

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS  
*LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) TERHADAP  
KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC  
DENGAN PENGUJIAN MARSHALL  
(*Studi Penelitian*)**

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

**DISUSUN OLEH :**

**NILA ARDIYAH  
1807210074**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nila Ardiyah  
Npm : 1807210074  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene (LDPE)* Terhadap Karakteristik Campuran *Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall*  
Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, 10 Oktober 2022

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

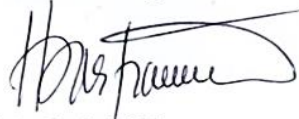
Nama : Nila Ardiyah  
Npm : 1807210074  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene (LDPE)* Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall  
Bidang Ilmu : Transportasi

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

Medan, 10 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Pembanding I



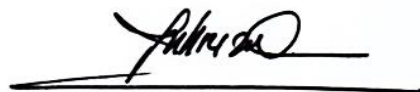
Hj. Irma Dewi, S.T, MSi

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S T, M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nila Ardiyah  
Tempat/Tanggal Lahir : Subulussalam, 25 Februari 2000  
NPM : 1807210074  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene (LDPE)* Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall”

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

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

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

Medan, 10 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,

  
Nila Ardiyah

## ABSTRAK

### **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL***

Nilia Ardiyah

1807210074

Ir. Sri Asfiati, MT

*Polyethylene* atau dengan nama umumnya *Thermoplastic* merupakan jenis plastik yang biasa digunakan dalam kemasan atau pengemasan makanan dan minuman. Selain menjadi bahan tambahan pada campuran beraspal, plastik juga menjadi salah satu solusi penanganan limbah plastik. Pada penelitian ini menggunakan bahan adiktif plastik, yaitu plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan tambah Laston AC-BC dengan kadar plastik 1,5%, 2% dan 2,5%. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak dengan menggunakan 36 buah benda uji, 3 variasi kadar aspal dan 3 variasi persentase penambahan plastik LDPE yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik LDPE pada campuran aspal AC-BC terhadap karakteristik *Marshall* dan mengetahui nilai kadar aspal optimum (KAO) pada masing-masing variasi. Karakteristik *marshall* yang ditinjau adalah *Bulk Density* (Kepadatan), *Stability* (Stabilitas), *Flow* (Kelelehan), *VIM* (*Void In Mix*), *VFA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void In Mineral Aggreggate*), *MQ* (*Marshall Quotient*). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada penambahan plastik LDPE lebih meningkat dari campuran normal, sehingga daya ikat antara aspal dan agregat semakin meningkat. Penambahan plastik paling efektif adalah variasi 2,5% dengan nilai *Bulk Density* sebesar 2,307 gr/cc, *Stability* sebesar 1220 kg, *Flow* sebesar 3,25 mm, *VIM* sebesar 4,30%, *VFA* sebesar 70,50%, *VMA* sebesar 14,52%, nilai *MQ* sebesar 378 kg/mm dan diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25%.

**Kata Kunci:** Plastik LDPE, Lapisan AC-BC, Agregat.

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF THE USE PLASTIC WASTE LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) ON MIXED CHARACTERISTICS LASTON AC-BC WITH MARSHALL (Research Study)**

Nila Ardiyah

1807210074

Ir. Sri Asfiati, MT

*Polyethylene known as Thermoplastic is one of plastic sort commonly used to packaging food and beverage. Beside used as additive on asphalt mixtures, the plastic is a solution to handling plastic waste. By using additive plastic as materials, it is Low Density Polyethylene (LDPE) as material support for Laston AC-BC on content level 1,5%, 2% and 2,5% of plastic. The methode used is experimentation conducted at Laboratory of PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, using 36 test object, 3 variety of asphalt content and 3 variety of LDPE plastic refers to the general specification of Bina Marga in 2018. The research is to determine the effect by adding LDPE plastic waste to the AC-BC asphalt mixtures on Marshall characteristic and to determine the value of optimum asphalt content (KAO) per variations. The marshall characteristic reviewed are Bulk Density, Stability, Flow, VIM (Void in Mix), VFA (Void Filled with Asphalt), VMA (Void in Mineral Aggreggate), MQ (Marshall Quotient). The result indicated stability level in addition of LDPE plastic is increase higher than normal mixture, so that bonding power between asphalt and aggreggate increases. The most effective of plastic addition is a variation by 2,5% Bulk density level of 2,307 gr/cc, 1220 kg of stability, 3,25 mm of Flow, 4,30% of VIM, 70,50% of VFA, 14,52% of VMA, with MQ level is 378 kg/mm and obtained 5,25% of optimum asphalt content (KAO).*

**Keywords:** LDPE Plastic, AC-BC layer, Aggreggate.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene (LDPE)* Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall” ditulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Ijazah Sarjana pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hj. Irma Dewi, S.T, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II dan sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kepada seluruh Staf Bapak/Ibu Dosen pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Kepada Ibunda Mini Malau dan Sofyan Brutu serta Abang, kakak dan adik saya tercinta dan tersayang yang dengan tulus memberi doa dan kasih sayang

yang tak terhingga serta senantiasa memberi dukungan baik secara moril maupun material selama penulis menempuh pendidikan di fakultas teknik program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh teman-teman *team* penelitian aspal yang sudah memberikan masukan serta membantu penulisan ini, khususnya terima kasih kepada Enicha Apriana Damanik, Nur Eriska, Agung Trisandi, Wahyu Dewantara dan Dimas Diko Perdana.
9. Yang spesial kepada teman-teman yang selalu menghibur dan memberikan masukan serta membantu penulisan ini, khususnya support yang sangat luar biasa, terima kasih kepada Maisi Maha, Agustiana, Cut Rini Puspita Elida, Ewisna Syah Fitri, Rizky Ananda Aulia, Putri Suci Amalia, Sylmi El Fairuz, Evieta Sari, Rizky Prananda dan sahabat-sahabat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan tefrima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 10 Oktober 2022

Penulis



(Nila Ardiyah)



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1. Teoritis	3
1.5.1. Praktis	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.2 Aspal	7
2.2.1. Campuran Aspal Beton	10
2.2.2. Pengujian Propertis Aspal	12
2.3 Lapis Aspal Beton	13
2.4 Agregat	16
2.4.1. Agregat Kasar	17
2.4.2. Agregat Halus	19
2.4.3. Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	20
2.5 Plastik	20

2.6	Gradasi Agregat Gabungan	22
2.7	Pengujian Marshall	23
BAB 3	METODE PENELITIAN	28
3.1	Bagan Alir Penelitian	28
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3	Metode Penelitian	29
3.4	Teknik Pengumpulan Data	29
3.5	Bahan dan Peralatan	29
	3.5.1. Bahan	29
	3.5.2. Peralatan	30
3.6	Persiapan Material	30
3.7	Pemeriksaan Bahan Campuran	31
	3.7.1. Pemeriksaan terhadap Agregat Kasar dan Halus	31
3.8	Pembuatan Benda Uji	31
3.9	Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i>	32
3.10	Analisa dan Pembahasan	33
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Pemeriksaan Aspal	34
4.2	Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat	34
4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat	41
4.4	Hasil Pemeriksaan terhadap Parameter Benda Uji	44
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan Untuk Aspal Keras Pen 60/70	9
Tabel 2.2	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	14
Tabel 2.3	Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod)	15
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Kasar	18
Tabel 2.5	Ketentuan Agregat Halus	19
Tabel 2.6	Kode Jenis Plastik	20
Tabel 2.7	Amplop Gradasi Agregat Gabungan untudk Campuran Beraspal	23
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Keras Pertamina Pen 60/70	34
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ca) 1 inch	35
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Ma) ½ inch	35
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Pasir ( <i>Sand</i> )	36
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu (Fa)	36
Tabel 4.6	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat untudk Campuran Normal	37
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Berat Agregat yang diperlukan untuk Benda Uji Campuran Normal	39
Tabel 4.8	Hasil Kombinasi Gradasi Agregat untudk Campuran Plastik LDPE Sebanyak 1,5%	39
Tabel 4.9	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar CA 1 inch	41
Tabel 4.10	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar MA ½ inch	42
Tabel 4.11	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus FA	43
Tabel 4.12	Rekapitulasi Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Pasir	43
Tabel 4.13	Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> Campuran Normal	46
Tabel 4.14	Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> Campuran dengan menggunakan bahan tambah Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	28
Gambar 4.1	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat untuk Campuran Normal	38
Gambar 4.2	Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat untuk Campuran Plastik LDPE 1,5%	40
Gambar 4.3	Grafik KAO Campuran Aspal Normal	46
Gambar 4.4	Grafik KAO Campuran Plastik LDPE variasi 1,5%	47
Gambar 4.5	Grafik KAO Campuran Plastik LDPE variasi 2%	48
Gambar 4.6	Grafik KAO Campuran Plastik LDPE variasi 2,5%	48
Gambar 4.7	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) Campuran Normal	49
Gambar 4.8	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc)	50
Gambar 4.9	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan <i>Stability</i> (kg) Campuran Normal	51
Gambar 4.10	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan <i>Stability</i> (kg)	51
Gambar 4.11	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan VIM (%) Campuran Normal	52
Gambar 4.12	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan VIM (%)	53
Gambar 4.13	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan VFA (%) Campuran Normal	54
Gambar 4.14	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan VFA (%)	55
Gambar 4.15	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan VMA (%) Campuran Normal	56
Gambar 4.16	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan VMA (%)	57
Gambar 4.17	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) Campuran Normal	58
Gambar 4.18	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan <i>Flow</i> (mm)	59

Gambar 4.19	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan MQ (kg/mm) Campuran Normal	60
Gambar 4.20	Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan MQ (kg/mm)	61

## DAFTAR NOTASI

AC	: <i>Asphalt Concrete</i>
AC-BC	: <i>Asphalt Concrete - Binder Course</i>
AC-WC	: <i>Asphalt Concrete - Wearing Course</i>
B <sub>a</sub>	: Berat aspal beton padat di dalam air (gr)
B <sub>k</sub>	: Berat kering aspal beton (gr)
B <sub>ssd</sub>	: Berat kering permukaan jenuh dari aspal beton yang dipadatkan (gr)
c	: Berat kering (gr)
d	: Berat benda uji jenuh (gr)
e	: Berat benda uji dalam air (gr)
f	: Volume benda uji (cc)
g	: Nilai kepadatan (gr/cc)
G <sub>a</sub>	: Berat jenis aspal (gr/cc)
G <sub>mb</sub>	: Berat jenis <i>bulk</i> dari aspal beton padat (gr/cc)
G <sub>mm</sub>	: Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)
G <sub>sb</sub>	: Berat jenis curah (gr/cc)
G <sub>se</sub>	: Berat jenis efektif agregat (gr/cc)
IKS	: Indeks Kekuatan Sisa (%)
KAO	: Kadar Aspal Optimum (KAO)
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
MQ	: <i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)
p	: Kalibrasi
Pa	: Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat (%)
Ps	: Kadar agregat (%)
S	: Nilai stabilitas (Kg)
VFA	: Rongga terisi aspal (%)
VIM	: Rongga udara dalam campuran (%)
VMA	: Rongga dalam agregat mineral (%)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan adalah kawasan atau daerah yang menghubungkan dengan daerah/kawasan yang lain. Salah satu fungsi adanya jalan ini sebagai sarana untuk menyalurkan beban, baik berupa barang dan jasa. Selain itu merupakan bagian dari infrastruktur untuk menyambung daerah yang terbelakang, untuk pengembangan tingkat sosial, ekonomi, dan budaya dari suatu daerah. Oleh karena itu konstruksi jalan harus kuat dan tahan terhadap beban lalu lintas yang terjadi setiap hari. (Sukirman, 1999).

Perkerasan Jalan merupakan lapisan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, sehingga lapisan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapis perkerasan ini berfungsi memberikan pelayanan terhadap lalu lintas dan menerima beban repetisi lalu lintas setiap harinya. Lapis perkerasan yang atas disebut lapis permukaan yang mana pada lapisan ini kontak langsung dengan roda kendaraan dan lingkungan, sehingga biasanya lapisan ini lebih cepat rusak terutama akibat air dan beban kendaraan. Banyaknya jalan raya yang mengalami kerusakan, sebagian besar diakibatkan oleh konstruksi jalan yang tidak sesuai dengan pemakaian, ditambah lagi dengan tingginya curah hujan di Indonesia. Banyak jalan raya khususnya jalan lintas provinsi yang mengalami kerusakan baik kecil, menengah maupun berat sehingga diperlukan penanganan yang serius tentang kerusakan jalan yang ada di Indonesia.

Salah satu cara mencegah terjadinya kerusakan dini pada perkerasan jalan akibat beban muatan dan pengaruh air adalah dengan meningkatkan mutu aspal sebagai bahan pengikat dari agregat. Cara yang sering digunakan untuk menaikkan mutu aspal adalah dengan menambah bahan aditif, salah satunya seperti polimer, plastik atau dikenal dengan aspal modifikasi. Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu dilakukan penanganan yang tepat selain solusi pendauran ulang dengan peningkatan nilai fungsinya. (Semangat Marudut Tua Debataraaja 2020).

Berdasarkan bahan pengikatnya struktur perkerasan dibagi menjadi dua jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Selain dari dua jenis perkerasan tersebut, di Indonesia sekarang sedang dicoba untuk mengembangkan jenis gabungan *rigid-flexible pavement* yaitu *composite pavement* yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dan kaku (Kartikasari and Arif 2019)

Penelitian ini menggunakan material plastik sebagai bahan tambah pada campuran beraspal serta menjadi solusi penanganan limbah plastik. Maka dari itu judul penelitian ini adalah “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap karakteristik campuran Laston AC-BC dengan Pengujian *Marshall*”. Pada penelitian ini memakai limbah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang akan dicampurkan pada campuran aspal AC-BC.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh Limbah Plastik LDPE terhadap karakteristik campuran aspal panas untuk lapisan AC-BC?
2. Berapakah Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dibutuhkan pada masing-masing penambahan variasi persentase 1,5%, 2%, dan 2,5 % limbah plastik jenis LDPE dalam campuran aspal panas untuk lapisan AC-BC?

## **1.3. Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini, yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Penelitian ini menggunakan Aspal Penetrasi 60/70.
3. Penelitian ini dibatasi hanya meninjau pada lapisan perkerasan Laston AC-BC.



4. Jenis plastik yang digunakan untuk pencampuran aspal adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE).
5. Plastik LDPE dengan kadar 1,5%, 2% dan 2,5% dari kadar aspal.
6. Standar yang digunakan adalah Spesifikasi Bina Marga 2018.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan pada penelitian ini untuk :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik LDPE pada campuran aspal AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Untuk mengetahui jumlah kadar Aspal Optimum (KAO) yang dibutuhkan pada masing-masing penambahan variasi persentase 1,5%, 2%, dan 2,5 % limbah plastik jenis LDPE dalam campuran aspal panas untuk lapisan AC-BC.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

##### **1.5.1 Teoritis**

1. Memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh limbah plastik terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran aspal beton AC-BC.
2. Mengembangkan pengetahuan mengenai dunia konstruksi khususnya lapisan perkerasan jalan yaitu mengenai karakteristik *Marshall*.

##### **1.5.2 Praktis**

1. Memberikan solusi dalam pemanfaatan limbah plastik.
2. Mengetahui nilai uji *Marshall* dengan penggunaan limbah plastik dalam campuran aspal beton AC-BC.

## **1.6 Sistematika Penelitian**

### **BAB 1 PENDAHULUAN:**

Bab ini menyajikan pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA:**

Bab ini membahas tentang landasan teori yang mencakup pengertian keadaan sosial ekonomi, prestasi belajar, kerangka berfikir, dan hipotesis.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN:**

Bab ini membahas mengenai kerangka penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

### **BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN:**

Bab ini menyajikan tentang laporan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian sehingga data yang ada mempunyai arti.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN:**

Bab ini menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang ditarik dari Analisa data, hipotesis dan pembahasan serta saran yang memuat masukan-masukan dari penulis yang terkait dengan penelitian dan diuraikan kelemahan penelitian.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah sebuah bangunan yang terletak diatas lapisan tanah dasar (*sub-grade*) berfungsi sebagai penopang beban lalu lintas. Bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen sebagai bahan ikatnya yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama dari perkerasan adalah untuk mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah dasar (*sub-grade*) yang lebih luas dari bidang kontak roda dengan permukaan jalan, sehingga mengurangi tegangan maksimum yang ada pada tanah dasar (*sub-grade*). Perkerasan harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas. Permukaan jalan harus rata tetapi harus mempunyai kekasatan atau tahan gelincir (*skid resistance*) pada permukaan jalan. Perkerasan dilakukan berdasarkan berbagai pertimbangan, seperti : persyaratan struktur, ekonomis, daya tahan, kenyamanan dan pengalaman (Hardiyatmo n.d.)

Menurut *Federal Highway Administration* (Hardiyatmo n.d.) komponen-komponen perkerasan meliputi :

- a. Lapis Aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahan gesek dan penutup kedap air atau drainase dipermukaan.
- b. Lapis Perkerasan terikat atau tersementasi (aspal atau beton) yang memberikan daya dukung beban yang cukup dan pada saat yang sama bertindak sebagai penghalang terhadap penetrasi air ke bahan tak terikat dibawahnya.
- c. Lapis Pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan khususnya untuk perkerasan lentur dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instruksi butiran halus (Mokoginta, Erwan, and Sulandari 2018).

- d. Tanah dasar (*sub-grade*) memberikan kekakuan yang cukup, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil untuk material perkerasan di atasnya.
- e. Sistem drainase dapat dengan cepat menghilangkan air dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan material granular yang tidak terikat dan lapisan tanah dibawahnya.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1) Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasan harus memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan tanah bawahnya. Lapisan atas perkerasan lentur merupakan lapisan permukaan (*surface course*) yang mempunyai fungsi untuk menahan beban roda secara langsung, mempunyai stabilitas tinggi dan merupakan lapisan keausan atau gesekan rem kendaraan, sehingga mudah menjadi aus. Bahan konstruksi perkerasan lentur meliputi : bahan pengikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*) dan lapisan tanah dasar (*sub grade*). Setiap elemen lapisan atas, termasuk tanah dasar secara bersama memikul beban lalu lintas (Afriyanto, Indriyati, and Hardini 2019).

2) Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan Kaku adalah perkerasan yang menggunakan bahan pengikat *Semen Portland*, pelat beton dengan atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan bawah. Dengan menggunakan pelat beton di atas agregat, bagian atas pelat beton dapat ditutup atau tidak dengan lapisan tipis agregat aspal atau aspal tipis atau tidak ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*sub-grade*), lapisan bawah (*sub-base*) lapisan beton B-0 (*blinding concrete*/beton lantai kerja), lapisan pelat beton (*concrete slab*) dan campuran pasir/aspal yang bisa atau tidak (Rosyad and Sary 2017).

3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan Komposit adalah gabungan konstruksi perkerasan kaku dan lapisan perkerasan lentur di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Jenis perkerasan ini banyak dijumpai pada landasan udara (*runway*), dimana landasan udara harus mampu menahan beban berat dari roda pesawat, namun tetap harus aus.

## 2.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat hingga agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan (Asfiati et al. 2022).

Aspal adalah bahan yang pada suhu ruang berbentuk padat hingga sedikit padat, serta bersifat termoplastis. Dengan demikian, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai suhu tertentu dan akan memadat lagi jika suhu turun. Selain agregat, aspal merupakan bahan pembentuk campuran perkerasan jalan. Jumlah aspal dalam campuran perkerasan bervariasi dari 4-10% tergantung pada berat campuran, atau dari 10-15% tergantung volume campuran, tetapi ini merupakan komponen yang relatif mahal (Sumiati, Mahmuda, and Syapawi 2019).

*Hydrocarbon* merupakan penyusun dasar utama dari aspal yang umumnya disebut bitumen. Saat ini aspal yang umum digunakan berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan selain itu aspal alam juga banyak digunakan yang berasal dari Pulau Buton (Pratama, Widodo, and Sulandari 2018).

Berdasarkan bentuknya, aspal dapat dibedakan dalam 3 jenis yaitu :

### 1. Aspal Padat

Aspal padat merupakan jenis aspal yang memiliki tekstur semipadat pada temperatur ruangan dan berubah menjadi cair jika dipanaskan pada suhu tertentu, aspal ini juga disebut sebagai aspal semen (*Asphalt Cement*). Aspal semen dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu :

- a) Aspal penetrasi 40/50, diaplikasikan pada : Jalanan yang memiliki daya tampung kendaraan tinggi dan kawasan yang memiliki temperatur tinggi.

- b) Aspal penetrasi 60/70, diaplikasikan pada : Jalanan yang memiliki daya tampung kendaraan mulai dari sedang sampai tinggi dan kawasan yang memiliki temperatur tinggi (temperatur yang ditolerir dapat mencapai 58°C).
- c) Aspal penetrasi 80/100, diaplikasikan pada : Jalanan yang memiliki daya tampung kendaraan sedang atau rendah dan kawasan yang memiliki temperatur rendah.
- d) Aspal penetrasi 100/110, diaplikasikan pada : Jalanan yang memiliki daya tampung kendaraan rendah dan kawasan yang memiliki temperatur rendah.

## 2. Aspal Cair

Aspal cair merupakan aspal yang bertekstur cair pada temperatur normal. Aspal terbentuk karena proses pencairan semen aspal dengan bantuan bahan pencair dari destilasi minyak bumi. Berdasarkan bahan pencairnya aspal dikelompokkan menjadi tiga bagian :

- a) Bahan pencair solar – *Slow Curing*
- b) Bahan pencair minyak tanah – *Medium Curing*
- c) Bahan pencair bensin – *Rapid Curing*

## 3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini, partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier* (emulgator). 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)

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti yang tertera pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1: Ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70 (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan <sup>(1)</sup>	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 ras/detik $\geq 1,0$ kPa, (C°)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) <sup>(3)</sup>	ASTM D2170-10	$\geq 300$	$\leq 3000$	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	$\geq 48$	Dilaporkan <sup>(2)</sup>	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 100$	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	$\geq 232$	$\geq 230$	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	$\geq 99$	$\geq 99$	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	$\leq 2$		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002):					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	$\geq 54$	$\geq 54$	$\geq 54$
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 25$
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa					

Tabel 2.2: *Lanjutan*

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G \cdot \sin \delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\leq$ 5000 kPa, ( $^{\circ}\text{C}$ )	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Catatan

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi  $\geq 50$  adalah  $\pm 4$  (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi  $< 50$  adalah  $\pm 2$  (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lebek diterima adalah  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  dari nilai titik lebek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperature  $100^{\circ}\text{C}$  dan  $160^{\circ}\text{C}$  untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  dan  $170^{\circ}\text{C}$  untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.
4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan cSt.

**2.2.1 Campuran Aspal Beton**

Campuran aspal beton adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler* yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Komposisi bahan yang akan digunakan dalam campuran terlebih dahulu direncanakan untuk dapat memenuhi beberapa karakteristik campuran.

Ada 7 karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton:



## 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk dapat menerima beban lalu lintas dan melawan deformasi atau perubahan bentuk. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal antara lain :

- a. Gesekan intenal yang disebabkan oleh kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi, agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi atau gaya ikat yang disebabkan oleh daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

## 2. Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan aspal beton untuk dapat menerima repetisi beban lalu lintas. Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas atau keawetan aspal beton antara lain :

### a. *Void the Mix* (VIM)

Apabila nilai VIM kecil akan menyebabkan terjadinya oksidasi dan kerapuhan pada aspal akibat dari kedapnya lapisan terhadap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran.

### b. *Void in the Mineral Aggregate* (VMA)

Apabila VMA, VIM dan kadar aspal tinggi dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya *bleeding* yang cukup besar.

### c. Film/Selimut Aspal

Tebalnya film/selimut aspal dapat menyebabkan tingginya durabilitas lapis aspal beton dan kemungkinan *bleeding* yang besar.

## 3. Fleksibilitas

Fleksibilitas adalah kemampuan aspal beton untuk dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan bentuk dari lapisan di bawahnya tanpa terjadi retak, seperti terjadinya penurunan (*konsolidasi/settlement*)

## 4. *Fatigue Resistance*

*Fatigue Resistance* atau ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan aspal beton untuk dapat menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5. Kekasatan Permukaan

Kekasatan permukaan atau *skid resistance* adalah kemampuan permukaan aspal beton untuk dapat memberikan gaya gesek terhadap roda kendaraan agar tidak tergelincir terutama saat kondisi basah.

6. Impermeabilitas

Impermeabilitas adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air atau udara kedalam lapisan beton aspal.

7. *Workability*

*Workability* atau kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan, hal ini menentukan efisiensi pekerjaan.

### 2.2.2 Pengujian Propertis Aspal

Pengujian propertis aspal perlu dilakukan untuk dapat mengetahui apakah aspal yang digunakan pada penelitian memenuhi syarat yang telah ditentukan. Pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Penetrasi

Tes Penetrasi bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu aspal dan menentukan nilai penetrasi aspal yang digunakan. Tes penetrasi dilakukan dengan cara memberikan beban ke permukaan benda uji yang telah dipersiapkan. Benda uji berupa aspal yang telah dipanaskan dan dituang ke dalam cawan, kemudian direndam ke dalam bak perendam selama 1-1,5 jam. Beban yang diberikan ke permukaan benda uji memiliki berat 100 gram pada tumpuan jarum dengan diameter 1 mm selama 5 detik pada temperatur 25°C. Nilai penetrasi dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm.

2. Titik Lembek

Titik Lembek bertujuan untuk menentukan temperatur kelelahan aspal. Tes ini merupakan tes yang dianjurkan sebagai tes awal untuk penerimaan bahan aspal di lapangan. Nilai titik lembek yang biasa diperoleh sekitar 48°C. Tes ini dilakukan dengan melihat waktu dan suhu yang dibutuhkan untuk bola baja berdiameter 9,35 mm mendorong aspal yang berada pada cincin kuningan untuk menyentuh plat dasar (Afriyanto, Indriyati, and Hardini 2019).

### 3. Berat Jenis

Berat Jenis adalah pemeriksaan berat jenis aspal yang akan menjadi penting untuk informasi selanjutnya dalam mencari besaran tes pada waktu pelaksanaan pekerjaan.

### 4. Daktilitas

Daktilitas adalah panjang tarikan tanpa putus dari mesin daktilitas yang terdiri dari sepasang mangkuk aspal yang dapat ditarik terpisah pada kecepatan tertentu hingga mencapai jarak minimal 100 cm. Tes ini dilakukan pada suhu 25°C sebagai standar suhu tes daktilitas.

## 2.3 Lapis Aspal Beton

Lapisan Aspal Beton (Laston) adalah lapisan permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) diratakan, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston bersifat tahan air, mempunyai nilai struktur, tahan lama, mengandung 4-7 % kadar aspal terhadap berat campuran dan dapat digunakan untuk lalu lintas ringan, sedang hingga berat. Ciri lainnya adalah adanya sedikit rongga pada struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan lainnya, sehingga aspal beton memiliki stabilitas yang tinggi dan relatif keras atau kaku.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, Laston/*Asphalt Concrete* (AC) terbagi atas tiga lapisan antara lain :

#### 1. Laston Lapis Aus/*Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)

Lapisan ini berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan meneruskan beban ke lapisan di bawahnya. Lapisan ini tahan terhadap gesekan ban kendaraan dan tekanan roda serta tahan cuaca dan air. AC-WC memiliki tebal nominal 4 cm.

#### 2. Laston Lapis Antara/*Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)

Lapisan ini berada di bawah lapis aus dan tidak berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan cuaca. Namun, lapisan ini harus cukup tebal dan kaku untuk mengurangi tegangan yang diberikan beban lalu lintas dan diteruskan ke lapisan di bawahnya, yaitu lapis pondasi. AC-BC memiliki tebal nominal minimum 6 cm (Suroso 2008).

3. Laston Lapis Pondasi/*Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*

Lapisan ini merupakan lapisan terbawah yang harus cukup kuat untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan oleh roda kendaraan. *AC-Base* memiliki tebal nominal minimum 7,5 cm.

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Campuran bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya bila dibandingkan gradasi senjang. Sehingga campuran AC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Tabel 2.2: Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

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

Tabel 2.3: Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston Modifikasi (*AC Modified*) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(3)</sup>
Risiko partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(4)</sup>	Min	3,0		

Tabel 2.3: *Lanjutan*

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
	Maks	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	1000		2250 <sup>(3)</sup>
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(5)</sup>	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) <sup>(6)</sup>	Min	2		
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm <sup>(7)</sup>	Min	2500		

Catatan :

- 1) Penentuan VCAmix dan VCAdrc sesuai AASHTO R46-08 (2012).  
VCAmix : *voids in coarse aggregate within compacted mixture.*  
VCAdrc : *voids in coarse aggregate fraction in dry-rpdded condition.*
- 2) Pengujian draindown sesuai AASHTO T305-14.
- 3) Modifikasi Marshall.
- 4) Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm test, SNI 03-6893-2002).
- 5) Pengawas Pekerjaan dapat atau menyetujui AASHTO T283-14 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Nilai indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum 80% pada VIM (Rongga dalam Campuran)  $7\% \pm 0,5\%$ . Untuk mendapatkan VIM  $7\% \pm 0,5\%$ , buatlah benda uji Marshall dengan variasi tumbukan pada kadar aspal optimum, misal 2x40, 2x50, 2x60 dan 2x75 tumbukan. Kemudian dari setiap benda uji tersebut, hitung nilai VIM dan buat hubungan antara jumlah tumbukan dan VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah tumbukan yang memiliki nilai VIM  $7 \pm 0,5\%$ , kemudian lakukan pengujian ITSR untuk mendapatkan *indirect Tensile Strength Ratio* (ITSR) sesuai SNI 6753:2008 atau AASHTO T283-14 tanpa pengondisian  $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

- 6) Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), disarankan menggunakan petumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch.
- 7) Pengujian Wheel Tracking Machine (WTM) harus dilakukan pada temperatur 60°C. Prosedur pengujian harus mengikuti seperti pada pada *Technical Guideline for Pavement Design and Construcion*, Japan Road Association (JRA 2005).

Lapis aspal beton (Laston) biasanya digunakan untuk lapis permukaan, lapis perata dan lapis pengikat. Saat digunakan, ketiganya memiliki persyaratan campuran yang berbeda. Agregat yang digunakan biasanya memiliki gradasi rapat, dan memiliki rongga udara yang kecil antara agregat dan membutuhkan sedikit aspal. Kerusakan umum pada aspal beton biasanya dimulai dengan retakan pada perkerasan. Hal ini dikarenakan aspal beton memiliki rongga antar agregat yang kecil, sehingga jumlah aspal yang menutupi butiran agregat juga sedikit. Akibatnya aspal mudah teroksidasi, lapisan ini kurang kedap air sehingga aspal mudah lepas dari agregat menyebabkan lepasnya butir-butir (Suhardi, Pratomo, and Ali 2016).

## 2.4 Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik.

Menurut spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Agregat Umum adalah:

- a) Agregat tidak boleh digunakan sebelum disetujui terlebih dahulu oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan harus ditumpuk sesuai dengan ketentuan.
- b) Sebelum memulai pekerjaan Penyedia Jasa harus sudah menumpuk setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran beraspal satu bulan berikutnya.

- c) Dalam pemilihan sumber agregat, Penyediaan Jasa dianggap sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat. Variasi kadar aspal akibat tingkat penyerapan aspal yang berbeda, tidak dapat diterima sebagai alasan untuk negosiasi kembali harga satuan dari Campuran beraspal.
- d) Penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk SMA dan 3% untuk yang lain.

#### **2.4.1 Agregat Kasar**

Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles abrasion test* harus dipenuhi (Hidayati, Rifqi, and Amin 2021).

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Kasar adalah:

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm ) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang telah ditentukan.
- b) Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c) Agregat kasar harus mempunyai angularitas. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.
- d) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.4: Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

Pngujian		Metoda 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	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8 %
		500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5 %
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:20212	Maks. 1 %

Catatan:

- \*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih. 10
- \*\*\*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

#### 2.4.2 Agregat Halus

Fungsi utama agregat halus ialah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah bentuk menyudut (*angularity*) dan kekasaran permukaan butiran (*particle surface roughness*). Agregat halus harus merupakan



bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Razak and Erdiansa 2016).

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Halus adalah:

- a) Agregat halus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi campuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold binfeeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Tabel 2.5: Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum 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. 45 %
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117 2012	Maks. 10 %

### 2.4.3 Bahan Pengisi (*Filler*)






Bahan Pengisi atau *Filler* adalah bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat kasar dan agregat halus. *Filler* dapat berupa debu batu kapur, semen (PC), abu terbang serta abu batu yang harus kering dan bebas dari gumpalan bahan lain yang mengganggu. Jika aspal modifikasi dari jenis asbuton yang diproses maka bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan haruslah berasal dari mineral yang diperoleh dari asbuton tersebut. Bahan pengisi harus lolos dari saringan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75%, kecuali untuk mineral asbuton. Fungsi dari

*filler* adalah untuk saling mengikat antara agregat agar membentuk satu kesatuan yang kokoh dan solid yang kemudian diikat oleh aspal sesuai proporsi.



## 2.5 Plastik

*Polyethylene* atau dengan nama umumnya *Thermoplastic* merupakan jenis plastik yang biasa digunakan dalam kemasan atau pengemasan makanan dan minuman. Adapun jenis-jenis kode plastik dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6: Kode Jenis Plastik (*Badan Pengawas Obat dan Minuman, 2016*).

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
Polyethylene Terephthalate (PET)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80°C	Botol minuman, minyak goreng, selai peanut butter, kecap dan sambal, try biskuit
High Density Polyethylene (HDPE)		Keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeable terhadap gas, permukaan berlilin (waxy), buram (opaque), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75°C	Botol susu cair dan jus, tutup plastik, kantong belanja dan wadah es krim
Polyvinyl Chloride (PVC)		Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80°C	Botol jus, air mineral, minyak sayur, kecap sambal, pembungkus makanan (food wrap)
Low Density Polyethylene (LDPE)		Mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berlilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 7-°C	Pot yoghurt, kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan
Polypropylene (PP)		Keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berlilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap	Pembungkus biskuit, kantong chips kentang, krat sereal, pita

Tabel 2.6: *Lanjutan*

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
		bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C	perekat kemasan dan sedotan
Polystyrene (PS)		Jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C	Wadah makanan beku, sendok dan garpu
Polisitiren Busa (EPS-‘Stryofoam)		Bentuk busa, ringan, getas, kaku, biasanya berwarna putih	Wadah makanan siap saji dan cup kopi
Other – lainnya (misalnya polikarbonat)		Keras, jernih, tahan panas	Galon air mineral, botol susu bayi
Melamin Formadehid (MF)	Tidak dapat didaur ulang (Termoset)	Keras, kuat, mudah diwarnai, bebas rasa dan bau, tahan terhadap pelarut dan noda, kurang tahan terhadap asam dan alkali	Peralatan makan : gelas, mangkok, sendok dan piring

Pada penelitian ini menggunakan bahan adiktif plastik, yaitu plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE). LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/cm<sup>3</sup>, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. LDPE memiliki daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. Plastik LDPE memiliki sifat yang mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak transparan tetapi tembus cahaya dan melunak pada suhu 70°C. Berdasarkan sifatnya, plastik LDPE dapat digunakan sebagai kemasan atau kemasan makanan, plastik belanja (kresek) serta botol yang dapat ditekan (Erni, Rifqi, and Amin 2021).

Pencampuran plastik untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal ada dua cara, yaitu cara basah dan cara kering.

- a. Cara Basah (*wet process*) merupakan suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai menjadi homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana yang besar karena membutuhkan bahan bakar dan mixer berkecepatan tinggi sehingga aspal

modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.

- b. Cara kering (*dry process*) merupakan suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada suhu campuran dan kemudian ditambahkan aspal panas. Cara ini lebih murah, dikatakan lebih murah karena tidak perlu ada aspal yang harus dikeluarkan dari tangki aspal di AMP, apabila tangki aspal akan digunakan untuk keperluan pencampuran aspal dengan aspal konvensional. Selain lebih murah, cara kering ini juga lebih mudah karena hanya dengan memasukkan plastik dalam agregat panas, tanpa memerlukan *mixer*. Cara kering memiliki kekurangan, yaitu harus benar-benar dapat dipertanggungjawabkan kehomogenan dan keseragaman kadar plastik yang dimasukkan atau dicampurkan (Suhardi, Pratomo, and Ali 2016).

## 2.6 Gradasi Agregat Gabungan

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Gradasi Agregat Gabungan adalah campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan Tabel 2.7. Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	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

Tabel 2.7: *Lanjutan*

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
No. 30	0,60	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No. 50	0,30	10-15					9-22	7-20	6-15
No. 100	1,15						6-15	5-13	4-10
No. 200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

## 2.7 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal dan kadar aspal optimum. Konsep ini dikembangkan oleh seorang insinyur bahan aspal bernama Bruce Marshall bersama dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Penelitian ini kemudian dilanjutkan oleh *U.S. Army Corps of Engineer*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal dengan mengukur ketahanan campuran dan menentukan perubahan bentuk yang terjadi akibat beban lalu lintas.

Campuran aspal beton merupakan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal dengan atau tanpa bahan tambah yang digunakan (Afritanto 2018). Sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat dari parameter-parameter berikut ini:

### 1. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan campuran beraspal untuk dapat menahan deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk. Nilai stabilitas diperoleh sesuai dengan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai yang stabil, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu di konversikan ke alat *Marshall*. Stabilitas dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$S = p \times q \times r \quad (2.1)$$

Keterangan:

S : Nilai stabilitas (kg)

p : Kalibrasi

q : Pembacaan dial Marshall

2) Kelelehan (*flow*)

Kelelehan merupakan suatu keadaan dimana campuran beraspal mengalami besarnya penurunan atau deformasi yang ditunjukkan setelah stabilitas mengalami penurunan. Nilai kelelehan ditunjukkan oleh jarum dial tepat setelah angka jarum dial pada stabilitas tidak bergerak lagi dan dinyatakan dalam millimeter.

3) Kepadatan

Kepadatan merupakan tingkat kerapatan campuran beraspal setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai kepadatan campuran beraspal maka semakin baik kepadatan campuran aspal tersebut, karena campuran beraspal juga akan memiliki daya dukung yang besar. Nilai kepadatan dihitung dengan rumus berikut:

$$g = \frac{c}{f}$$

$$f = d - e \quad (2.3)$$

Keterangan:

g : nilai kepadatan (gr/cc)

c : berat kering / sebelum direndam (gr)

d : berat benda uji jenuh air (gr)

e : berat benda uji dalam air (gr)

f : volume benda uji (cc)

4) Rongga Udara (VIM)

VIM merupakan rongga kosong yang tersisa setelah campuran beraspal dipadatkan. Rongga udara dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \% \text{ volume } \textit{bulk} \text{ beton aspal padat} \quad (2.4)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara dalam beton aspal padat, persen dari volume *bulk* beton aspal padat (%)

G<sub>mm</sub> : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

G<sub>mb</sub> : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

5) Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

*Marshall Quotient* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal sangat kaku dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Sehingga rendahnya nilai MQ dapat berakibat alur dan *bleeding*. Berikut rumus menentukan *Marshall Quotient*:

$$MQ = \frac{\textit{stability}}{\textit{flow}} \quad (2.5)$$

Keterangan:

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

6) Rongga Antar Agregat (VMA)

VMA merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan berikut:

$$VMA = \left( 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right) \% \quad (2.6)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total (%)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

Gmb : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

Atau jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100+Pb} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Pb : Aspal, persen berat agregat

Gmb : Berat jenis curah campuran padat

Gsb : Berat jenis curah agregat

7) *Void Filled With Asphalt* (VFA)

VFA merupakan persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VFA = \left( \frac{100 - (VMA - VIM)}{VMA} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan:

VFA : Volume rongga antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA : Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

VIM : Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume

8) Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan sisa dianalisis dari data-data hasil pengujian terhadap sifat-sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama diuji stabilitas Marshalnya dengan perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan kelompok kedua diuji setelah perendamannya pada suhu 60°C selama waktu T2. Kemudian ditentukan Indeks kekuatan Sisa (IKS) Marshalnya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan:

IKS : Indeks kekuatan sisa (%)

S<sub>1</sub> : Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 menit

S<sub>2</sub> : Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 menit

9) Berat Jenis Maksimum Campuran (G<sub>mm</sub>)

G<sub>mm</sub> merupakan berat jenis campuran aspal beton tanpa pori/udara yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium. G<sub>mm</sub> dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (G<sub>se</sub>) rata-rata sebagai berikut :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \quad (2.10)$$



Keterangan:

$P_s$  : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

$P_a$  : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat (%)

$G_{se}$  : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

$G_a$  : Berat jenis aspal (gr/cc)

10) Berat jenis bulk aspal beton padat ( $G_{mb}$ )

$G_{mb}$  dapat diukur dengan menggunakan:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$G_{mb}$  : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

$B_k$  : Berat kering aspal beton (gr)

$B_{ssd}$  : Berat kering permukaan dari aspal beton yang telah dipadatkan  
(gr)

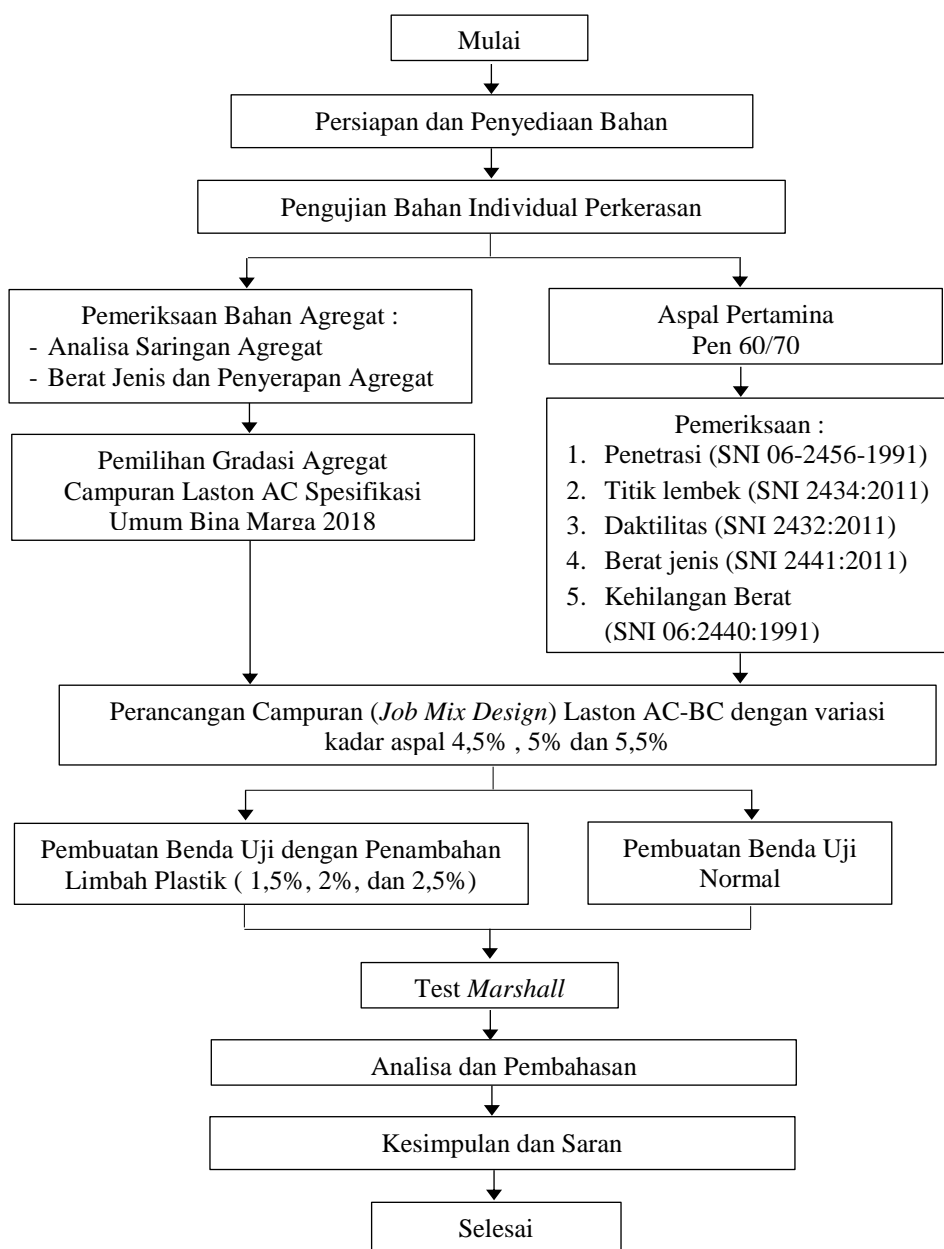
$B_a$  : Berat aspal beton padat di dalam air (gr)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menyusun kegiatan secara sistematis yang dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi dalam perencanaan yang ditunjukkan pada gambar 3.1:



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian.

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya yang berlokasi di Lantasan Baru, Kecamatan Patumbak Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Penelitian ini dimulai pada bulan Juli 2022.

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara. Tahap awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya adalah pengambilan data sekunder mutu bahan aspal dan memeriksa agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran.

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Data sekunder adalah data yang digunakan dari benda uji material yang telah dilakukan perusahaan dan diuji di Balai Pengujian Material. Data Literatur adalah data dari bahan kuliah laporan dari praktikum dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku atau literatur sebagai penunjang untuk memperkuat penelitian yang dilakukan.

### **3.5 Bahan dan Peralatan**

#### **3.5.1 Bahan**

Bahan yang diperlukan untuk pembuatan sample atau benda uji yaitu :

1. Aspal Pen 60/70
2. Agregat Kasar
3. Agregat Halus
4. Bahan tambahan yang digunakan adalah Plastik tipe *Linier Low Density Polyetilen* (LDPE)

### **3.5.2 Peralatan**

Peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan sample atau benda uji adalah :

1. Neraca Ohaus, alat penimbang yang memiliki ketelitian 0,01 gr yang berfungsi untuk mengetahui nilai berat setiap benda uji atau sample.
2. Saringan, dengan ukuran 37,5 mm (1,5"); 25,4 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No.100); 0,075 mm (No.200).
3. Oven, untuk membantu proses pengeringan agregat.
4. Waterbath, sebagai bak perendam benda uji yang dilengkapi dengan suhu yang terukur.
5. Untuk pengujian aspal digunakan alat uji penetrasi, alat uji daktilitas, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala serta cawan untuk pengujian kehilangan berat pada aspal.
6. Alat uji Marshall, digunakan untuk mendapatkan karakteristik campuran aspal, yang terdiri dari :
  - 1) Cincin uji beserta arloji pengukur flowmeter
  - 2) Mold dengan bentuk silinder
  - 3) Penumbuk standar dengan permukaan datar
- 4) Kompor sebagai pemanas agregat dan aspal, thermometer untuk mengukur suhu, mistar sorong (caliper) sebagai pengukur dimensi dari benda uji serta pengaduk.

### **3.6 Persiapan Material**

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahap pekerjaan. Adapun tahap-tahap yang harus dilakukan adalah menetapkan komposisi campuran, penyiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji. Tahap penelitian tersebut dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan aspal yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

Material yang digunakan seperti aspal dan agregat berasal dari tempat yang berbeda. Aspal yang digunakan adalah AC Penetrasi 60/70. Agregat kasar dan

agregat halus yang digunakan berasal dari Sei Wampu, Langkat. Bahan tambah Limbah Plastik LDPE berasal dari tempat pengolahan plastik di daerah Binjai.

### **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 karakteristiknya.

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

Untuk menjamin kualitas agregat agar mendapatkan campuran *Laston AC-BC* yang berkualitas, ada beberapa hal yang perlu diadakan pengujian :

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.

### **3.8 Pembuatan Benda Uji**

Langkah-langkah pembuatan benda uji :

1. Menyiapkan bahan benda uji yaitu aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah limbah plastik jenis LDPE yang sudah dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan.
2. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pencampuran aspal lapis beton.
3. Memanaskan aspal beserta limbah plastik jenis LDPE mencapai suhu 180°C sebelum dicampur dengan agregat.
4. Memanaskan agregat dengan mencapai 140°C.
5. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian mencampurkan aspal dengan agregat. Semua bahan dijadikan satu dan diaduk-aduk sampai tercampur merata hingga mencapai suhu sekitar 160°C.

6. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) beserta alas cetakan yang sudah diolesi pelumas dan dipanaskan. Kemudian menyiapkan kertas lakmus dibagian dasar dasar cetakan.
7. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur dengan suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula agar campuran tersebut padat dan tidak banyak rongga di dalam campuran. Penusukan dengan alat spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
8. Melakukan penumbukan pada campuran yang telah dimasukkan pada cetakan sebanyak 75 kali kemudian diganti permukaan lainnya sebanyak 75 kali.
9. Setelah dilakukan penumbukan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
10. Setelah benda uji dilepaskan dari cetakan kemudian diberikan tanda pengenal agar tidak tertukar dengan benda uji yang lainnya. Kemudian benda uji didiamkan hingga kering
11. Setelah benda uji kering, kemudian dilakukan penimbangan pada masing-masing benda uji untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
12. Benda uji kemudian direndam di dalam bak perendaman selama  $\pm 24$  jam.
13. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, kemudian dikeluarkan dari bak perendaman lalu dilap menggunakan lap kering sampai benda uji dalam keadaan jenuh kering permukaan atau SSD.
14. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai dari berat SSD (*saturated surface dry*).
15. Setelah itu, benda uji ditimbang di dalam air untuk mendapatkan nilai berat dalam air.
16. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat *Marshall* terhadap masing-masing benda uji.

### **3.9 Pengujian dengan Alat Marshall**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian *Marshall* antara lain sebagai berikut :

- 1) Merendam benda uji di dalam bak perendaman pada suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 30 – 40 menit.
- 2) Mengeluarkan benda uji dari bak perendam (*waterbath*) dan letakkan benda uji di tengah pada bagian bawah kepala penekan dan alat pemasangan yang sudah lengkap tersebut diletakkan di tengah alat pembebanan..
- 3) Menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian mengatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- 4) Memberi pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm (2 inch) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai.
- 5) Mencatat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum (stabilitas) tercapai.
- 6) Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat *Marshall*. Waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan benda uji tidak boleh lebih dari 30 detik.

### **3.10 Analisa dan Pembahasan**

Sesuai dengan acuan pada penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini hanya difokuskan pada pembahasan mengenai pengaruh kualitas dari campuran aspal beton terhadap pengujian *marshall* dimana perhitungannya meliputi: kepadatan (*density*), VIM, VMA, Pelelehan (*flow*), Stabilitas dan MQ (*marshall quotient*)

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan untuk bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran beton aspal dalam penelitian ini adalah aspal keras Pertamina Pen 60/70. Data hasil pemeriksaan karakteristik aspal yang telah dilakukan oleh perusahaan dan diuji di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Jalan dan Jembatan BPJN-Sumatera Utara, sehingga diperoleh hasilnya pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Keras Pertamina Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Uji	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi pada 25°C	SNI 2456:2011	64,1	60-70	0,1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434:2011	48	$\geq 48$	°C
3	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit	SNI 2432:2011	$\geq 140$	$\geq 100$	Cm
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	310	$\geq 232$	°C
5	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,024	$\geq 1,0$	-
6	Kehilangan Berat (RTFOT)	SNI 06-2441-1991	0,0002	$\leq 0,8$	%
7	Kelarutan	AASHTO 44-03	99,35 %	$\geq 99$	%

Dari hasil pemeriksaan Laboratorium yang diperoleh, aspal keras Pertamina Pen 60/70 memenuhi standart pengujian sebagai bahan ikat campuran beton aspal.

#### 4.2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat

Komponen utama pada pembuatan aspal beton 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 1", ½", agregat halus adalah campuran batu pecah dengan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah abu batu dan plastik sebagai bahan penambah. Untuk mendapatkan



aspal beton yang baik maka gradasi agregat harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 dengan acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan pencampuran agregat dapat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisa saringan yang tertera pada Tabel 4.2-4.5.

Tabel 4.2: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ca) 1 inch

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1 ½"	37.5	100.00
1	25.4	100.00
¾	19.1	67.10
½	12.7	24.34
¾	9.5	6.39
No. 4	4.76	0.41

Tabel 4.3: Pemeriksaan analisis saringan agregat kasar (Ma) ½ inch

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25.4	100.00
¾	19.1	100.00
½	12.7	100.00
¾	9.5	83.57
No. 4	4.76	35.46
No. 8	2.88	18.33
No. 16	1.19	14.33
No. 30	0.595	12.27
No. 50	0.297	9.27
No. 100	0.15	1.19
No. 200	0.074	0.22

Tabel 4.4: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat halus pasir (*Sand*)

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25.4	100.00
3/4	19.1	100.00
1/2	12.7	100.00
3/8	9.5	100.00
No. 4	4.76	99.17
No. 8	2.88	96.52
No. 16	1.19	84.96
No. 30	0.595	48.27
No. 50	0.297	16.35
No. 100	0.15	2.51
No. 200	0.074	1.07

Tabel 4.5: Hasil Pemeriksaan analisis saringan agregat halus abu batu (*Fa*)

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25.4	100.00
3/4	19.1	100.00
1/2	12.7	100.00
3/8	9.5	100.00
No. 4	4.76	100.00
No. 8	2.88	79.71
No. 16	1.19	48.90
No. 30	0.595	31.53
No. 50	0.297	22.35

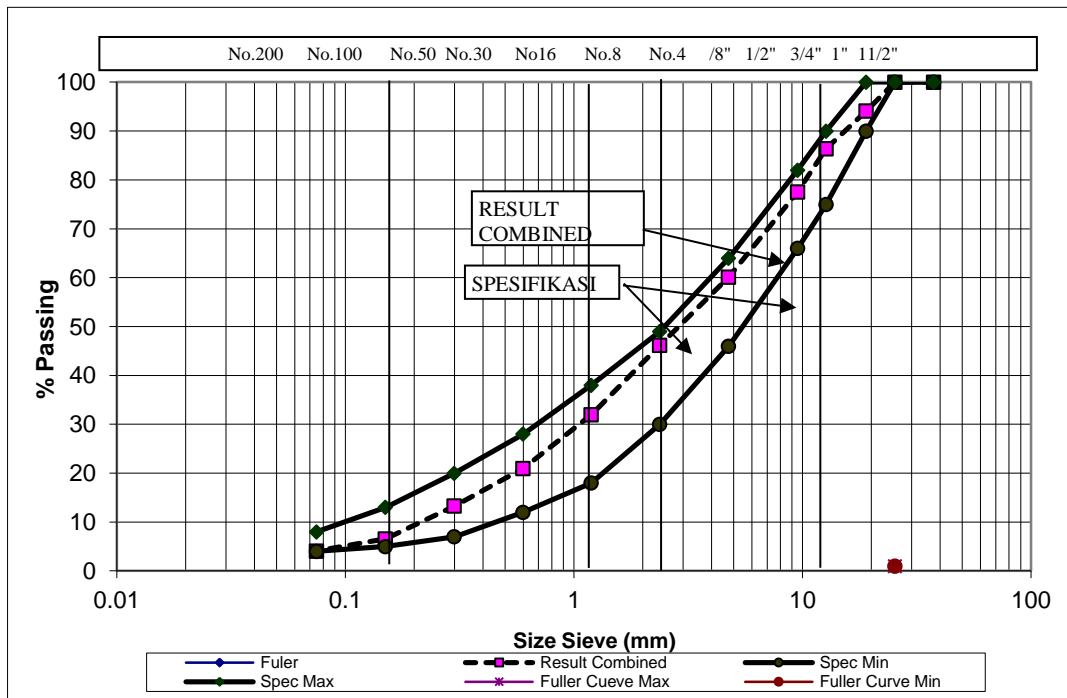
Tabel 4.5: *Lanjutan*

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
No. 100	0.15	15.56
No. 200	0.074	10.22

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat harus memenuhi batas-batas dan khusus untuk campuran AC-BC harus berada diantara batas atas dan bawah. Dari hasil analisis saringan maka gradasi agregat diperoleh seperti Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran normal

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat				AVG
			1"	½"	Fa	Sand	
			18%	34%	38%	10%	
1 ½"	100	100	18	34	38	10	100
1"	100	100	18	34	38	10	100
¾"	90	100	12,08	34	38	10	94,08
½"	75	90	4,38	34	38	10	86,38
⅜"	66	82	1,15	28,41	38	10	77,56
No. 4	46	64	0,07	12,06	38	10	60,13
No. 8	30	49	0,00	6,23	30,29	9,65	46,18
No. 16	18	38	0,00	4,87	18,58	8,50	31,95
No. 30	12	28	0,00	4,17	11,98	4,83	20,98
No. 50	7	20	0,00	3,15	8,49	1,64	13,28
No. 100	5	13	0,00	0,40	5,91	0,25	6,57
No. 200	4	8	0,00	0,08	3,88	0,11	4,06



Gambar 4.1: Grafik hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran normal

Dari hasil pengujian analisis saringan maka didapat kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Data yang diperoleh pada campuran normal:

1. Agregat Kasar CA 1 inch = 18 %
2. Agregat Medium MA ½ inch = 34 %
3. Agregat Halus Abu Batu (FA) = 38 %
4. Agregat Halus Pasir (*Sand*) = 10 %

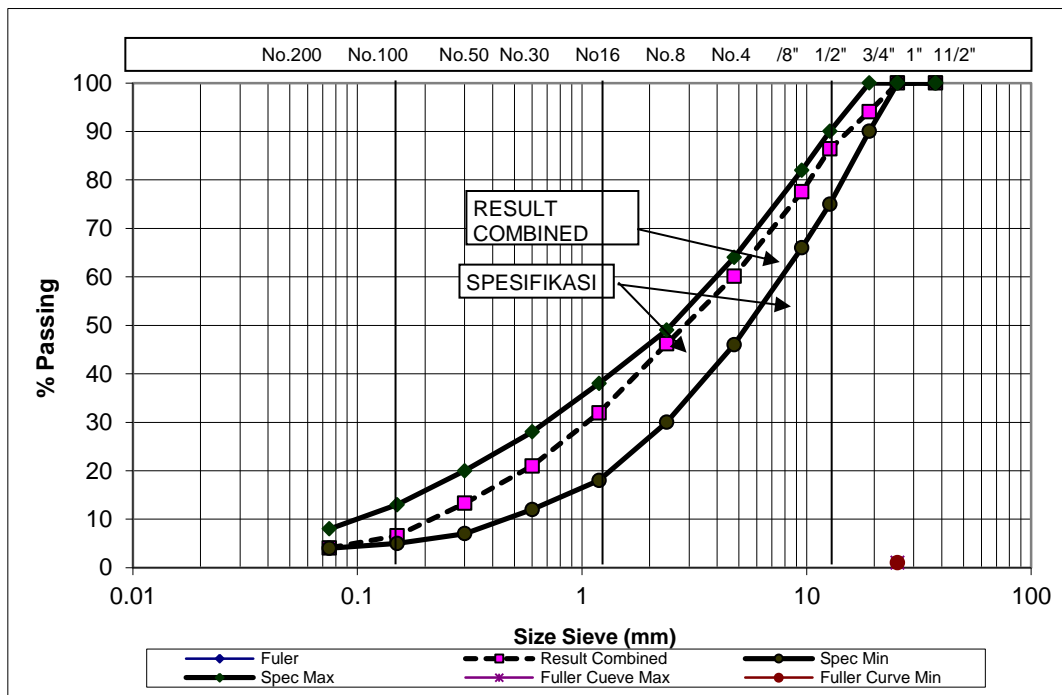
Agregat dan Aspal untuk setiap benda uji diperlukan sebanyak 1250 gram, sehingga menghasilkan diameter benda uji 10 cm dan tinggi 7 cm.

Tabel 4.7: Hasil Perhitungan Berat Agregat yang diperlukan untuk benda uji Campuran Normal

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	1"	½"	FA	Sand
4,5%	56,25	214,875	408,875	453,625	119,375
5%	62,5	213,75	403,75	451,25	118,75
5,5%	68,75	212,625	401,625	448,875	118,125

Tabel 4.8: Hasil Kombinasi Gradasi Agregat untuk Campuran Plastik LPDE sebanyak 1,5%

No. Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat				AVG
			1"	½"	Fa	Sand	
			18%	34%	38%	10%	
1 ½"	100	100	18	34	38	10	100
1"	100	100	18	34	38	10	100
¾"	90	100	12,08	34	38	10	94,08
½"	75	90	4,38	34	38	10	86,38
⅜"	66	82	1,15	28,41	38	10	77,56
No. 4	46	64	0,07	12,06	38	10	60,13
No. 8	30	49	0,00	6,23	30,29	30,29	46,18
No. 16	18	38	0,00	4,87	18,58	8,50	31,95
No. 30	12	28	0,00	4,17	11,98	8,49	20,98
No. 50	7	20	0,00	3,15	8,49	5,91	13,28
No. 100	5	13	0,00	0,40	5,91	0,25	6,57
No. 200	4	8	0,00	0,08	3,88	0,11	4,06



Gambar 4.2 : Grafik hasil kombinasi gradasi agregat untuk campuran Plastik LDPE 1,5%.

Dari hasil pengujian analisis saringan maka didapat kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Data yang diperoleh pada campuran normal:

1. Agregat Kasar CA 1 inch = 18 %
2. Agregat Medium MA ½ inch = 34 %
3. Agregat Halus Abu Batu (FA) = 38 %
4. Agregat Halus Pasir (*Sand*) = 10 %
5. Plastik = 1,5 %

Agregat dan Aspal untuk setiap benda uji diperlukan sebanyak 1250 gram, sehingga menghasilkan diameter benda uji 10 cm dan tinggi 7 cm.

### 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

#### 1. Berat Jenis Agregat Kasar CA 1 inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{2605}{2622-1616} = 2,59 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{2622}{2622-1616} = 2,61 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{2605}{2605-1616} = 2,63 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{2622-2605}{2605} \times 100\% = 0,65 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian CA 1 inch dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA 1 inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	2,59	2,59	2,59
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Ss)	2,63	2,61	2,62
Berat Jenis Semu (Ss)	2,61	2,60	2,60
Penyerapan (Sw)	0,65	0,15	0,40

#### 2. Berat Jenis Agregat Kasar MA ½ inch

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{2332}{2353-1446} = 2,57 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{2352}{2352-1446} = 2,59 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{2332}{2332-1446} = 2,63 \text{ gr}$

- Penyerapan 
$$= \frac{2353-2332}{2332} \times 100\% = 0,90 \%$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian MA ½ inch dapat dilihat pada tabel 4.10.

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

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	2,57	2,58	2,58
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Ss)	2,63	2,65	2,64
Berat Jenis Semu (Ss)	2,59	2,61	2,60
Penyerapan (Sw)	0,90	1,04	0,97

### 3. Berat Jenis Agregat Halus FA

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah 
$$= \frac{490,6}{1227+500-1532,6} = 2,52 \text{ gr}$$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh 
$$= \frac{500}{1227+500-1532,6} = 2,57 \text{ gr}$$
- Berat Jenis Semu 
$$= \frac{490,6}{1227+490,6-1532,6} = 2,65 \text{ gr}$$
- Penyerapan 
$$= \frac{500-490,6}{490,6} \times 100\% = 1,92 \%$$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian FA dapat dilihat pada tabel 4.11.



Tabel 4.11: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat Halus FA.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	2,52	2,54	2,53
Berat Jenis Kering Permudkaan Jenuh (Ss)	2,65	2,67	2,66
Berat Jenis Semu (Ss)	2,57	2,59	2,58
Penyerapan (Sw)	1,92	1,94	1,93

#### 4. Berat Jenis Agregat Halus Pasir (*Sand*)

Dari percobaan yang dilakukan didapat hasil perhitungan sampel 1:

- Berat Jenis Curah  $= \frac{492,4}{1226+500-1529,7} = 2,51 \text{ gr}$
- Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh  $= \frac{500}{1226+500-1529,7} = 2,55 \text{ gr}$
- Berat Jenis Semu  $= \frac{492,4}{1226+492,4-1529,7} = 2,61 \text{ gr}$
- Penyerapan  $= \frac{500-492,4}{492,4} \times 100\% = 1,54 \%$

Untuk hasil pengujian lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran dan rekapitulasi data hasil pengujian Pasir dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12: Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat Halus Pasir.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering (Sd)	2,51	2,51	2,51
Berat Jenis Kering Permudkaan Jenuh (Ss)	2,61	2,59	2,60
Berat Jenis Semu (Ss)	2,55	2,54	1,55
Penyerapan (Sw)	1,54	1,28	1,41

#### 4.4 Hasil Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

Nilai parameter *Marshall* didapat dari perhitungan terhadap hasil percobaan di Laboratorium. Berikut analisis untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 4,5 %:

- a. Persentase terhadap batuan = 95,5 %
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 4,5 %
- c. Berat sampel kering = 1230,2 gr
- d. Berat sampel jenuh (SSD) = 1234,8 gr
- e. Berat sampel dalam air = 688 gr
- f. Volume sampel = Berat SSD – Berat Dalam Air  
= 1234,8 – 688  
= 546,8 cc
- g. Berat isi sampel =  $\frac{\text{Berat Awal}}{\text{Volume Sampel}}$   
=  $\frac{1230,2}{546,8}$   
= 2,25 gr/cc
- h. Berat jenis maksimum =  $\frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{bj. Agregat} + \frac{\% \text{ Asphalt}}{bj. Asphalt}}$   
=  $\frac{100}{\frac{95,5}{2,609} + \frac{4,5}{1,023}}$   
= 2,44 %
- i. Persentase volume aspal =  $\frac{b \times g}{bj. asphalt}$   
=  $\frac{4,5\% \times 2,25}{1,023}$   
= 9,897 %
- j. Persentase volume agregat =  $\frac{((100-b) \times g)}{bj. agregat}$   
=  $\frac{((100-4,5) \times 2,25)}{2,609}$   
= 82,359 %

k. Persentase rongga terhadap campuran	$= 100 - \left( \frac{100 \times g}{h} \right)$
	$= 100 - \left( \frac{100 \times 2,25}{2,44} \right)$
	$= 7,787 \%$
l. Persentase rongga terhadap agregat	$= 100 - \left( \frac{(100-b) \times g}{bj.agregat} \right)$
	$= 100 - \left( \frac{(100-4,5) \times 2,25}{2,609} \right)$
	$= 17,641\%$
m. Persentase rongga terisi aspal	$= 100 \times \left( \frac{i-k}{i} \right)$
	$= 100 \times \left( \frac{9,897-7,787}{9,897} \right)$
	$= 21,319 \%$
n. Pembacaan arloji stabilitas	$= 40$
o. Kalibrasi proving ring	$= 40 \times 24,19$
	$= 967,7$
p. Stabilitas akhir	$= 967,7 \times 0,89$
	$= 861$
q. Kelelehan	$= 2,52 \text{ mm}$

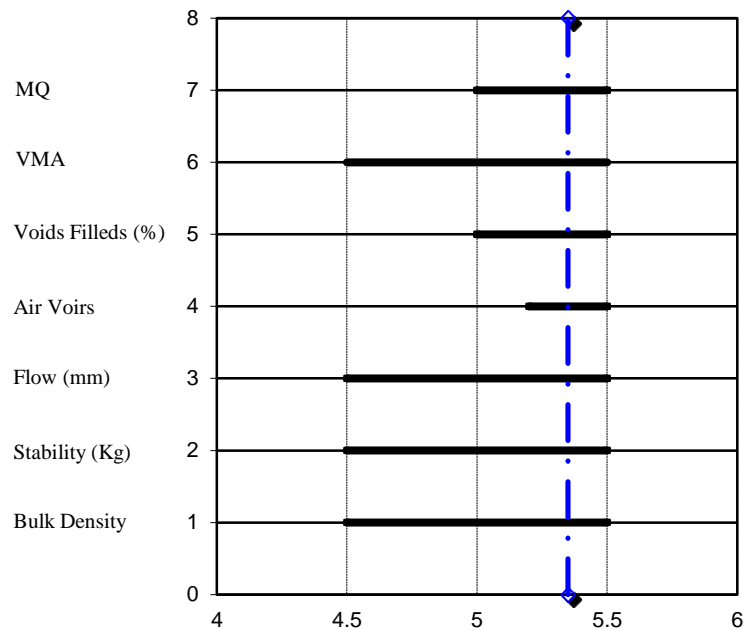
Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan bahan tambah plastik LDPE 1,5 %, 2% dan 2,5% dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya Patumbak di dapat nilai Berat Isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), Kelelehan (*Flow*), Persentase Rongga terhadap Campuran (*VIM*), Persentase Rongga terhadap Terisi Aspal (*VFA*), Persentase Rongga terhadap Agregat (*VMA*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Berikut rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% .

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

Karakteristik	Kadar Aspal			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	4,5%	5%	5,5%	
Bulk Density (gr/cc)	2,300	2,309	2,310	-
Stability (kg)	926	1091	1181	Min 800
Flow (mm)	2,36	3,27	3,40	2-4
Air Voids (%)	5,70	4,65	3,91	3-5
Voids Filleds (%)	59,34	67,13	73,12	Min 65
VMA (%)	14,029	14,145	14,549	Min 14
MQ (kg/mm)	393	334	347	Min 250

Hasil dari nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,35% dapat dilihat pada gambar 4.2

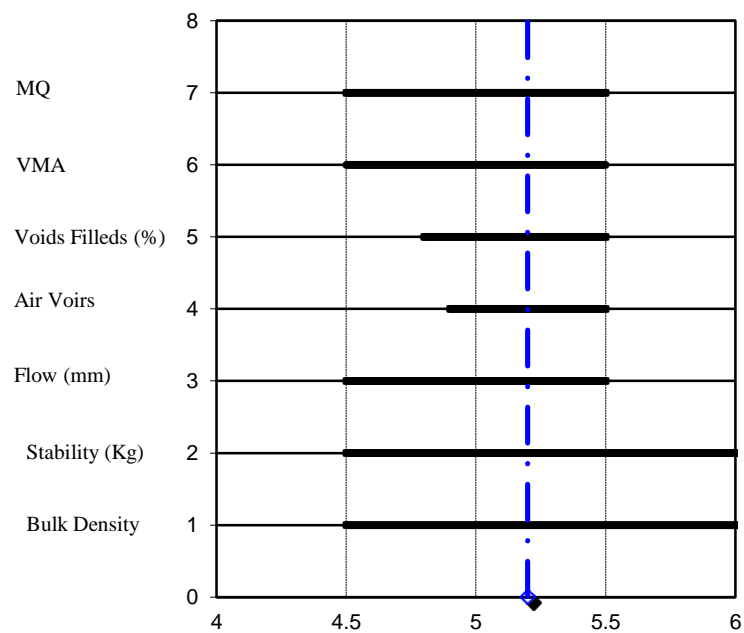


Gambar 4.3: Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Aspal Normal

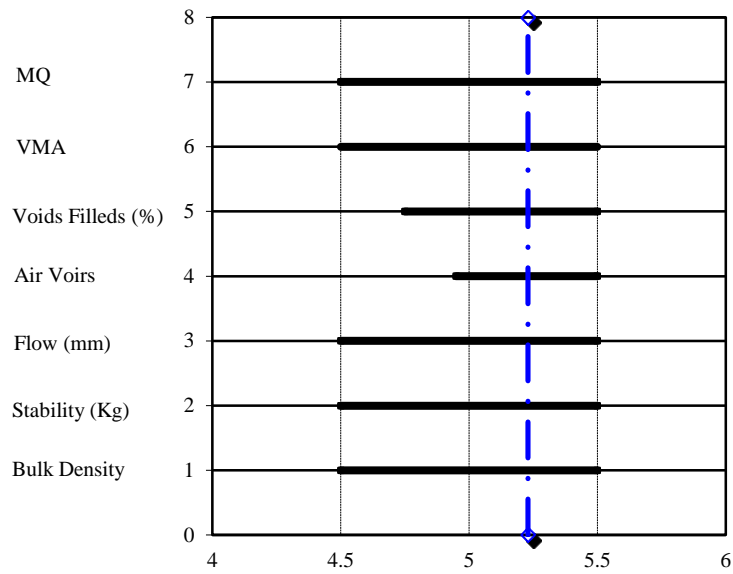
Tabel 4.14: Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran dengan menggunakan bahan tambah Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% .

Karakteristik	Plastik LDPE			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	1,5%	2%	2,5%	
Bulk Density (gr/cc)	2,316	2,310	2,307	-
Stability (kg)	1100	1160	1220	Min 800
Flow (mm)	3,5	3,35	3,25	2-4
Air Voids (%)	4	4,18	4,30	3-5
Voids Filleds (%)	72,2	70,80	70,50	Min 65
VMA (%)	14,15	14,40	14,52	Min 14
MQ	313	350	378	Min 250

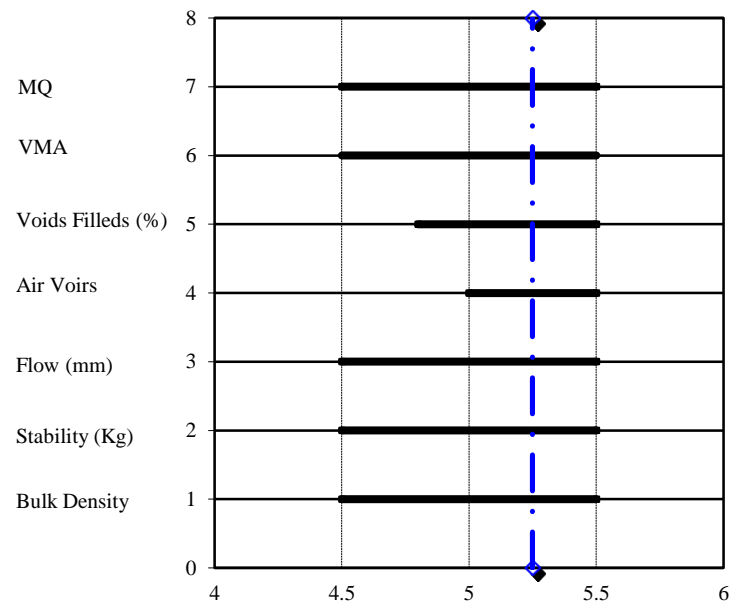
Berdasarkan hasil uji *Marshall* diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dari campuran Plastik LDPE variasi 1,5%, 2% dan 2,5% yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 - 4.6 berikut ini.



Gambar 4.4: Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Plastik LDPE variasi 1,5% dengan Nilai KAO 5,20%



Gambar 4.5: Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Plastik LDPE variasi 2% dengan Nilai KAO 5,23%

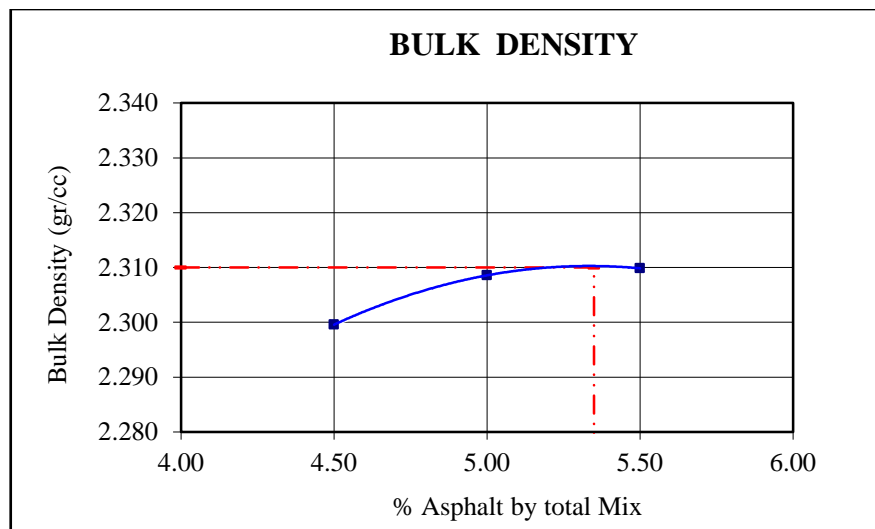


Gambar 4.6: Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Plastik LDPE variasi 2,5% dengan Nilai KAO 5,25%

Berikut grafik dari hasil nilai Berat Isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), Persentase Rongga terhadap Campuran (*VIM*), Persentase Rongga terhadap Terisi Aspal (*VFA*), Persentase Rongga terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*), dan *Marshall Quotient* (*MQ*) untuk campuran aspal normal serta penambahan plastidk LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.

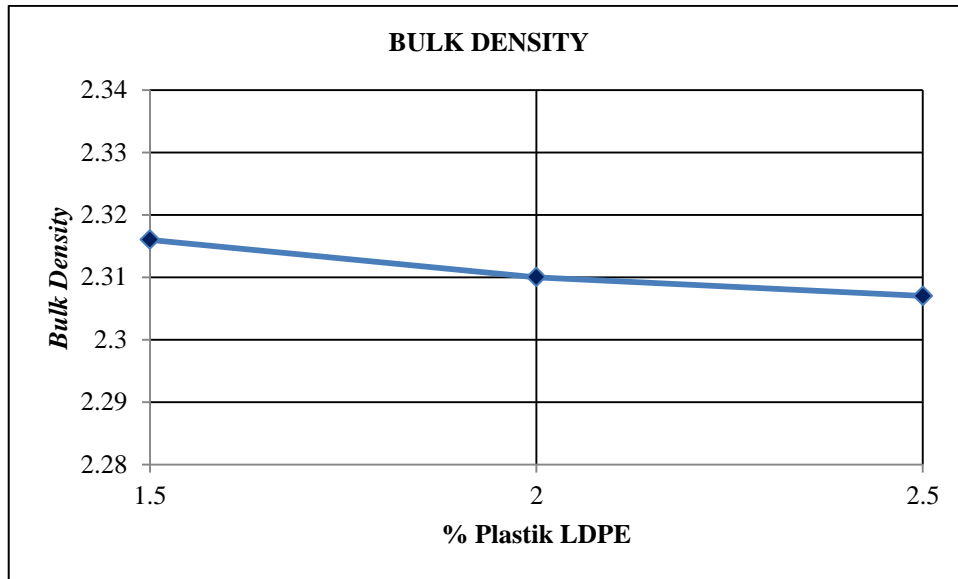
#### 1. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.7 – 4.8.



Gambar 4.7: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) campuran normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% kepadatan mencapai 2,300 gr/cc, 5% naik mencapai 2,309 gr/cc dan 5,5% mencapai 2,310%, sehingga disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal maka kepadatan semakin meningkat.



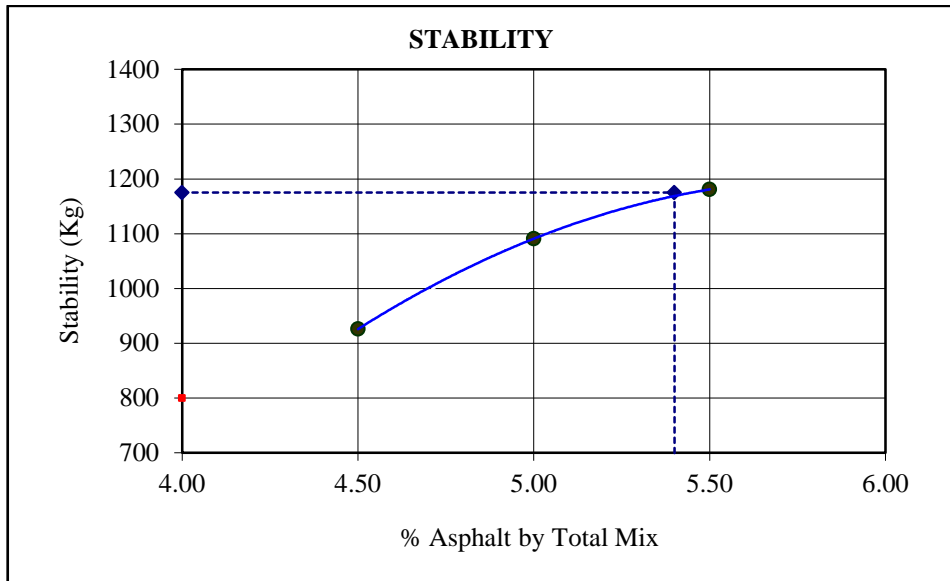
Gambar 4.8: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan Plastik LDPE di 1,5% kepadatan mencapai 2,316 gr/cc, 2% turun menjadi 2,310 gr/cc dan pada 2,5% mengalami penurunan juga menjadi 2,307 gr/cc, sehingga disimpulkan bahwa semakin besar persentase Plastik yang ditambahkan pada campuran aspal maka kepadatan semakin menurun.

## 2. *Stability*

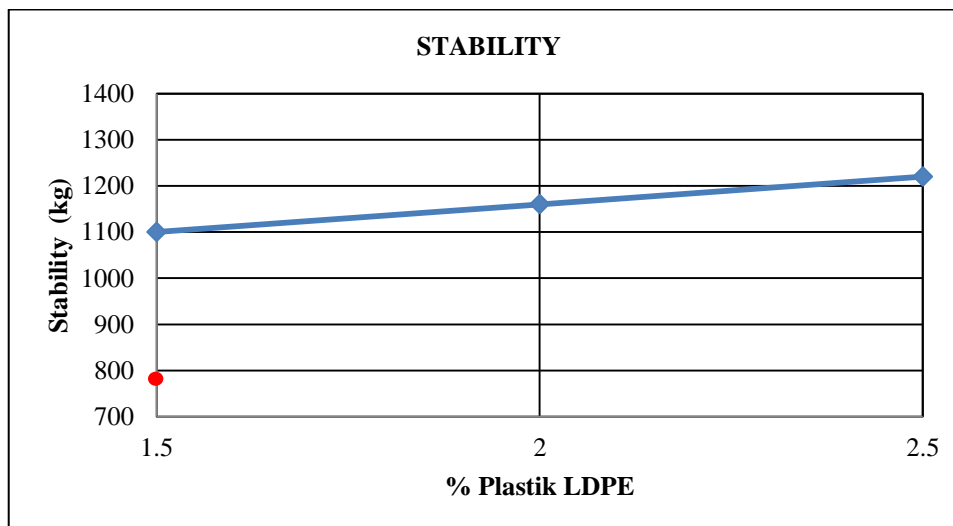
Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.9 – 4.10.





Gambar 4.9: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan *Stability* (Kg) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% *stability* mencapai 926 kg, 5% naik mencapai 1091 kg dan pada 5,5% naik mencapai 1181 kg, sehingga disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal maka satbilitas suatu campuran semakin meningkat.

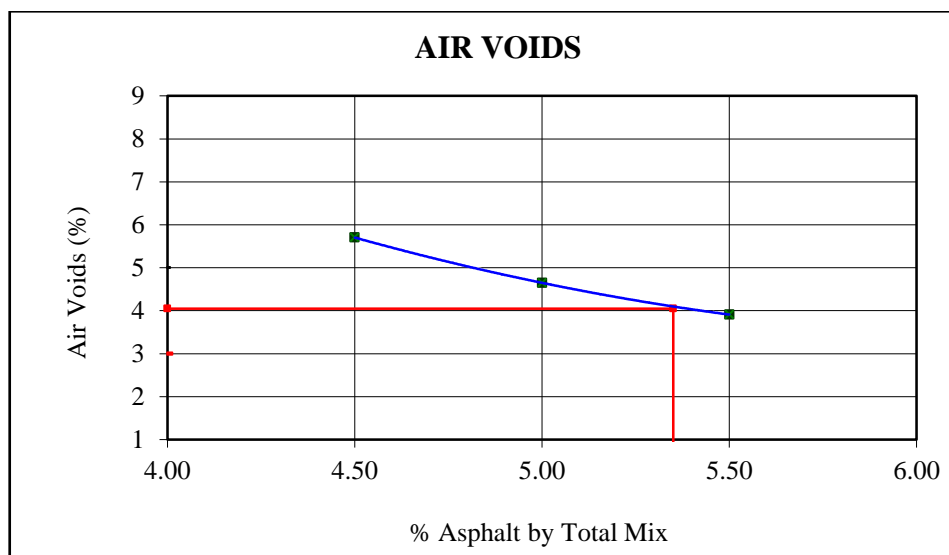


Gambar 4.10: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan *Stability* (kg)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan Plastik LDPE di 1,5% *stability* mencapai 1100 kg, 2% naik mencapai 1160 kg dan pada 2,5% naik mencapai 1220 kg. Adanya penambahan Plastik LDPE pada campuran aspal menyebabkan terjadinya peningkatan nilai *stability*, sehingga daya ikat antara aspal dan agregat semakin meningkat. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran bahan tambah Plastik LDPE semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai batas minimum 800 kg.

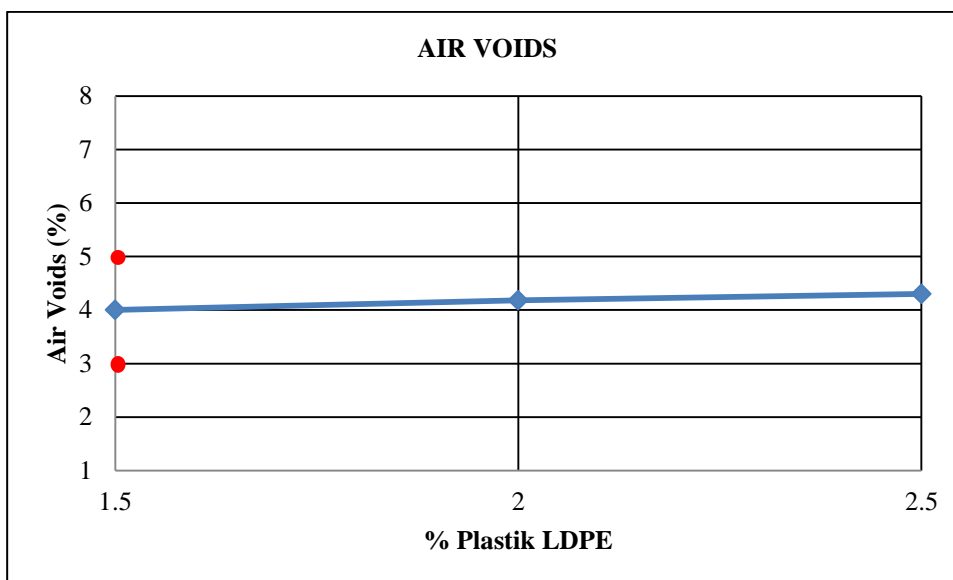
### 3. Air Voids/Void in Mix Marshall (VIM)

Hasil nilai *air voids* (VIM) pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.11 – 4.12.



Gambar 4.11: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% *air voids* mencapai 5,70%, 5% turun sebesar 4,65% dan pada 5,5% juga mengalami penurunan sebesar 3,91%, sehingga disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal yang berlebihan pada batas tertentu *air voids* suatu campuran semakin menurun. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran normal semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai batas 3-5%.

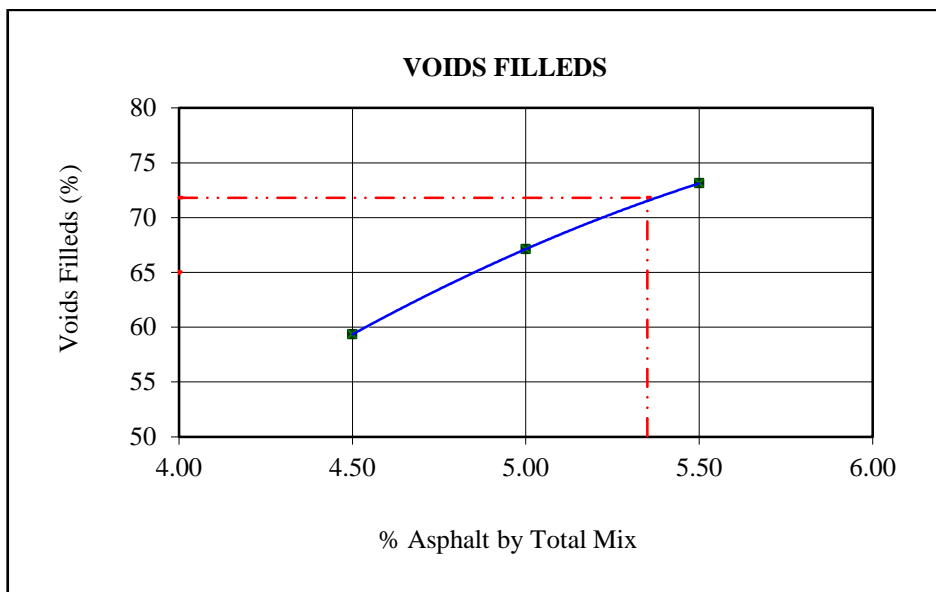


Gambar 4.12: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan *Air Voids* (VIM)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan plastik 1,5% *air voids* sebesar 4%, 2% *air voids* naik sebesar 4,18% dan pada 2,5% juga mengalami kenaikan sebesar 4,20%, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar plastik LDPE maka semakin tinggi nilai VIM yang diperoleh. Adanya penambahan Plastik LDPE mempengaruhi keawetan lapis perkerasan dimana rongga dalam campuran semakin besar, sehingga campuran bersifat *porous* (berpori). Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran bahan tambah Plastik LDPE semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dengan nilai batas 3-5%.

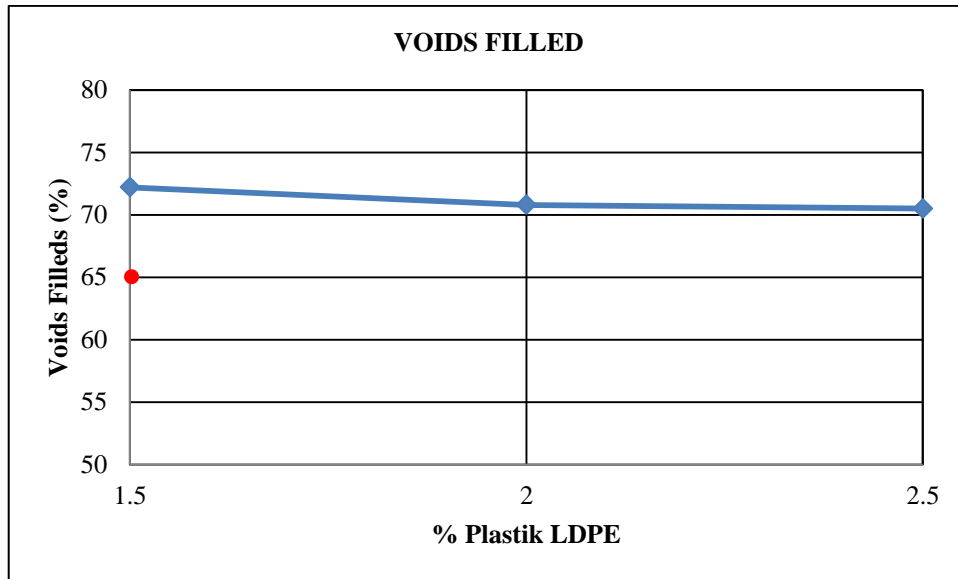
#### 4. *Void Filled With Asphalt* (VFA)

Hasil nilai *void filled with asphalt* (VFA) pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.13 – 4.14.



Gambar 4.13: Grafik Hubungan antara Kadar Aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% *voids filled* mencapai 59,34%, 5% naik sebesar 67,13% dan pada 5,5% juga mengalami kenaikan sebesar 73,12%, sehingga disimpulkan bahwa pada penambahan kadar aspal yang berlebihan pada batas tertentu *voids filled* suatu campuran semakin meningkat. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran normal pada kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana VFA memiliki nilai batas minimum yaitu 65%.

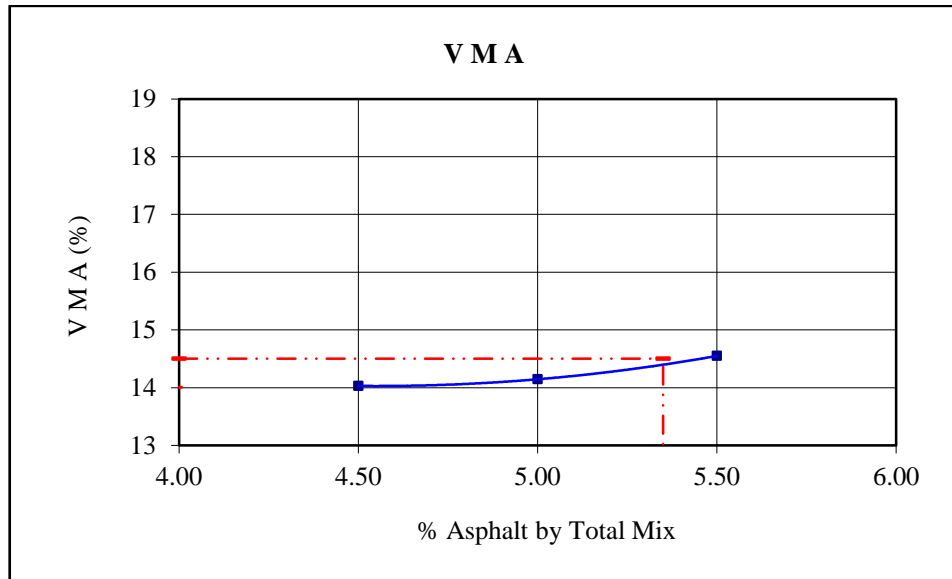


Gambar 4.14: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan *Voids Filled* (%)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan plastik 1,5% *voids filled* sebesar 72,2%, 2% *voids filled* turun sebesar 70,8% dan pada 2,5% juga mengalami penurunan sebesar 70,5%, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar plastik LDPE maka semakin kecil nilai VFA yang diperoleh. Semakin kecil nilai VFA semakin kecil rongga dalam campuran yang terisi aspal mengakibatkan kededapan campuran aspal terhadap air dan udara semakin rendah. Nilai batas minimum spesifikasi Bina Marga 2018 adalah 65%.

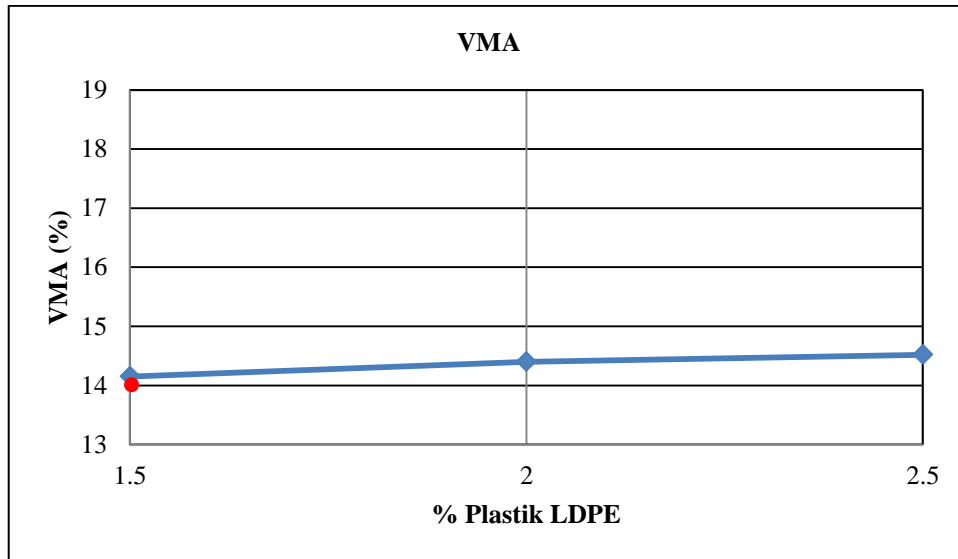
##### 5. *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

Hasil VMA pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.15 – 4.16.



Gambar 4.15: Grafik Hubungan Kadar Aspal (%) dengan VMA (%) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% nilai VMA mencapai 14,029%, 5% naik sebesar 14,145% dan pada 5,5% juga mengalami kenaikan sebesar 73,549%, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka rongga dalam agregat semakin bertambah. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran normal semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana VMA memiliki nilai batas minimum yaitu 14%.

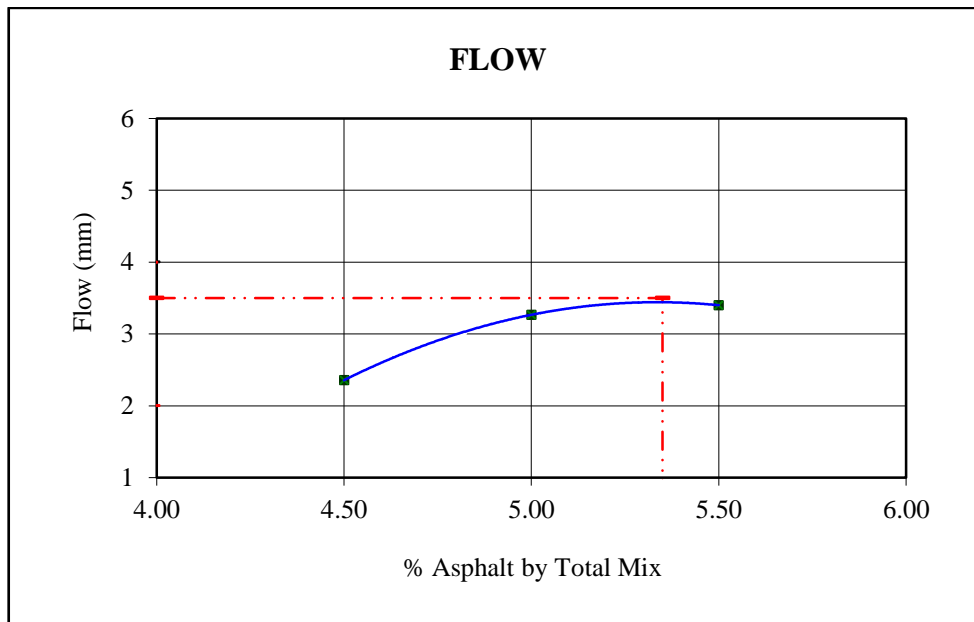


Gambar 4.16: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan VMA (%)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan plastik 1,5% nilai VMA mencapai 14,15%, 1,5% naik sebesar 14, 40% dan pada 2,5% juga mengalami kenaikan sebesar 14,52%, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar Plastik LDPE maka rongga dalam agregat semakin bertambah. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran bahan tambah Plastik LDPE semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana VMA memiliki nilai batas minimum yaitu 14%.

#### 6. Flow

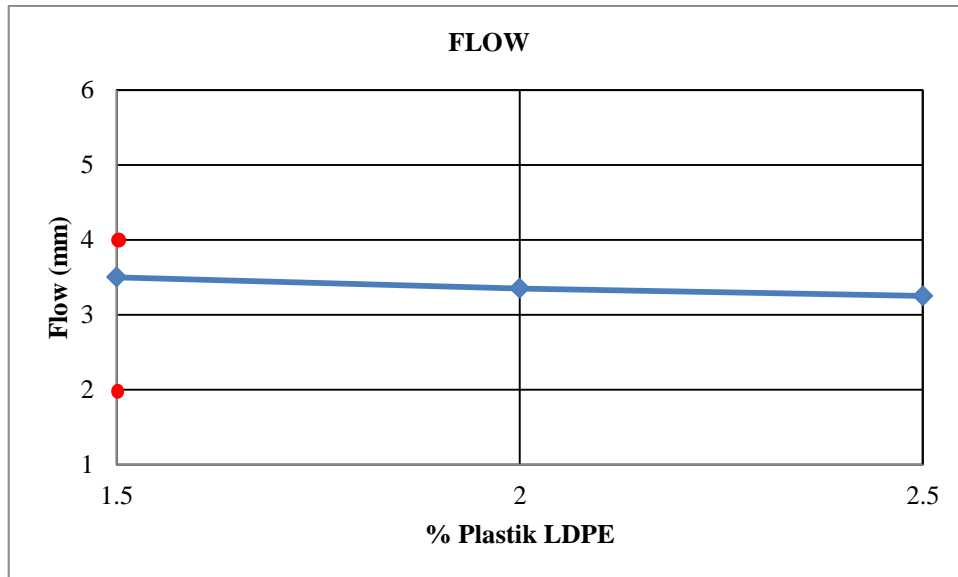
Hasil VMA pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.17 – 4.18.



Gambar 4.17: Grafik Hubungan Kadar Aspal (%) dengan *Flow* (mm) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% nilai *Flow* mencapai 2,36 mm, 5% naik sebesar 3,27 mm dan pada 5,5% juga mengalami kenaikan sebesar 3,40 mm, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Flow* semakin tinggi. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran normal semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana *Flow* memiliki nilai batas yaitu 2-4 mm.



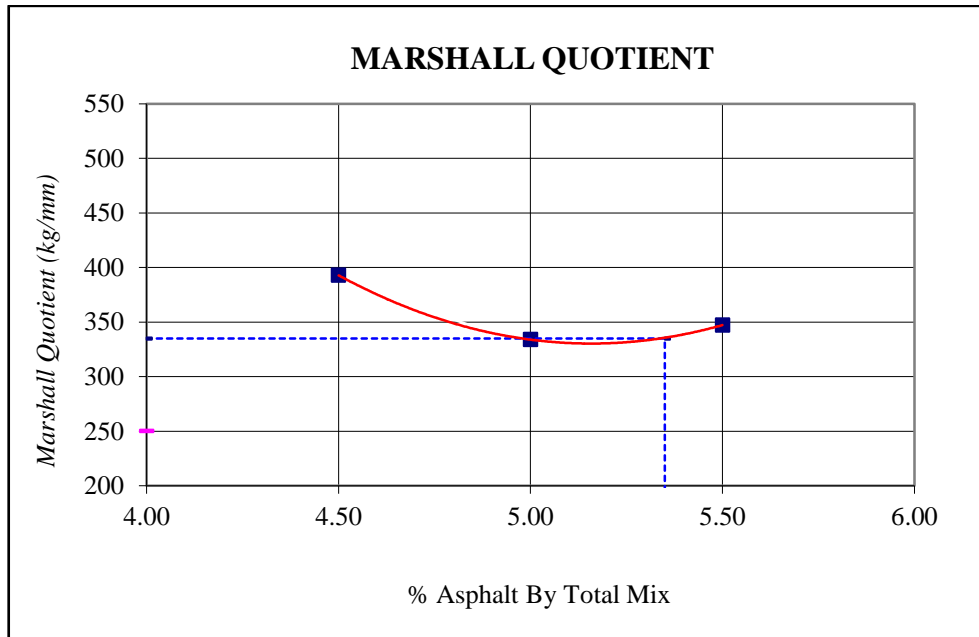


Gambar 4.18: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan *Flow* (mm)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan Plastik 1,5% nilai *Flow* mencapai 3,5 mm, 2% turun menjadi 3,35 mm dan pada 2,5% juga mengalami penurunan sebesar 3,25 mm, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan kadar campuran plastik LDPE maka semakin kecil nilai *Flow*. Semakin rendahnya nilai *Flow* menandakan campuran aspal akan semakin kaku yang mengakibatkan campuran akan mudah retak apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran bahan tambah Plastik LDPE semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana *Flow* memiliki nilai batas yaitu 2-4 mm.

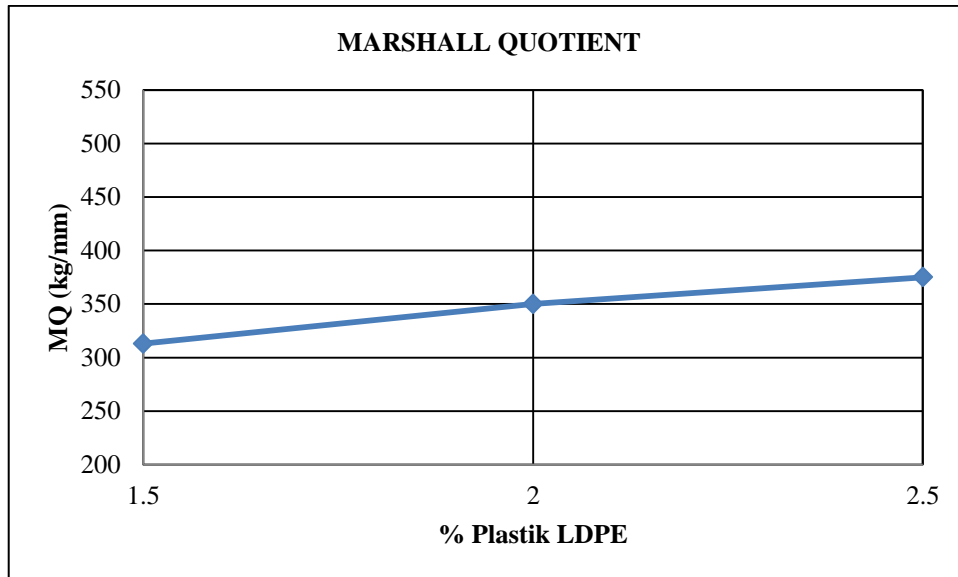
#### 7. Marshall Quotient (MQ)

Hasil VMA pada aspal normal serta penambahan Plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dilihat pada gambar 4.19 – 4.20.



Gambar 4.19: Grafik Hubungan Kadar Aspal (%) dengan MQ (kg/mm) Campuran Normal

Dapat dilihat dari grafik diatas untuk campuran aspal normal pada penambahan kadar aspal 4,5% nilai MQ mencapai 393 kg/ mm, 5% turun menjadi 334 kg/mm dan pada 5,5% kembali mengalami kenaikan sebesar 347 kg/mm. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran normal semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana MQ memiliki nilai batas minimum yaitu 250 kg/mm.



Gambar 4.20: Grafik Hubungan antara Bahan Tambah Plastik LDPE (%) dengan MQ (kg/mm)

Dapat dilihat dari grafik diatas pada penambahan plastik 1,5% nilai MQ mencapai 313 kg/ mm, 2% naik mencapai 350 kg/mm dan pada 5,5% juga mengalami kenaikan sebesar 378 kg/mm, sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai MQ menunjukkan sifat campuran akan semakin kaku dan semakin rentan terhadap keretakan. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada campuran bahan tambah Plastik LDPE semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dimana MQ memiliki nilai batas minimum yaitu 250 kg/mm.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) dengan penambahan Plastik LDPE variasi 1,5%, 2% dan 2,5%, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian ini:

1. Dari hasil pengujian yang dilakukan, karakteristik sifat *Marshall* pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang menggunakan bahan tambahan Plastik LDPE dengan variasi 1,5%, 2% dan 2,5% berpengaruh baik seperti *Stability*, *Bulk Density*, VIM, VMA, VFA dan *Flow*.
2. Nilai Kadar Optimum yang dibutuhkan pada variasi 1,5% sebanyak 5,20%, 2% sebanyak 5,23% dan 2,5% sebanyak 5,25%.

#### 5.2. Saran

1. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai aspal bahan tambah plastik LDPE pada *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) agar lebih banyak referensi yang didapat.
2. Perlu ada penelitian dengan cara kering mengenai penambahan plastik LDPE pada campuran aspal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afritanto, dkk 2018. 2018. "Analisis Variasi Kadar Limbah Plastik Low Density Polyethylene ( Ldpe ) Dalam Aspal." : 366–77.
- Afriyanto, Birahmatika, Eva Wahyu Indriyati, and Probo Hardini. 2019. "Pengaruh Limbah Plastik Low Density Polyethylene Terhadap Karakteristik Dasar Aspal." *Jurnal Transportasi* 19(1): 59–66.
- Asfiati, Sri et al. 2022. "Analysis of Mixed Stiffness Modulus of Different Asphalt Levels for AC-BC Pavement Layer with Pertamina 60/70 Asphalt and 60/70 Esso Asphalt Material." *Journal of Physics: Conference Series* 2193(1): 4–10.
- Erni, Dwi Susanti, Mirza Ghulam Rifqi, and M. Shofi'ul Amin. 2021. "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC." *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology* 2(2): 7–13.
- Hardiyatmo, Hary Christady. "Prof.Dr.Ir.Hary Christady Hardiyatmo, M.Eng., DEA. (Fakultas Teknik).Pdf."
- Hidayati, Hilda Nur, Mirza Ghulam Rifqi, and M. Shofi'ul Amin. 2021. "Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Pada Campuran Aspal Beton Lapis AC-BC." *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology* 2(2): 1–6.
- Kartikasari, Dwi, and Samsul Arif. 2019. "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Pada Campuran." *Seniati 2018*: 334–38.
- Mokoginta, Ilham, Komala Erwan, and Eti Sulandari. 2018. "Pengaruh Penambahan Plastik Low Linier Density Polyethylene (LLDPE) Pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC) Ditinjau Dari Karakteristik Marshall." *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Tanjungpura* 5(2): 1–12.
- Pratama, Nugraha Yuda, Slamet Widodo, and Eti Sulandari. 2018. "Pengaruh Penggunaan Sampah Botol Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Aspal Beton (LASTON)." *Jurnal Ilmiah Universitas Tanjungpura* 5(3): 1–17.
- Razak, Bustamin Abd., and Andi Erdiansa. 2016. "Karakteristik Campuran AC-WC Dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)." *INTEK: Jurnal Penelitian* 3(1): 8.
- Rosyad, Farlin, and Diea Destha Sary. 2017. "Fraksi Halus Terhadap Kepadatan Dan Stabilitas Campuran Aspal Ac-Bc." 14(1): 0–5.
- Semangat Marudut Tua Debataraja, Natalius sihite. 2020. "Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephthalate (Pet) Terhadap Daya Lekat

Campuran Laston Lapis Ac-Wc.” *Ilmiah Teknik Sipil* 9(1): 59–69.

Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018. 2018. “Spesifikasi Umum 2018.” (September).

Suhardi, Priyo Pratomo, and Hadi Ali. 2016. “Study of Marshall Characteristics Due to Asphalt Mixture with the Addition of Plastic Bottle Waste.” *Journal of Civil Engineering and Design* 4(2): 284–93.

Sumiati, Sumiati, Mahmuda Mahmuda, and A Syapawi. 2019. “Perkerasan Aspal Beton (Ac-Bc) Limbah Plastik Hdpe Yang Tahan Terhadap Cuaca Ekstrem.” *Construction and Material Journal* 1(1): 1–11.

Suroso, Tjitjik Wasiah. 2008. “Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Cara Basah Dan Cara Kering.” *Teknik Sipil* (3): 208–22.

# **LAMPIRAN**

**PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL****ASPHALT 4,5%**

Proportion	Percentage	Decimal	Mixed Weight (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1193.75	119.375
FA	38%	0.38	1193.75	453.625
MA 1/2	34%	0.34	1193.75	405.875
CA 1	18%	0.18	1193.75	214.875
Asphalt	3.0%	0.03	1250	37.5
Limbah Plastik	1.5%	0.015	1250	18.75
Total	105%	1.045		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1193.75	119.375
FA	38%	0.38	1193.75	453.625
MA 1/2	34%	0.34	1193.75	405.875
CA 1	18%	0.18	1193.75	214.875
Asphalt	2.5%	0.025	1250	31.25
Limbah Plastik	2%	0.02	1250	25
Total	105%	1.045		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1193.75	119.375
FA	38%	0.38	1193.75	453.625
MA 1/2	34%	0.34	1193.75	405.875
CA 1	18%	0.18	1193.75	214.875
Asphalt	2%	0.02	1250	25
Limbah Plastik	2.5%	0.025	1250	31.25
Total	105%	1.045		1250



## PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL

### ASPHALT 5%

Proportion	Percentage	Decimal	Mixed Weight (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1187.5	118.75
FA	38%	0.38	1187.5	451.25
MA 1/2	34%	0.34	1187.5	403.75
CA 1	18%	0.18	1187.5	213.75
Asphalt	3.5%	0.035	1250	43.75
Limbah Plastik	1.5%	0.015	1250	18.75
Total	105.0%	1.05		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Mixed Weight (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1187.5	118.75
FA	38%	0.38	1187.5	451.25
MA 1/2	34%	0.34	1187.5	403.75
CA 1	18%	0.18	1187.5	213.75
Asphalt	3%	0.03	1250	37.5
Limbah Plastik	2%	0.02	1250	25
Total	105.0%	1.05		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Mixed Weight (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1187.5	118.75
FA	38%	0.38	1187.5	451.25
MA 1/2	34%	0.34	1187.5	403.75
CA 1	18%	0.18	1187.5	213.75
Asphalt	3%	0.025	1250	31.25
Limbah Plastik	2.5%	0.025	1250	31.25
Total	105.0%	1.05		1250

**PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL**


**ASPHALT 5,5%**

Proportion	Percentage	Decimal	Mixed Weight (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1181.25	118.125
FA	38%	0.38	1181.25	448.875
MA 1/2	34%	0.34	1181.25	401.625
CA 1	18%	0.18	1181.25	212.625
Asphalt	4%	0.04	1250	50
Limbah Plastik	1.5%	0.015	1250	18.75
Total	105.5%	1.055		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1181.25	118.125
FA	38%	0.38	1181.25	448.875
MA 1/2	34%	0.34	1181.25	401.625
CA 1	18%	0.18	1181.25	212.625
Asphalt	3.5%	0.035	1250	43.75
Limbah Pelastik	2%	0.02	1250	25
Total	105.5%	1.055		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	10%	0.1	1181.25	118.125
FA	38%	0.38	1181.25	448.875
MA 1/2	34%	0.34	1181.25	401.625
CA 1	18%	0.18	1181.25	212.625
Asphalt	3.0%	0.03	1250	37.5
Limbah Pelastik	2.5%	0.025	1250	31.25
Total	105.5%	1.055		1250

Tabel L.2: Analisa Saringan Agregat

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL			SIEVE ANALYSIS TEST							
SUMBER MATERIAL : COLD BIN										
COARSE AGGREGATE 1"										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
11/2"	37.5		0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
1	25.4		0	0.00	100.00		0	0.00	100.00	100.00
3/4	19.1	1071	1071	33.26	66.74	1009	1009	32.55	67.45	67.10
1/2	12.7	1401	2472	76.77	23.23	1302	2311	74.55	25.45	24.34
3/8	9.5	572	3044	94.53	5.47	562	2873	92.68	7.32	6.39
No. 4	4.76	164	3208	99.63	0.37	213	3086	99.55	0.45	0.41
No. 8	2.88									
No. 16	1.19									
No. 30	0.595									
No. 50	0.297									
No. 100	0.150									
No. 200	0.074									
Total Weight		3220				3100				
MEDIUM AGGREGATE/ MA 1/2										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
1	25.4	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/4	19.1	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
1/2	12.7	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/8	9.5	394	394	17.67	82.33	340	340	15.20	84.80	83.57
No. 4	4.76	1066	1460	65.47	34.53	1083	1423	63.61	36.39	35.46
No. 8	2.88	357	1817	81.48	18.52	408	1831	81.85	18.15	18.33
No. 16	1.19	95	1912	85.74	14.26	84	1915	85.61	14.39	14.33
No. 30	0.595	51	1963	88.03	11.97	41	1956	87.44	12.56	12.27
No. 50	0.297	62	2025	90.81	9.19	72	2028	90.66	9.34	9.27
No. 100	0.15	178	2203	98.79	1.21	183	2211	98.84	1.16	1.19
No. 200	0.074	200	2225	99.78	0.22	204	2232	99.78	0.22	0.22
Total Weight		2230				2237				



SUMBER MATERIAL : COLD BIN



**FINE AGGREGATE**

Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
1	25.4	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/4	19.1	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
1/2	12.7	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/8	9.5	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	4.76	0.0	0.0	0.00	100.00	0.0	0.0	0.00	100.00	100.00
No. 8	2.88	201.8	201.8	20.18	79.82	199.0	199.0	20.40	79.60	79.71
No. 16	1.19	300.5	502.3	50.23	49.77	308.0	507.0	51.96	48.04	48.90
No. 30	0.595	170.0	672.3	67.23	32.77	173.2	680.2	69.71	30.29	31.53
No. 50	0.297	93.5	765.8	76.58	23.42	87.8	768.0	78.71	21.29	22.35
No. 100	0.15	71.8	837.6	83.76	16.24	62.6	830.6	85.13	14.87	15.56
No. 200	0.074	133.1	898.9	89.89	10.11	107.0	875.0	89.68	10.32	10.22
Total Weight		1000.0				975.7				

**NATURAL SAND**

Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retaind (%)	Passing (%)	
1	25.4	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/4	19.1	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
1/2	12.7	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
3/8	9.5	0	0	0.00	100.00	0	0	0.00	100.00	100.00
No. 4	4.76	8.0	8.0	0.80	99.20	7.0	7.0	0.85	99.15	99.17
No. 8	2.88	20.0	28.0	3.43	96.57	22.0	29.0	3.53	96.47	96.52
No. 16	1.19	94.0	122.0	14.96	85.04	95.0	124.0	15.11	84.89	84.96
No. 30	0.595	301.0	423.0	51.87	48.13	299.3	423.3	51.59	48.41	48.27
No. 50	0.297	258.5	681.5	83.57	16.43	263.7	687.0	83.73	16.27	16.35
No. 100	0.15	111.0	792.5	97.18	2.82	115.4	802.4	97.79	2.21	2.51
No. 200	0.074	125.0	806.5	98.90	1.10	125.0	812.0	98.96	1.04	1.07
Total Weight		815.5				820.5				

Disetujui Oleh  
Quality Control  
  
Abdi Safitri

<b>PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL</b>	<b>SPECIFIC GRAVITY TEST</b>																																																																													
SUMBER MATERIAL : COLD BIN																																																																														
<b>1. COARSE AGGREGATE (RETAINED NO 4 SIEVE)</b>																																																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CA 1"</th> <th colspan="2">MA 1/2</th> <th colspan="2">FA</th> <th colspan="2">SAND</th> </tr> <tr> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of oven dry sample in air A (Gr)</td> <td>2605</td><td>2596</td> <td>2332</td><td>2319</td> <td>1822</td><td>1562</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Weight of saturated surface dry sample in air B (Gr)</td> <td>2622</td><td>2600</td> <td>2353</td><td>2343</td> <td>1840</td><td>1577</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Weight of saturated sample in air C (Gr)</td> <td>1616</td><td>1600</td> <td>1446</td><td>1444</td> <td>1129</td><td>962.8</td> <td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>	CA 1"		MA 1/2		FA		SAND		Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Weight of oven dry sample in air A (Gr)	2605	2596	2332	2319	1822	1562			Weight of saturated surface dry sample in air B (Gr)	2622	2600	2353	2343	1840	1577			Weight of saturated sample in air C (Gr)	1616	1600	1446	1444	1129	962.8																																			
CA 1"		MA 1/2		FA		SAND																																																																								
Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2																																																																							
Weight of oven dry sample in air A (Gr)	2605	2596	2332	2319	1822	1562																																																																								
Weight of saturated surface dry sample in air B (Gr)	2622	2600	2353	2343	1840	1577																																																																								
Weight of saturated sample in air C (Gr)	1616	1600	1446	1444	1129	962.8																																																																								
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CA 1"</th> <th colspan="3">MA 1/2</th> <th colspan="3">FA</th> <th colspan="3">SAND</th> </tr> <tr> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B-C)</td> <td>2.589</td><td>2.596</td><td>2.593</td> <td>2.571</td><td>2.580</td><td>2.575</td> <td>2.563</td><td>2.543</td><td>2.553</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> </tr> <tr> <td>App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (A-C)</td> <td>2.634</td><td>2.606</td><td>2.620</td> <td>2.632</td><td>2.650</td><td>2.641</td> <td>2.629</td><td>2.607</td><td>2.618</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      B / (B-C)</td> <td>2.606</td><td>2.600</td><td>2.603</td> <td>2.594</td><td>2.606</td><td>2.600</td> <td>2.588</td><td>2.568</td><td>2.578</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Absortion (%)      (B-A)/A x 100</td> <td>0.653</td><td>0.154</td><td>0.403</td> <td>0.901</td><td>1.035</td><td>0.968</td> <td>0.988</td><td>0.960</td><td>0.974</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>	CA 1"			MA 1/2			FA			SAND			Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B-C)	2.589	2.596	2.593	2.571	2.580	2.575	2.563	2.543	2.553	0.000	0.000	0.000	App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (A-C)	2.634	2.606	2.620	2.632	2.650	2.641	2.629	2.607	2.618	0.000	0.000	0.000	Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      B / (B-C)	2.606	2.600	2.603	2.594	2.606	2.600	2.588	2.568	2.578	0.000	0.000	0.000	Absortion (%)      (B-A)/A x 100	0.653	0.154	0.403	0.901	1.035	0.968	0.988	0.960	0.974	0.000	0.000	0.000
CA 1"			MA 1/2			FA			SAND																																																																					
Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average																																																																			
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B-C)	2.589	2.596	2.593	2.571	2.580	2.575	2.563	2.543	2.553	0.000	0.000	0.000																																																																		
App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (A-C)	2.634	2.606	2.620	2.632	2.650	2.641	2.629	2.607	2.618	0.000	0.000	0.000																																																																		
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      B / (B-C)	2.606	2.600	2.603	2.594	2.606	2.600	2.588	2.568	2.578	0.000	0.000	0.000																																																																		
Absortion (%)      (B-A)/A x 100	0.653	0.154	0.403	0.901	1.035	0.968	0.988	0.960	0.974	0.000	0.000	0.000																																																																		
<b>2. FINE AGGREGATE (PASSING NO 4 SIEVE)</b>																																																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CA 1"</th> <th colspan="2">MA 1/2</th> <th colspan="2">FA</th> <th colspan="2">SAND</th> </tr> <tr> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of saturated surface dry sample in air</td> <td></td><td></td> <td>500</td><td>500</td> <td>500</td><td>500</td> <td>500</td><td>500</td> </tr> <tr> <td>Weight of oven dry sample in air A (Gr)</td> <td></td><td></td> <td>489.4</td><td>489.6</td> <td>490.6</td><td>490.5</td> <td>492.4</td><td>493.7</td> </tr> <tr> <td>Weight of picnometer filled with water B (Gr)</td> <td></td><td></td> <td>1270.3</td><td>1227</td> <td>1227</td><td>1270.3</td> <td>1226</td><td>1227</td> </tr> <tr> <td>Weight of picnometer filled with saturated water C (Gr)</td> <td></td><td></td> <td>1577.4</td><td>1535</td> <td>1532.6</td><td>1577.4</td> <td>1529.7</td><td>1530.4</td> </tr> </tbody> </table>	CA 1"		MA 1/2		FA		SAND		Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Weight of saturated surface dry sample in air			500	500	500	500	500	500	Weight of oven dry sample in air A (Gr)			489.4	489.6	490.6	490.5	492.4	493.7	Weight of picnometer filled with water B (Gr)			1270.3	1227	1227	1270.3	1226	1227	Weight of picnometer filled with saturated water C (Gr)			1577.4	1535	1532.6	1577.4	1529.7	1530.4																								
CA 1"		MA 1/2		FA		SAND																																																																								
Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2																																																																							
Weight of saturated surface dry sample in air			500	500	500	500	500	500																																																																						
Weight of oven dry sample in air A (Gr)			489.4	489.6	490.6	490.5	492.4	493.7																																																																						
Weight of picnometer filled with water B (Gr)			1270.3	1227	1227	1270.3	1226	1227																																																																						
Weight of picnometer filled with saturated water C (Gr)			1577.4	1535	1532.6	1577.4	1529.7	1530.4																																																																						
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">CA 1"</th> <th colspan="3">MA 1/2</th> <th colspan="3">FA</th> <th colspan="3">SAND</th> </tr> <tr> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> <th>Sample 1</th><th>Sample 2</th><th>Average</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+500-C)</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> <td>2.537</td><td>2.550</td><td>2.544</td> <td>2.524</td><td>2.543</td><td>2.533</td> <td>2.508</td><td>2.511</td><td>2.510</td> </tr> <tr> <td>App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+A-C)</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> <td>2.685</td><td>2.696</td><td>2.690</td> <td>2.652</td><td>2.674</td><td>2.663</td> <td>2.609</td><td>2.594</td><td>2.602</td> </tr> <tr> <td>Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      500/(B+500-C)</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> <td>2.592</td><td>2.604</td><td>2.598</td> <td>2.572</td><td>2.592</td><td>2.582</td> <td>2.547</td><td>2.543</td><td>2.545</td> </tr> <tr> <td>Absortion (%)      (500-A)/Ax100</td> <td>0.000</td><td>0.000</td><td>0.000</td> <td>2.166</td><td>2.124</td><td>2.145</td> <td>1.916</td><td>1.937</td><td>1.926</td> <td>1.543</td><td>1.276</td><td>1.410</td> </tr> </tbody> </table>	CA 1"			MA 1/2			FA			SAND			Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+500-C)	0.000	0.000	0.000	2.537	2.550	2.544	2.524	2.543	2.533	2.508	2.511	2.510	App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+A-C)	0.000	0.000	0.000	2.685	2.696	2.690	2.652	2.674	2.663	2.609	2.594	2.602	Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      500/(B+500-C)	0.000	0.000	0.000	2.592	2.604	2.598	2.572	2.592	2.582	2.547	2.543	2.545	Absortion (%)      (500-A)/Ax100	0.000	0.000	0.000	2.166	2.124	2.145	1.916	1.937	1.926	1.543	1.276	1.410
CA 1"			MA 1/2			FA			SAND																																																																					
Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average																																																																			
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+500-C)	0.000	0.000	0.000	2.537	2.550	2.544	2.524	2.543	2.533	2.508	2.511	2.510																																																																		
App Specific Gravity (Gr/cc)      A / (B+A-C)	0.000	0.000	0.000	2.685	2.696	2.690	2.652	2.674	2.663	2.609	2.594	2.602																																																																		
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)      500/(B+500-C)	0.000	0.000	0.000	2.592	2.604	2.598	2.572	2.592	2.582	2.547	2.543	2.545																																																																		
Absortion (%)      (500-A)/Ax100	0.000	0.000	0.000	2.166	2.124	2.145	1.916	1.937	1.926	1.543	1.276	1.410																																																																		
<b>3. AVERAGE SPESIFIC GRAVITY OF AGGREGAT</b>																																																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>CA 1</th><th>MA 1/2</th><th>FA + F</th><th>SAND</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)</td> <td>100.00</td><td>67.57</td><td>1.75</td> </tr> <tr> <td>Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)</td> <td>0.00</td><td>32.43</td><td>98.25</td> </tr> </tbody> </table>	CA 1	MA 1/2	FA + F	SAND	Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)	100.00	67.57	1.75	Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)	0.00	32.43	98.25																																																																
CA 1	MA 1/2	FA + F	SAND																																																																											
Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)	100.00	67.57	1.75																																																																											
Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)	0.00	32.43	98.25																																																																											
<b>4. RESULT TEST</b>																																																																														
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th><th>CA 1</th><th>MA 1/2</th><th>FA</th><th>SAND</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bulk Specific Gravity (Gr/cc)</td> <td>2.593</td><td>2.565</td><td>2.534</td><td>2.510</td> </tr> <tr> <td>App Specific Gravity (Gr/cc)</td> <td>2.620</td><td>2.657</td><td>2.662</td><td>2.602</td> </tr> <tr> <td>Ssd Specific Gravity (Gr/cc)</td> <td>2.603</td><td>2.600</td><td>2.582</td><td>2.545</td> </tr> <tr> <td>Absortion (%)</td> <td>0.403</td><td>1.350</td><td>1.910</td><td>1.410</td> </tr> </tbody> </table>		CA 1	MA 1/2	FA	SAND	Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	2.593	2.565	2.534	2.510	App Specific Gravity (Gr/cc)	2.620	2.657	2.662	2.602	Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	2.603	2.600	2.582	2.545	Absortion (%)	0.403	1.350	1.910	1.410																																																			
	CA 1	MA 1/2	FA	SAND																																																																										
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	2.593	2.565	2.534	2.510																																																																										
App Specific Gravity (Gr/cc)	2.620	2.657	2.662	2.602																																																																										
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	2.603	2.600	2.582	2.545																																																																										
Absortion (%)	0.403	1.350	1.910	1.410																																																																										
<div style="text-align: center;">  <p><b>Disetujui Oleh Quality Control Abdi Safitri</b></p> </div>																																																																														

<b>PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL</b>	<b>GRAFIK GRADASI CAMPURAN AC BINDER COURSE</b>	
---	---	--

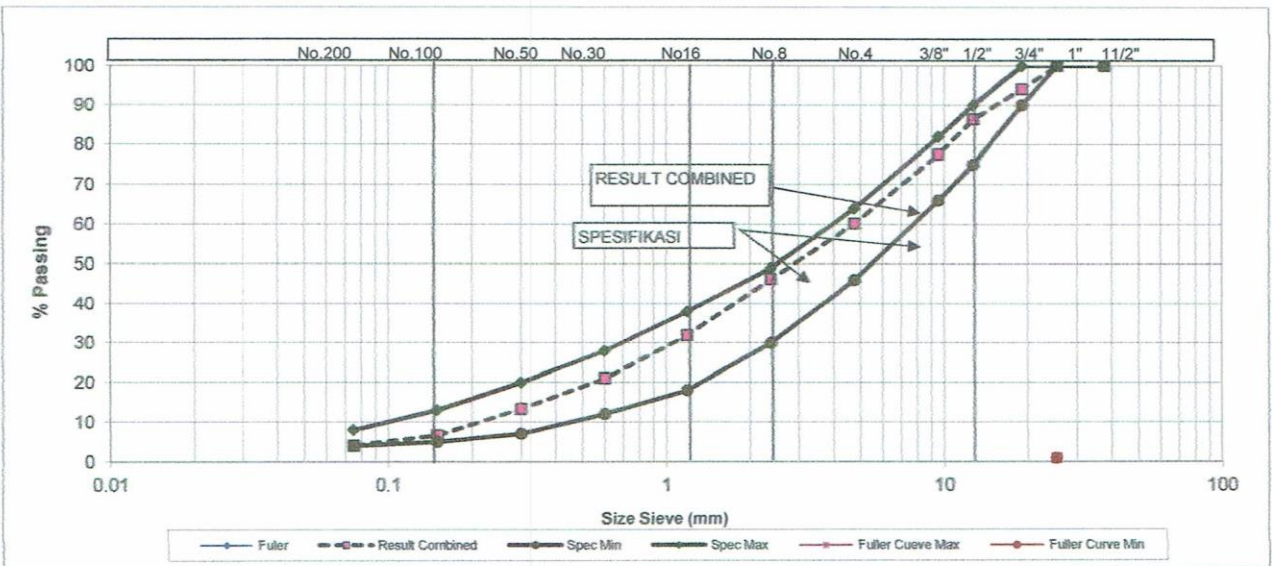
SUMBER MATERIAL : COLD BIN

UKURAN SARINGAN												
Inch	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	#100	# 200
mm	37.5	25.4	19	12.7	9.53	4.76	2.38	1.19	0.6	0.3	0.15	0.075

DATA MATERIAL												
COARSE AGREGATE 1	100.00	100.00	67.10	24.34	6.39	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MEDIUM AGREGATE 1/2"	100.00	100.00	100.00	100.00	83.57	35.46	18.33	14.33	12.27	9.27	1.19	0.22
FINE AGGREGATE	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	79.71	48.90	31.53	22.35	15.56	10.22
NATURAL SAND	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.52	84.96	48.27	16.35	2.51	1.07

KOMPOSISI CAMPURAN												
CA 1"	18	18.00	18.00	12.08	4.38	1.15	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MA 1/2	34	34.00	34.00	34.00	34.00	28.41	12.06	6.23	4.87	4.17	3.15	0.40
FA	38	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	30.29	18.58	11.98	8.49	5.91
SAND	10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.65	8.50	4.83	1.64	0.25
Total Campuran	100.00	100.00	100.00	94.08	86.38	77.56	60.13	46.18	31.95	20.98	13.28	6.57

SPEC GRADASI												
Spec Max	100	100.00	100.00	90.00	82.00	64.00	49.00	38.00	28.00	20.00	13.00	8.00
Spec Min	100	100.00	90.00	75.00	66.00	46.00	30.00	18.00	12.00	7.00	5.00	4.00



Disetujui Oleh  
 Quality Control  
  
 Abdi Safitri

L5: Pengujian Marshall Campuran Normal

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL						PERCOBAAN MARSHALL ( SNI 06-2489-1991 )						SOURCE : COLD BIN ( AC - BC )					
No./Sta	Aggregate	A.C mixes	Berat (gram)			Volume	Berat Jenis ( gm/cc)		VMA	VIM	VFA	Bacaan	Stability		Kelelahan	Marshall	K.Asphalt
	( % )	( % )	Kering	Dalam Air	Jenuh	cc	Aktual	Teoritis	( % )	( % )	( % )	arloji	Kalibrasi	Correlation	mm	Quotient	Effektif
	a	b	c	d	e	f=d-e	g=c/f	h	i	j	k	l	m	n=m*scr	o	p=n/o	q
1	95.5	4.5	1239.0	705.0	1245.0	540.0	2.294					40	967.7	861	2.52		
2			1239.4	706.0	1244.0	538.0	2.304					47	1137.1	1012	2.35		
3			1240.0	706.0	1245.0	539.0	2.301					42	1016.1	904	2.20		
<b>Rata - rata</b>							<b>2.300</b>	<b>2.439</b>	<b>14.029</b>	<b>5.70</b>	<b>59.34</b>	<b>Rata - rata</b>	<b>926</b>	<b>2.36</b>	<b>393</b>	<b>3.70</b>	
1	95.0	5.0	1239.0	706.0	1243.0	537.0	2.307					53	1282.3	1141	3.30		
2			1240.0	707.0	1245.0	538.0	2.305					47	1137.1	1012	3.40		
3			1242.4	709.0	1246.0	537.0	2.314					52	1258.1	1120	3.10		
<b>Rata - rata</b>							<b>2.309</b>	<b>2.421</b>	<b>14.145</b>	<b>4.65</b>	<b>67.13</b>	<b>Rata - rata</b>	<b>1091</b>	<b>3.27</b>	<b>334</b>	<b>4.21</b>	
1	94.5	5.5	1239.0	707.0	1242.0	535.0	2.316					56	1354.8	1260	3.45		
2			1242.0	707.0	1245.0	538.0	2.309					52	1258.1	1120	3.35		
3			1244.3	706.2	1246.0	539.8	2.305					54	1306.5	1163	3.40		
<b>Rata - rata</b>							<b>2.310</b>	<b>2.404</b>	<b>14.549</b>	<b>3.91</b>	<b>73.12</b>	<b>Rata - rata</b>	<b>1181</b>	<b>3.40</b>	<b>347</b>	<b>4.71</b>	

K.Aggregate	94.5	K.Asphalt	5.5
Bj Bulk	2.554	Bj Asphalt	1.023
Gmm	2.404	Bj.Eff Agg	2.609
Absp Aspl	0.83		

**Keterangan**

a = % Asphalt terhadap batuan

b = % Asphalt terhadap campuran

c = Berat contoh Kering ( gr )

d = Berat contoh dalam keadan jenuh

e = Berat contoh dalam Air

f = Isi Contoh ( d - e )

g = Berat Isi ( c - f )

\* GMM ditentukan dengan cara AASTHO T 209 pada kadar asphalt optimum perkiraan

$P_b = 0.035 ( \%CA ) + 0.045 ( \%FA ) + 0.18 ( \%FF ) + K$

K = 0.5 - 1 Untuk laston, 2.0 - 3.0 Untuk lataston

41.1861614

\*\* Bj, Eff Agg

$$\frac{100 - KA}{100 - \frac{KA}{Gmm}} = \frac{533773292}{35.8484285} = 2.63609882$$

h = Bj.Maksimum campuran (teoritis)

Gmm =  $\frac{100}{\frac{\% Agg + \% Asphalt}{BjEffagg + Bj.Asphalt}}$

i = % Rongga diantara Agg

$$100 - \frac{(100 - b) g}{Bj.Bulk aggregate}$$

j = Persen rongga terhadap campuran 100 - (100 g / h)

k = Persen rongga terisi Asphalt 100 - (1 - j) / i

l = Pembacaan arloji stability

m = Stabilitas ( l x kalibrasi proving ring ).( Kg )

n = Stabilitas ( ml x koreksi benda uji ).( Kg )

o = Kelelahan ( mm )

p = Hasil bagi marshall ( Kg/m )

\*\*\* Absorpsi Asphalt terhadap aggregate

$$100 \times \frac{Bj.eff - Bj.bulk}{Bj.eff \times Bj.bulk} \times Bj.Asphalt$$

q = Kadar Asphalt Efektif

$$b = \frac{Abs.Asphalt ( 100 - b )}{100}$$

Kalibrasi Prov Ring      24.19

53.337

**Disetujui Oleh**

**Quality Control**

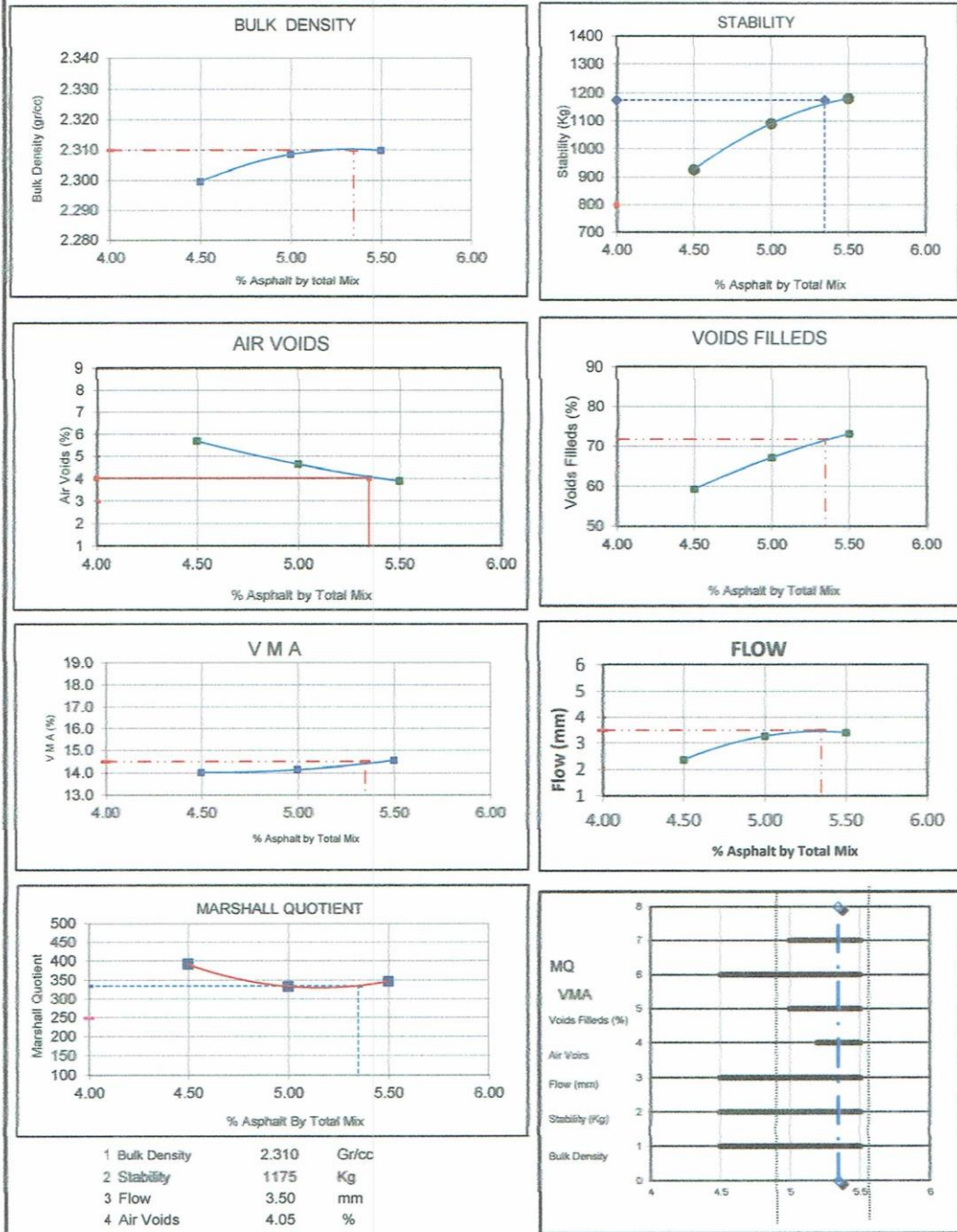
**Abdi Safitri**

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2.310	Gr/cc
2 Stability	1175	Kg
3 Flow	3.50	mm
4 Air Voids	4.05	%
5 Void Filled	71.80	%
6 VMA	14.50	%
7 M, Q	335	KG/mm
8 VIM PRD	2.90	%
9 Asphalt	5.35	%

Kadar Aspal Optimum =  $(5,2+5,5) / 2 = 5,35\%$

Disetujui Oleh  
Quality Control  
*Abdi Safitri*  
Abdi Safitri



<b>PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL</b>	<b>PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD</b>	
---	---	--

SOURCE MATERIAL : COLD BIN

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70  
 Specific Gravity of Bitument, T : 1.024  
 Calibration Ring, Ring = 24.18 kg

**Specific Gravity Aggregate**

No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2.579	2.630
b	MA	2.562	2.658
c	FA	2.544	2.676
d	SAND	2.528	2.621

Spec No	Bitument Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorption Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qountient (Kg/mm)	Agg Surface Area (m <sup>2</sup> /Kg)	Bitument Film Thickness(m)
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	1 x K / T	(100-A) / B	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T	Refer Drawing	Refer Note 6
1	4.50	2.554	2.605	2.436	1245.0	707.0	1250.0	543.0	2.293								38	854	2.50			
					1245.4	708.0	1250.7	542.7	2.295								42	975	2.30			
					1242.5	711.0	1248.0	537.0	2.314								39	905	2.80			
								2.300	0.75	3.78	8.50	86.02	5.56	14.06	60.46		911	2.53	360	5.12	7.50	
2	5.00	2.554	2.605	2.418	1245.0	710.0	1250.0	540.0	2.306								45	1044	3.20			
					1246.0	713.4	1251.0	537.6	2.318								45	1012	3.70			
					1244.0	712.8	1248.6	535.8	2.322								48	1079	3.20			
								2.315	0.75	4.29	9.70	86.11	4.28	13.98	69.40		1045	3.37	310	5.12	8.55	
3	5.50	2.554	2.605	2.401	1240.0	709.0	1246.0	537.0	2.309								55	1277	3.50			
					1243.0	706.6	1246.0	539.4	2.304								50	1160	3.40			
					1236.8	708.8	1241.8	533.0	2.320								48	1114	3.60			
								2.311	0.74	4.80	10.83	85.52	3.74	14.57	74.31		1184	3.60	338	5.12	9.61	

1.  $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
  2.  $C = \{(a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B\} / 2$
  3.  $D = 100 / \{(100-A)/C + A/T\}$
  4.  $J = 100(C-B)/(B \cdot C) \cdot T$
  5.  $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
  6.  $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0,8 then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

**MIX PROPORTION  
(% BY WT OF COMB AGGREGATE)**

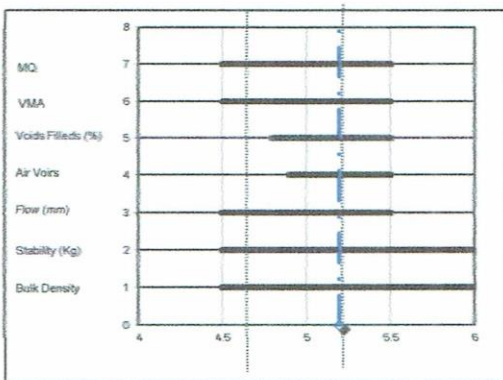
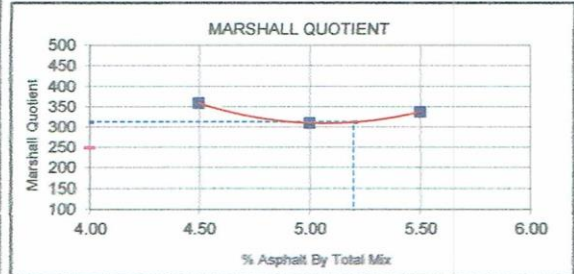
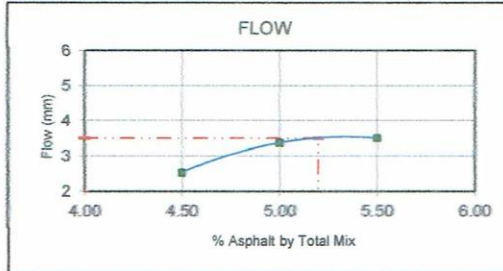
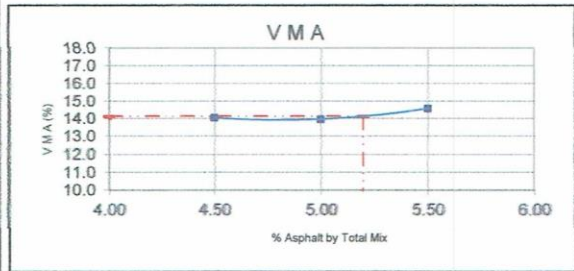
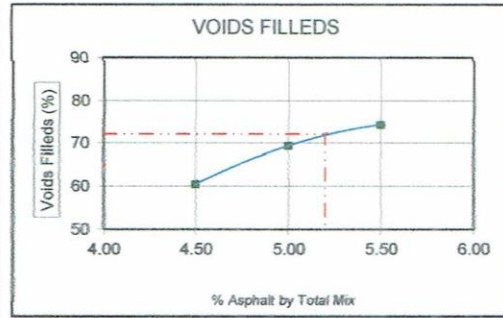
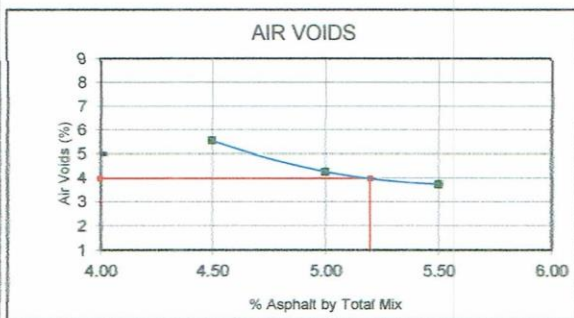
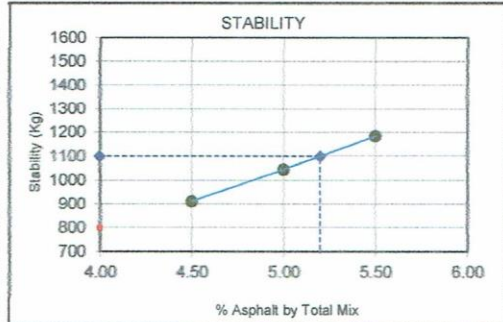
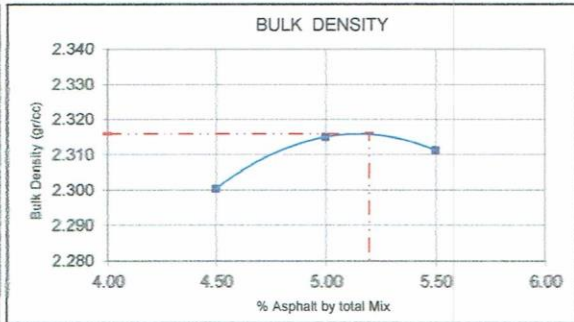
a	b	c	d	e
18	34	38	10	1.5

Disetujui Oleh  
Quality Control

Abdi Safitri

**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN




1 Bulk Density	2.316	Gr/cc
2 Stability	1100	Kg
3 Flow	3.50	mm
4 Air Voids	4.00	%
5 Void Filled	72.20	%
6 VMA	14.15	%
7 M, Q	313	KG/mm
8 Asphalt	5.20	%

Plastik 1,5%

Kadar Aspal Optimum =  $(4.9+5.5) / 2 = 5.20\%$

Disetujui Oleh  
Quality Control  
  
Abdi Safitri

L9: Pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Plastik Variasi 2%

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL					PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD																																		
					SOURCE MATERIAL : COLD BIN																																		
					Penetration Grade of Bitumen AC 60/70 Specific Gravity of Bitumen, T 1.024 Calibration Ring, Ring = 24.18 kg					<b>Specific Gravity Aggregate</b> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Aggregate</th> <th>oven dry</th> <th>app</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>CA 1</td> <td>2.579</td> <td>2.630</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>MA</td> <td>2.562</td> <td>2.658</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>FA</td> <td>2.544</td> <td>2.676</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>SAND</td> <td>2.526</td> <td>2.621</td> </tr> </tbody> </table>					No	Aggregate	oven dry	app	a	CA 1	2.579	2.630	b	MA	2.562	2.658	c	FA	2.544	2.676	d	SAND	2.526	2.621					
No	Aggregate	oven dry	app																																				
a	CA 1	2.579	2.630																																				
b	MA	2.562	2.658																																				
c	FA	2.544	2.676																																				
d	SAND	2.526	2.621																																				
Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gg Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absortion Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qountient (Kg/mm)	Agg Surface Area (m <sup>2</sup> /Kg)	Bitument Film Thickness(m)																	
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)																					
					A	B	C					D	E	F			G	H					I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V			
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	I x K / T	(100-A) / B	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T	Refer Drawing	Refer Note 6																	
1	4.50	2.554	2.605	2.436	1244.0	713.0	1256.5	543.5	2.289								37	832	2.80																				
					1230.0	703.2	1235.0	531.8	2.313								43	998	2.80																				
					1243.0	706.5	1256.0	549.5	2.262								45	1044	3.40																				
									2.288	0.75	3.78	8.45	85.55	6.07	14.52	58.18		958	3.00	319	5.12	7.49																	
2	5.00	2.554	2.605	2.418	1240.0	720.0	1258.0	538.0	2.305								47	1091	3.30																				
					1240.0	715.2	1251.0	535.8	2.314									48	1079	3.20																			
					1241.0	712.0	1252.0	540.0	2.298									51	1147	3.00																			
									2.306	0.75	4.29	9.66	85.77	4.66	14.32	67.46		1106	3.17	349	5.12	8.54																	
3	5.50	2.554	2.605	2.401	1237.0	709.0	1244.4	535.4	2.310								60	1393	3.30																				
					1238.0	711.0	1245.0	534.0	2.318									55	1277	4.20																			
					1239.0	697.0	1234.0	537.0	2.307									45	1044	3.50																			
									2.312	0.74	4.80	10.83	85.55	3.72	14.55	74.46		1238	3.67	338	5.12	9.61																	

1.  $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
  2.  $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
  3.  $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
  4.  $J = 100(C-B)/(B \cdot C) \cdot T$
  5.  $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
  6.  $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0,8 then formula shown for D shall not be used and shall de obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)				
a	b	c	d	e
18	34	38	10	2

Disetujui Oleh  
Quality Control



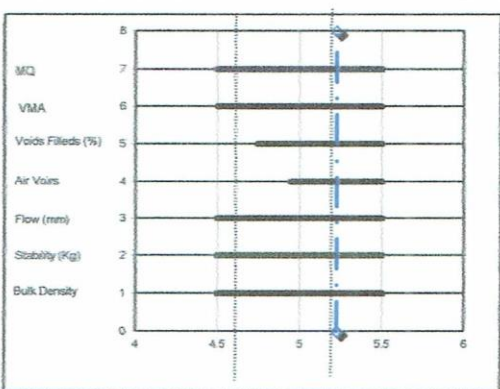
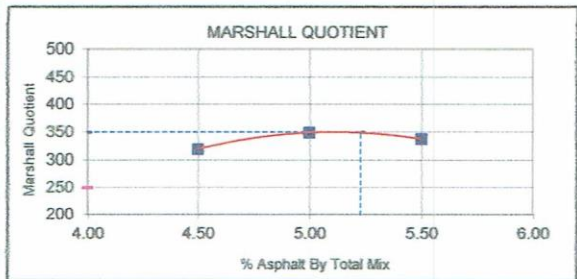
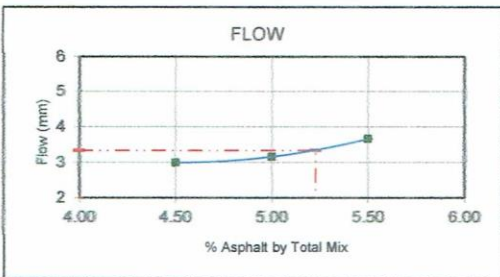
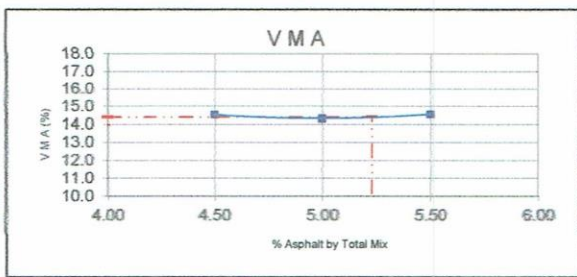
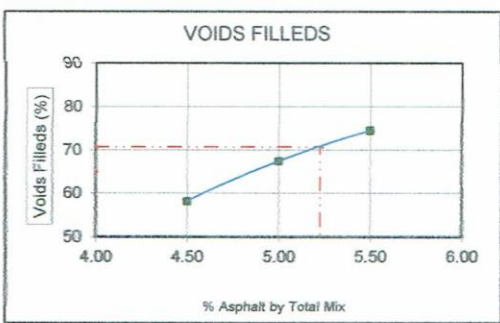
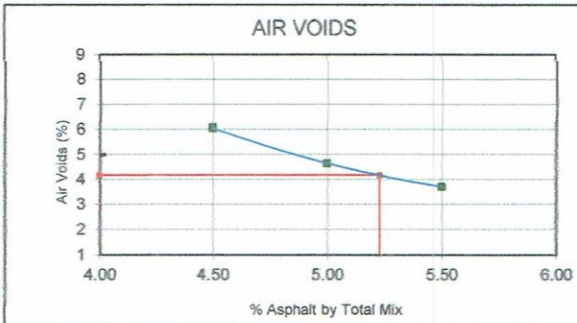
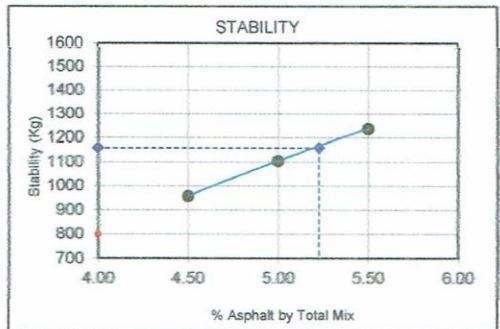
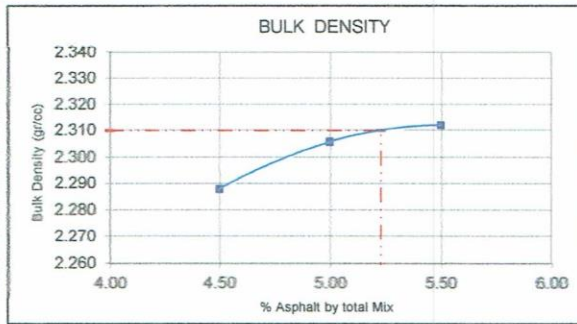
Abdi Safitri

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2.310	Gr/cc
2 Stability	1160	Kg
3 Flow	3.35	mm
4 Air Voids	4.18	%
5 Void Filled	70.80	%
6 VMA	14.40	%
7 M, Q	350	KG/mm
8 Asphalt	5.23	%

Plastik 2%

Kadar Aspal Optimum =  $(4,95+5,5) / 2 = 5,23\%$

Disetujui Oleh  
Quality Control  
*Adhi*  
Abdi Safitri

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL	<h2 style="margin: 0;">PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD</h2>	
--	--	--

SOUSE MATERIAL : COLD BIN

Penetration Grade of Bitumen AC 60/70  
 Specific Gravity of Bitumen, T : 1.024  
 Calibration Ring, Ring = 24.18 kg

**Specific Gravity Aggregate**

No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2.579	2.630
b	MA	2.562	2.658
c	FA	2.544	2.676
d	SAND	2.526	2.621

Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorbtion Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qountient (Kg/mm)	Agg Surface Area (m <sup>2</sup> /Kg)	Bitument Film Thickness(m)	
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	I x K / T	(100-A) / E	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T	Refer Drawing	Refer Note 6	
1	4.50	2.554	2.605	2.436	1247.0	708.4	1259.2	550.8	2.264								39	877	2.50				
					1240.0	710.3	1254.0	543.7	2.281								44	1021	2.30				
					1241.0	713.0	1256.0	543.0	2.285								48	1114	2.80				
									2.277	0.75	3.78	8.41	85.13	6.54	14.94	56.26		1004	2.53	396	5.12	7.49	
2	5.00	2.554	2.605	2.418	1242.0	718.7	1260.6	541.9	2.292								50	1160	3.00				
					1242.0	705.0	1252.5	547.5	2.268									47	1057	3.00			
					1240.0	711.0	1240.0	529.0	2.344									52	1169	3.20			
									2.301	0.75	4.29	9.64	85.61	4.84	14.47	66.59		1129	3.07	368	5.12	8.54	
3	5.50	2.554	2.605	2.401	1237.0	711.0	1243.5	532.5	2.323								65	1509	3.20				
					1239.4	710.0	1246.1	536.1	2.312									60	1393	3.40			
					1242.3	713.0	1256.5	543.5	2.286									50	1160	3.40			
									2.307	0.75	4.80	10.80	85.36	3.93	14.73	73.33		1354	3.33	406	5.12	9.61	

1.  $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
  2.  $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
  3.  $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
  4.  $J = 100(C-B)/(B \cdot C) \cdot T$
  5.  $K = A - (100 - A) / 100 \cdot X \cdot J$
  6.  $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0.8 then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)				
a	b	c	d	e
18	34	38	10	2.5

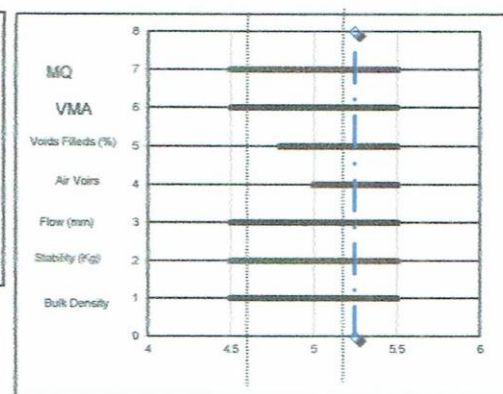
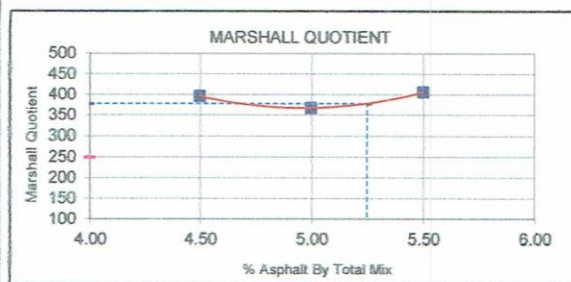
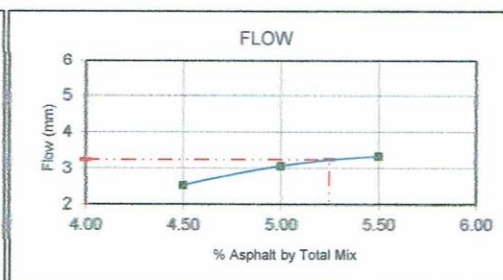
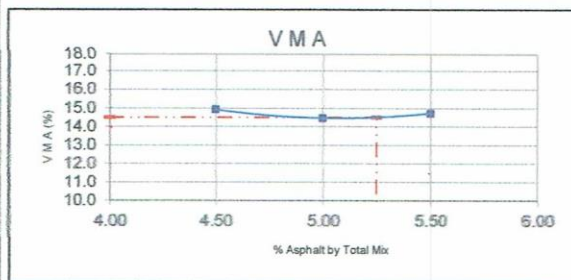
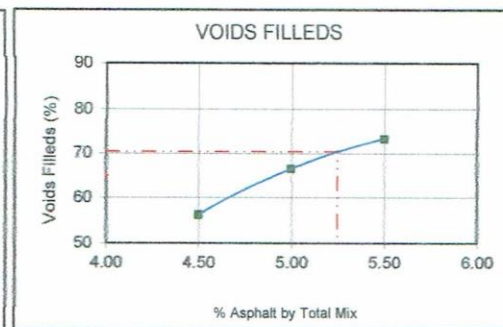
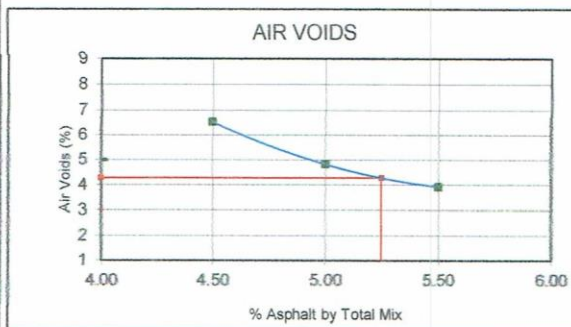
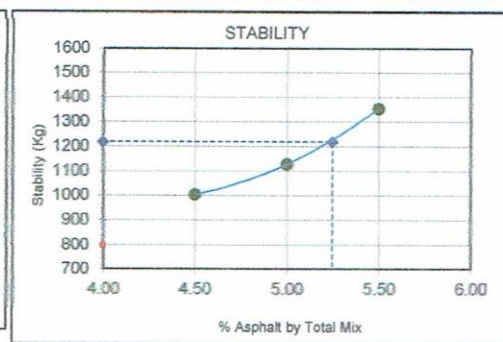
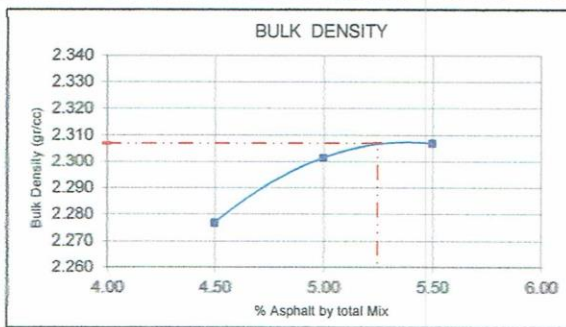


**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON AC-BC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL**



**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD  
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2.307	Gr/cc
2 Stability	1220	Kg
3 Flow	3.25	mm
4 Air Voids	4.30	%
5 Void Filleds	70.50	%
6 VMA	14.52	%
7 M, Q	378	KG/mm
8 Asphalt	5.25	%

Plastik 2,5%

Kadar Aspal Optimum =  $(5+5.5) / 2 = 5.25\%$





Gambar L.1: Aspal Penetrasi 60/70



Gambar L.2: Bahan Tambah Plastik LDPE



Gambar L.3: Agregat Kasar CA 1 inch



Gambar L.4: Agregat Kasar MA 1/2 inch





Gambar L.5: Agregat Halus FA



Gambar L.6: Agregat Halus Pasir



Gambar L.7: Proses Penyaringan Agregat



Gambar L.8: Proses Penimbangan Agregat



Gambar L.9: Proses Pencampuran Bahan Tambah Plastik LDPE pada Aspal



Gambar L.10: Proses Pencampuran Agregat dan Aspal



Gambar L.11: Pembuatan Benda Uji



Gambar L.12: Penumbukan Benda Uji



Gambar L.13: Test *Marshall*



Gambar L.14: Benda Uji

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Nila Ardiyah  
Panggilan : Nila  
Tempat, Tanggal Lahir : Subulussalam, 25 Februari 2000  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Alamat : Jl. Teuku Umar, Subulussalam Utara, Aceh  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Sofyan Brutu  
Ibu : Mini Malau  
No.HP : 083194444592  
E-Mail : [nilaardiyah28@gmail.com](mailto:nilaardiyah28@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210074  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : Teknik Sipil  
Program Studi : Teknik Sipil  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Mughtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	MIS Lae Oram	2012
2	SMP	SMPN 1 Simpang Kiri	2015
3	SMA	SMAN 1 Simpang Kiri	2018
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018 sampai selesai.		