran semakin naik.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan terhadap pengujian campuran LASTON AC-BC dengan penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian karakteristik sifat marshall pada campuran LASTON AC-BC yang menggunakan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) sebagai bahan tambah dengan variasi 4% didapat bahwa hasil pengujian tersebut standart spesifikasi Bina Marga 2018.
2. Hasil *Marshall test* yang didapatkan, dengan nilai tertinggi dalam keadaan aspal optimum dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 terdapat pada campuran aspal dengan penambahan EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) 4% Dimana diperoleh nilai stabilitas sebesar 1.346,88 kg, *Bulk Density* 2,341 gr/cc, Flow 3.68 mm, VIM 3,11% dan VMA sebesar 15,45%.

5.2 SARAN

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

DAFTAR PUSTAKA

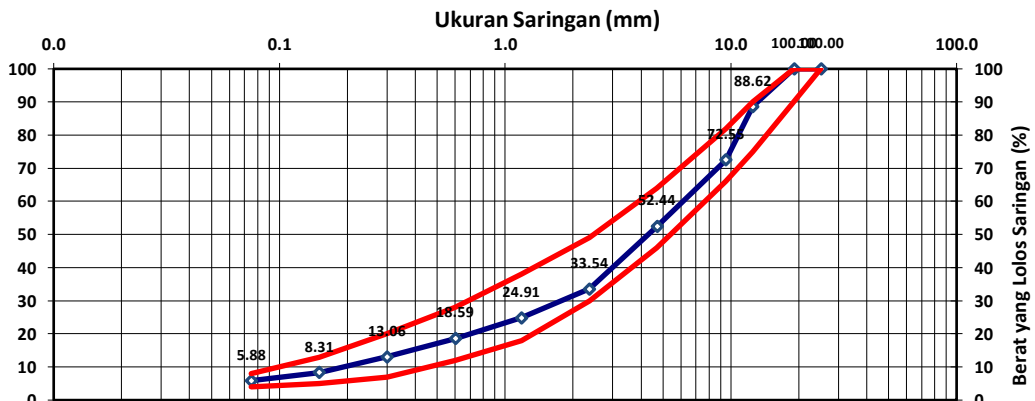
- Ardian, Muhammad; setiawan , ary ; sarwono, djoko. (2016). *Pengaruh Bitumen Modifikasi Polimer Ethylene Vinyl Acetate (Eva) Pada Asphalt Concrete*. 544–552.
- Aspal, M., Yang, P. E. N., & Substitusi, D. I. (2018). *Pengaruh Lama Rendaman Kotoran Sapi Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton*. 1, 571–580.
- Bethary, R. T., Doktor, P., Subagio, B. S., Doktor, P., Rahman, H., & Doktor, P. (n.d.). *RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*. 18(2), 117–126.
- Dengan, B., Pen, A., Tambahan, D. A. N., Ban, P., Bekas, D., & Roda, K. (2014). *KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL BETONAC-BC MENGGUNAKANMATERIAL AGREGAT*. 3(3), 38–48.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah*. (2002).
- Dwi, M., Aljnude, B. M., & Setyawan, A. (2015). *Perencanaan Dan Pengujian Aspal Penetrasi 60 / 70*. 145–150.
- Industri, J. T., Sains, F., Propertis, T., & Eva, P. (1991). *PENGARUH POLIMER EVA (ETHYLENE VINYL ACETATE) TERHADAP KINERJA CAMPURAN LAPIS ANTARA (AC-BC) Salah satu cara untuk mengatasi masalah kerusakan jalan yang disebabkan oleh volume lalu lintas yang tinggi dan over loading adalah dengan cara memodifikasi a*. 1–8.
- KARAKTERISTIK CAMPURAN BERASPAL (LASTON) AKIBAT PENGARUH PENGGUNAAN INSTANT POWDER SEBAGAI PENGANTI FILLER*. (n.d.).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges)*. (September).
- Kurniawan, R., & Setyawan, A. (2015). *Pengaruh Bitumen Modifikasi Ethylene Vinyl Acetate (Eva) Pada Asphalt Concrete Dan Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Terhadap Pengujian Unconfined Compressive Strength (Ucs) Dan Indirect Tensile Strength (Its)*. 585–590.
- L, J. F. S. (2013). *PENGARUH PENAMBAHAN MINYAK PELUMAS BEKAS DAN STYROFOAM PADA BETON ASPAL*. 12(2), 117–127.
- Massey, L. K. (2004). Ethylene Vinyl Acetate Copolymer - EVA. *Film Properties of Plastics and Elastomers*, 129–133. <https://doi.org/10.1016/b978-1->

- Memakai, L. A., Rubber, C., & Aspal, P. (2018). (*Studi Penelitian*).
- Novriandi, P., Ardian, M., Bakhi, M. A., & Setyawan, A. (2015). *Aplikasi Penggunaan Ethylene Vinyl Acetate (Eva) Modified Asphalt Pada Thin Surfacing Hot Mix Asphalt Ditinjau Dari Nilai Marshall*. 124–128.
- Saragih2), R. R. T. L. V. R., & 1)Universitas. (2017). *PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SINABUNG SEBAGAI FILLER DAN SERBUK BAN BEKAS SEBAGAI BAHAN PENGGANTI ASPAL PEN 60/70 PADA CAMPURAN PANAS AC-WC. 01(01)*, 1–10.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*.
- Suparma, L. B., Yosevina, & Laos, D. S. (2015). Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi EVA (EVA-MA) pada Perancangan Campuran Beton Aspal. *The 18th FSTPT International Symposium, Unila*, 1.
- Tombeg, C. V., Manoppo, M. R. E., & Sendow, T. K. (2019). *PEMANFAATAN SEDIMEN TRANSPORT ABU VULKANIK (GUNUNG SOPUTAN) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PADA ABU BATU DALAM CAMPURAN ASPAL HRS – WC GRADASI SEMI SENJANG*. 7(3), 309–318.
- Virgo, I., Haris, T., & T, F. L. S. (2018). *Analisis Kehilangan Kadar Aspal Buton untuk Campuran BERASPAL Laston Lapis Antara (AC-BC)*. 12, 97–104.
- Wilayah, D. P. D. P. (2013). *Manual Perkerasan Campuran Beraspal Panas*. 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

LAMPIRAN

KOMBINASI ANALISA SARINGAN NORMAL

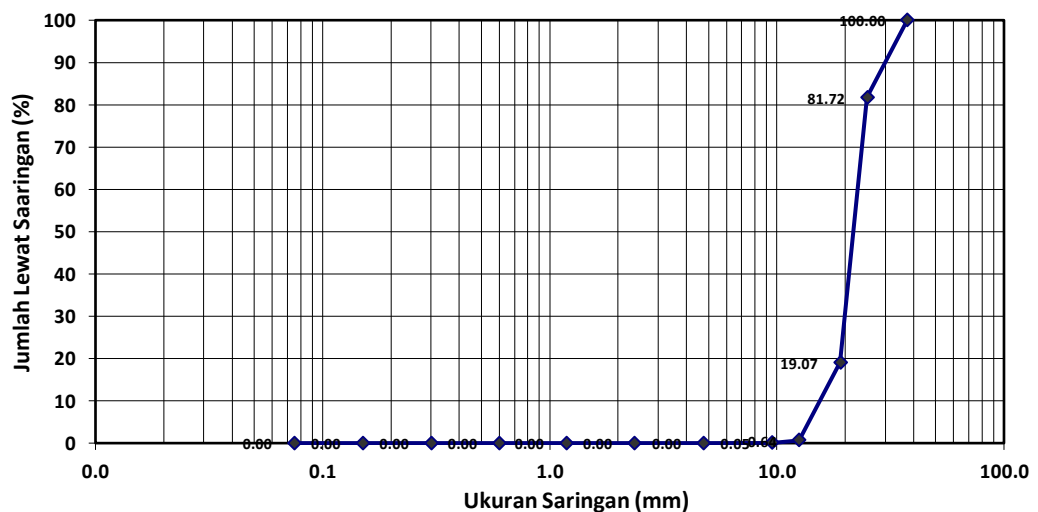
Ukuran Saringan												
ASTM	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
mm	37,50	25,00	19,00	12,50	9,50	4,70	2,360	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075
Persen Agregat Lolos Saringan												
Batu Pecah ¾"	100,00	100,00	100,00	60,76	14,33	0,59	0,13	-	-	-	-	-
Medium Agregat	100,00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



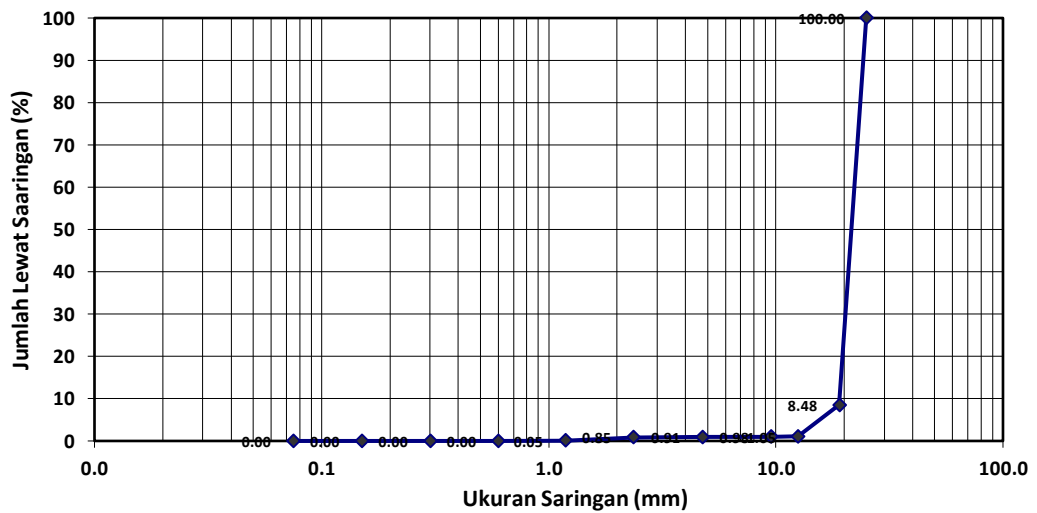
GRAFIK PERENCANAAN GRADASI AGREGAT GABUNGAN LASTON LAPIS ANTARA (AC-BC)

ANALISA SARINGAN

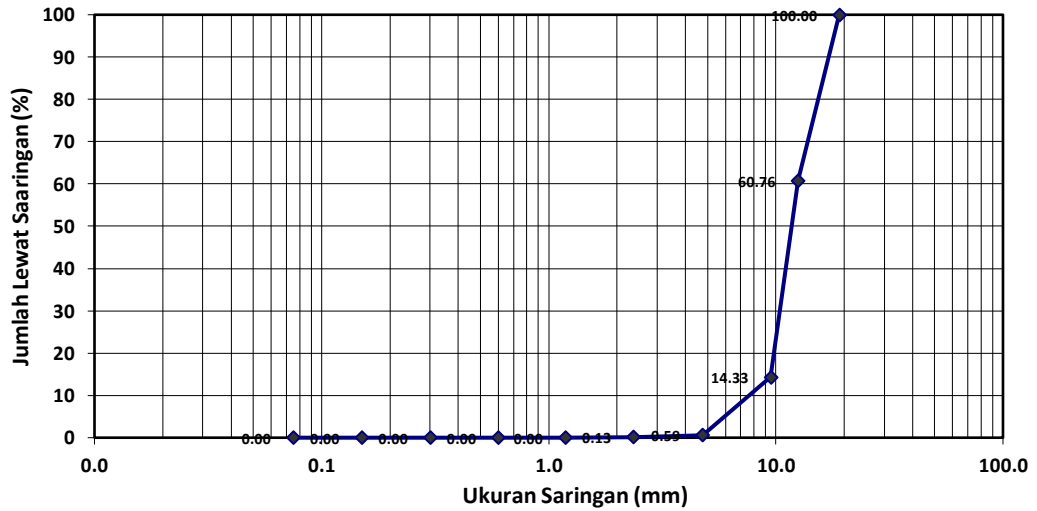
Batu Pecah 1½"			Massa Contoh Kering Oven		=	9.907
No. Saringan		Massa	Jumlah	Persen Jumlah		Spesifikasi
		Tertahan	Massa Tertahan	Tertahan	Lewat	
ASTM	mm	gram	gram	%	%	
1½"	37,50	-	-	-	100,00	
1"	25,00	1.811,00	1.811,00	18,28	81,72	
¾"	19,00	6.207,00	8.018,00	80,93	19,07	
½"	12,50	1.826,00	9.844,00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



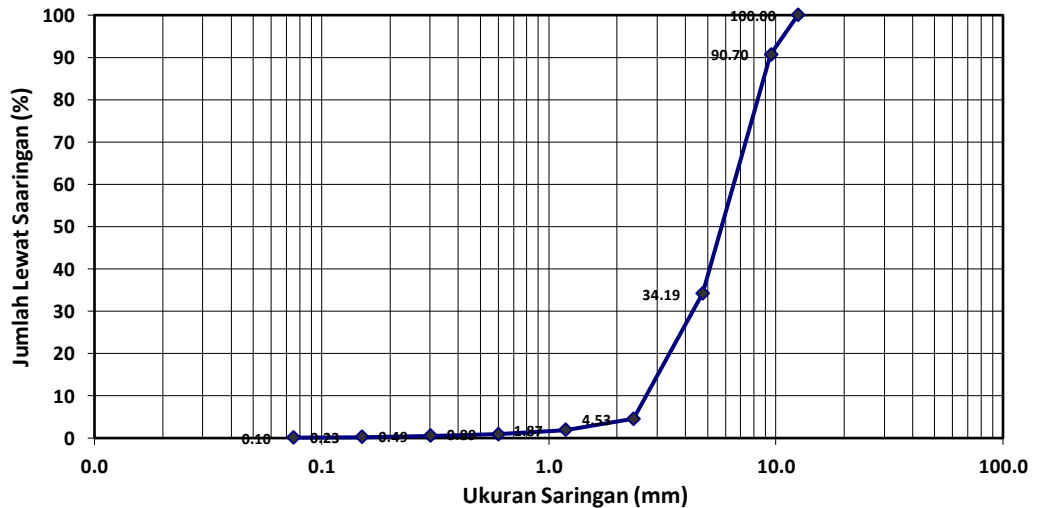
Batu Pecah 1"			Massa Contoh Kering Oven		=	10.385
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1½"	37,50					
1"	25,00	-	-	-	100,00	
¾"	19,00	9.504,00	9.504,00	91,52	8,48	
½"	12,50	772,00	10.276,00	98,95	1,05	
⅜"	9,50	7,00	10.283,00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



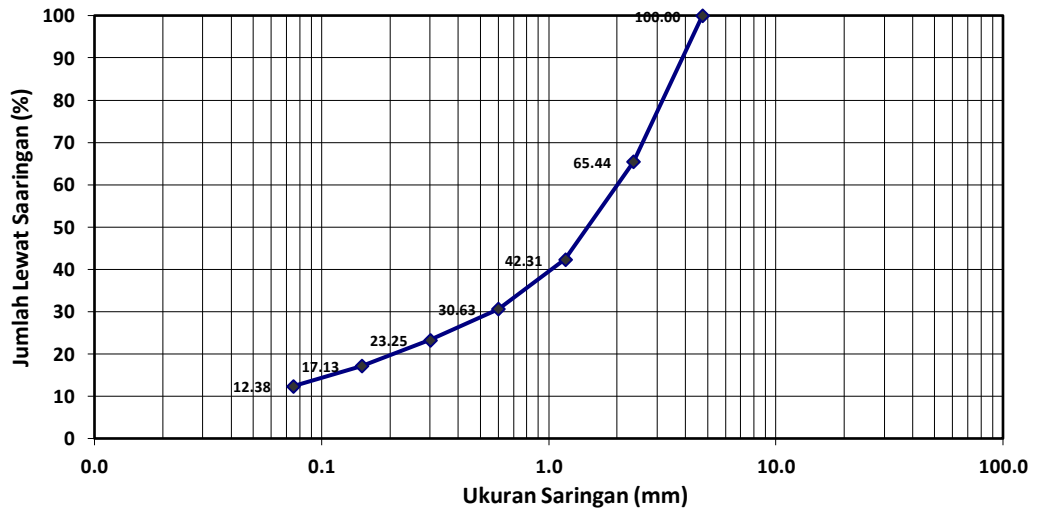
Batu Pecah 3/4"			Massa Contoh Kering Oven		=	9.986
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1 1/2"	37,50					
1"	25,00					
3/4"	19,00	-	-	-	100,00	
1/2"	12,50	3.919,00	3.919,00	39,24	60,76	
3/8"	9,50	4.636,00	8.555,00	85,67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



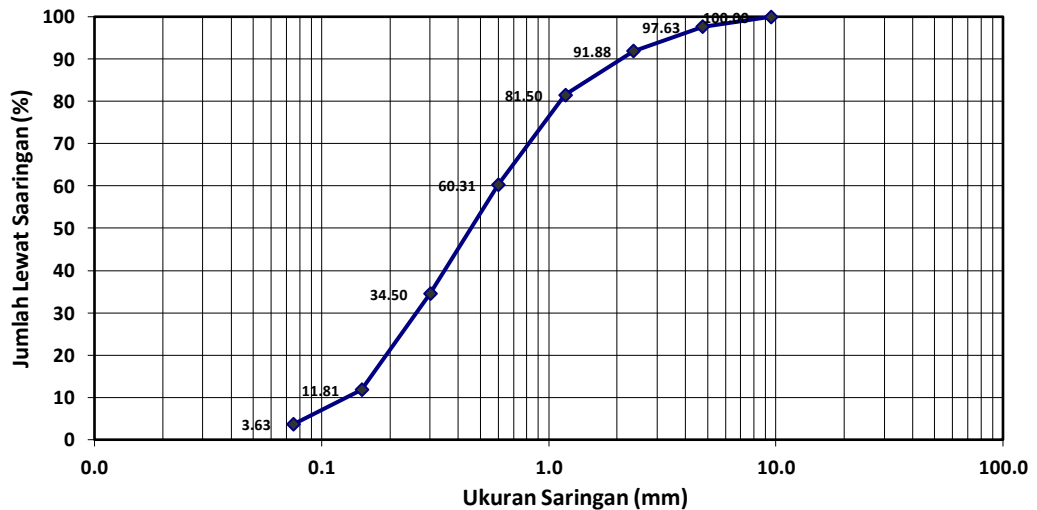
Medium Agregat			Massa Contoh Kering Oven		=	4.858
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1½"	37,50					
1"	25,00					
¾"	19,00					
½"	12,50	-	-	-	100,00	
3/8"	9,50	452,00	452,00	9,30	90,70	
No. 4	4,750	2.745,00	3.197,00	65,81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



Abu Batu		Massa Contoh Kering Oven		=	800	
No. Saringan		Massa Tertahan	Jumlah Massa Tertahan	Persen Jumlah		Spesifikasi
ASTM	mm	gram	gram	Tertahan %	Lewat %	
1½"	37,50					
1"	25,00					
¾"	19,00					
½"	12,50					
3/8"	9,50					
No. 4	4,750	-	-	-	100,00	
No. 8	2,360	276,50	276,50	34,56	65,44	
No. 16	1,180	185,00	461,50	57,69	42,31	
No. 30	0,600	93,50	555,00	69,38	30,63	
No. 50	0,300	59,00	614,00	76,75	23,25	
No. 100	0,150	49,00	663,00	82,88	17,13	
No. 200	0,075	38,00	701,00	87,63	12,38	
P a n						



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



TABEL BERAT JENIS AGREGAT

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

Lanjutan : Tebel Berat Jenis Agregat

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

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

MARSHALL TEST CAMPURAN NORMAL

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

Lanjutan : Tabel Marshall Test Campuran Normal

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

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

Keterangan

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

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

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

$$\text{Absorpsi Aspal} = 100 \times \frac{(\text{BJ. Efektif Agregat} - \text{BJ. Bulk Agregat})}{(\text{BJ. Efektif Agregat} \times \text{BJ. Bulk Agregat})} \times \text{BJ. Aspal}$$

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN



Agregat $\frac{3}{4}$



Medium Agregat



Pasir (Sand)



Abu Batu (Cr)



Pengujian *Kuartring* (Pembagi Agregat)



Pengujian Gradasi



Proses Penimbangan Agregat Untuk Pembuatan Benda Uji



Benda Uji Saat Di Timbang



Proses Pemanasan Agregat



Proses Pencetakan Benda Uji



Benda Uji Setelah Di Cetak



Proses Penumbukan Benda Uji



Proses Penimbangan Benda Uji



Proses Perendaman Benda Uji



Proses Pengujian Marshall Test

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama : Diki Akbar
Panggilan : Diki
Tempat, Tanggal Lahir : Pangkalan Susu, 10 Desember 1996
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Alamat Sekarang : Jl. Metal Raya Lk.18 Tanjung Mulia Medan
HP/Tlpn Seluler : 0877- 4948 - 1675

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210014
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	NamadanTempat	TahunKelulusan
Sekolah Dasar	SD Negeri 068073	2008
Sekolah Menengah Pertama	SMP SWASTA PELITA	2011
Sekolah Menengah Kejuruan	SMK SWASTA AL - FATTAH	2014