



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

PROYEK TUGAS AKHIR - RC146599

## PENGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN ASPAL BETON ( LASTON )

Moh. Farauq Iqbal Habibi  
NRP. 1011131000066

Dosen Pembimbing  
Dr. Machsus, ST, MT.  
NIP : 197309142005011002

Dosen Pembimbing  
Ir. Rachmad Basuki, MS.  
NIP : 196411141989031001

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya



**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 146599**

# **PENGGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK LAPISAN ASPAL BETON (LASTON)**

**MOH. FARAUQ IQBAL HABIBI  
NRP 1011131000066**

**Dosen Pembimbing 1  
Dr. Machsus, ST., MT.**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Rachmad Basuki, MS.**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**FINAL PROJECT - RC 146599**

# **UTILIZATION OF WASTE PLASTIC BOTTLES IN ASPHALT CONCRETE MIXTURE**

**MOH. FARAUQ IQBAL HABIBI  
NRP 10111310000066**

**Conselor Lecturer 1  
Dr. Machsus, ST., MT.**

**Conselor Lecturer 2  
Ir. Rachmad Basuki, MS.**

**DIPLOMA PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK  
TERHADAP KARATERISTIK LAPISAN ASPAL  
BETON ( LASTON )**

**PROYEK TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Terapan  
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, 10 Januari 2018

Disusun Oleh :  
MAHASISWA



**Moh. Farauq Iqbal Habibi**


NRP. 10111510000066

26 JAN 2010

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir  
Dosen Pembimbing I  
Dosen Pembimbing II



**Dr. Mochsus, ST, MT**  
NIP : 197309142005011002



**Ir. Rachmad Basuki, MS.**  
NIP : 196411141989031001

TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 000090/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018  
 Tanggal : 1/10/2018

<b>Judul Tugas Akhir Terapan</b>	Penggunaan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Lapisan Aspal Beton (Laston)		
<b>Nama Mahasiswa</b>	Moh. Farauq Iqbal H.	<b>NRP</b>	10111310000066
<b>Dosen Pembimbing 1</b>	Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002	<b>Tanda tangan</b>	
<b>Dosen Pembimbing 2</b>	Ir. Rachmad Basuki, MS NIP 19641114 198903 1 001	<b>Tanda tangan</b>	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abstrak diperbaiki, paragraf I pengaruh lingk dimasukkan paragraf III hasil di detailkan.</li> <li>- Rincian berat campuran + plastic diungkapkan susunan keratnya.</li> </ul>	 Ir. Achmad Faiz HP, MS NIP 19630310 198903 1 004
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ penjelasan tentang sampel &amp; metode → tabel</li> <li>→ penjelasan tentang cara aspal system</li> <li>ditau: untuk apa spesifikasi lasto pada penulisan ini?</li> <li>→ Foto dan bagan</li> </ul>	 M. Khoiri, ST. MT NIP 19740626 200312 1 001
<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>-</p> <p>NIP -</p>
<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>-</p> <p>NIP -</p>

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Ir. Achmad Faiz HP, MS NIP 19630310 198903 1 004	 M. Khoiri, ST. MT NIP 19740626 200312 1 001	-	-
NIP -	NIP -	NIP -	NIP -

<b>Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan</b>	<b>Dosen Pembimbing 1</b>  Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002	<b>Dosen Pembimbing 2</b>  Ir. Rachmad Basuki, MS NIP 19641114 198903 1 001
---	---	--





**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 M. Farang Iqbal Habbibi 2  
**NRP** : 10111310000066 2  
**Judul Tugas Akhir** :

**Dosen Pembimbing** :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	27 Nov. 2017	Pada Bagan Alir perlu diuraikan parameter ( $\rho$ spesifikasi) yg ditentukan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1 Desem 2017	Grafik diperjelas. → agar lengkungan yang terlihat jelas.	<i>M/</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8 Desem 2017	Campuran plastik terhadap berat aspal.	<i>M/</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	08 Desem 2017	Densitas → dipakai sebagai parameter campuran.	<i>M/</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10 Jan. 2018	Grafik diubah dan perbandingan dengan yang dipakai menggunakan campuran tanpa kadar plastik.	<i>M/</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan judul **“Penggunaan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Lapisan Aspal Beton ( Laston )”** guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tugas akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Orang tua serta segenap keluarga yang tiada henti memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Machsus, ST., MT dan Bapak Ir. Rachmad Basuki, MS selaku dosen pembimbing
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelsaian tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunan. Semoga dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Surabaya, 05 Januari 2018

## ABSTRAK

### PENGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK TERHADAP KARATERISTIK LAPISAN ASPAL BETON ( LASTON )

Mahasiwa : Moh. Farauq Iqbal Habibi  
NRP : 10111310000066  
Dosen Pembimbing : Dr. Machsus, ST, MT.  
Ir. Rachmad Basuki, MS.

*Untuk meningkatkan perkerasan jalan di Indonesia, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, seperti kualitas agregat, metode pelaksanaan, dan kualitas aspal. Rumusan masalah pada penelitian ini mengenai limbah botol plastik yang berdampak pada lingkungan. Tujuan penggunaan PET selain mengurangi sampah botol plastik yaitu dapat memberikan pengaruh terhadap parameter marshall pada lapis aspal beton (LASTON). Metode yang digunakan dengan cara (wet process) yaitu pencampuran secara langsung material plastik (Polyethylene Terephthalate) ke dalam aspal panas sesuai dengan suhu campuran berdasarkan parameter TAIT, kemudian ditambahkan agregat. Perencanaan dan perhitungan terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan terlebih dahulu dengan syarat memenuhi kaidah atau ketentuan sesuai Spesifikasi Bina Marga Umum 2010 sebelum nantinya digunakan pada campuran aspal dengan penambahan botol plastik. Variasi persentase kadar PET yang digunakan sebesar 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7% dari berat aspal dengan penetrasi 60/70. Hasil uji Marshall untuk nilai Kadar Aspal Optimum pada penelitian ini adalah 5,7 %, . Pada campuran dengan tambahan bahan plastik hasil uji Marshall yang didapat yaitu untuk penambahan PET 3% terjadi peningkatan nilai stabilitas hingga 33% dibandingkan dengan campuran tanpa PET. Pada campuran tanpa PET*



*didapat nilai stabilitas sebesar 1401,32 kg. Sementara campuran dengan PET nilai stabilitas didapat sebesar 1868,51 kg. Flow terbesar terjadi pada campuran dengan penambahan plastik sebesar 5,6 mm, sedangkan tanpa tambahan plastik sebesar 4,7 mm. Berdasarkan parameter Void in Mix (VIM) perbandingan nilai yang didapat yaitu sebesar 4,02% dengan tambahan PET, sedangkan tanpa bahan PET 4,59%. Sedangkan nilai yang didapat pada parameter marshall quotient untuk campuran dengan tambahan PET sebesar 427,8 kg/mm, dan sebesar 371,8 kg/mm untuk campuran tanpa tambahan PET. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan campuran aspal dengan penambahan plastik mempunyai karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa tambahan plastik. Sesuai peraturan spesifikasi umum Bina Marga 2010 didapatkan, pada kadar aspal optimum 5,7% dengan kadar additive limbah botol plastik 5% merupakan komposisi yang terbaik untuk campuran aspal dengan penambahan plastik.*

*Kata kunci : Laston, limbah plastik (PET), parameter Marshall*

## UTILIZATION OF WASTE PLASTIC BOTTLE IN ASPHALT CONCRETE MIXTURE

Name of student : Moh. Farauq Iqbal Habibi  
NRP : 10111310000066  
Lecturer : Dr. Machsus, ST, MT.  
Ir. Rachmad Basuki, MS.

*This paper deals with the innovation of road construction materials by the use of polyethylene terephthalate (PET) as asphalt mixtures. The PET was obtained from waste plastic bottles. The purpose of this research is to investigate the effects of the PET on Marshall parameters on asphalt concrete pavement. The wet method is used in this research. It means that PET plastic material is directly mixed into asphalt when the asphalt is heated to the temperature according to TAIT parameter, then aggregates are added. In this research, asphalt with penetration of 60/70 is used. Its optimum content is 5.7% while PET added are 3%, 4%, 5%, 6%, and 7% of the asphalt by weight. The results show that the addition of PET plastic waste into the mixture has a significant positive effect on the Marshall parameters on asphalt concrete pavement. The addition of 3% PET increases the Marshall stability value without PET which only take 1401,32kg. While the addition by PET reach on 1868,51kg. The highest flow parameters show that the addition of PET reach till 5,6mm, and without PET just 4,7mm. Based on void in mix, the value obtained 4,02% with PET addition, without PET it only take 4,59%. While the values obtained in the parameters marshall quotient for the mixture with additional PET on 427.8 kg mm, and to 371.8 kg/mm for the mixture without additional PET. Based*

*on the results shows that the asphalt mixture with the addition of plastic has better characteristics than no additional plastic. In regulation of Bina Marga 2010 general specification obtained, at 5.7% optimum asphalt content with 5% plastic additive is the best composition for asphalt mixture with plastic addition.*

*Keyword : Waste Plastic, Polyethylene, Asphalt Concrete, Marshall Parameters*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kadar Aspal Optimum.....	4
2.2 Density.....	5
2.3 Rongga dalam Campuran ( <i>Void in Mix</i> ).....	7
2.4 Rongga Terisi Aspal ( <i>Void Filled with Asphalt</i> ).....	11
2.5 Stabilitas <i>Marshall</i> .....	15
2.6 Pelelehan ( <i>Flow</i> ).....	18
2.7 <i>Marshall Quotient</i> .....	21
2.8 Lapis Aspal Beton ( LASTON ) .....	25
2.8.1 Fungsi .....	25

	2.8.2 Design Fraction.....	26
	2.8.3 Gradasi Agregat Campuran.....	27
2.9	Plastik Secara Umum, Sifat Fisik dan Karakteristik..	32
	2.9.1 Sifat dan Karakteristik Plastik Thermoplast .....	33
	2.9.2 Model Empiris .....	34
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI.....</b>	<b>37</b>
3.1	Waktu & Tempat Penelitian .....	37
3.2	Bahan.....	37
3.3	Peralatan .....	37
3.4	Tahapan Penelitian.....	38
3.5	Tata Cara Pelaksanaan Pencampuran .....	45
3.6	Diagram alir perencanaan pencampuran aspal .....	46
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
4.1	Hasil Pengujian Material .....	51
	4.1.1 Analisa Saringan.....	51
	4.1.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat.....	55
	4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal .....	55
4.2	Hasil Perencanaan Proporsi Agregat Gabungan .....	56
	4.2.1 Cara Analitis .....	56
4.3	Perencanaan Pembuatan Benda Uji.....	59
	4.3.1 Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb) .....	60
	4.3.2 Variasi Nilai Kadar Aspal Rencana .....	63
4.4	Pengujian <i>Marshall</i> Kadar Aspal Rencana .....	65
	4.4.1 Density.....	66

4.4.2	<i>Void in Mix</i> .....	68
4.4.3	<i>Void Filled Asphalt</i> .....	70
4.4.4	<i>Void in Mineral Agregate</i> .....	72
4.4.5	<i>Flow</i> .....	74
4.4.6	Stabilitas .....	76
4.4.7	<i>Marshall Quotient</i> .....	78
4.5	Perencanaan Proporsi Kadar Plastik .....	81
4.6	Pembuatan Sampel Aspal Plastik .....	82
4.7	Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal Plastik.....	85
4.7.1	Density .....	85
4.7.2	<i>Void in Mix</i> .....	87
4.7.3	<i>Void Filled Asphalt</i> .....	89
4.7.4	<i>Void in Mineral Agregate</i> .....	91
4.7.5	<i>Flow</i> .....	92
4.7.6	Stabilitas .....	94
4.7.7	<i>Marshall Quotient</i> .....	95
4.8	Perbandingan Campuran Aspal .....	98
4.8.1	Stabilitas .....	98
4.8.2	<i>Void in Mix</i> .....	100
4.8.3	<i>Flow</i> .....	102
4.8.4	<i>Marshall Quotient</i> .....	104
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	106
5.1	Kesimpulan .....	106
5.2	Saran .....	107



Daftar Pustaka.....	108
Ringkasan Hasil dan Perkembangan Penelitian.....	110
Jadwal Pekerjaan.....	113
LAMPIRAN .....	114

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Grafik nilai density akibat pengaruh penggunaan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010).....</i>	6
Gambar 2.2	<i>Penjelasan mengenai VIM berdasarkan ilustrasi gambar .....</i>	7
Gambar 2.3	<i>Grafik kadar Void in Mix terhadap PET (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010) .....</i>	8
Gambar 2.4	<i>Hubungan antara Void in Mix dan variasi aspal plastik HDPE, (Rahmawati A. dkk, 2010) .....</i>	10
Gambar 2.5	<i>Nilai grafik flow akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016) .....</i>	11
Gambar 2.6	<i>Grafik nilai Void Filled with Asphalt, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010) .....</i>	12
Gambar 2.7	<i>Grafik nilai Void Filled with Asphalt akibat penambahan PET, (Rahmawati A. dkk, 2015) .....</i>	14
Gambar 2.8	<i>Grafik nilai VFA akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016) .....</i>	14
Gambar 2.9	<i>Grafik Stabilitas Marshall terhadap PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010) .....</i>	16
Gambar 2.10	<i>Grafik nilai Stabilitas Marshall akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016) .....</i>	17
Gambar 2.11	<i>Grafik Flow akibat penggunaan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010) .....</i>	19
Gambar 2.12	<i>Grafik nilai kelelahan (Flow) terhadap PET .....</i>	20
Gambar 2.13	<i>Grafik nilai Flow yang didapat akibat penambahan PET .....</i>	21
Gambar 2.14	<i>Grafik nilai Marshall Quotient akibat penambahan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010) ...</i>	23
Gambar 2.15	<i>Grafik nilai Marshall Quotient, (Rahmawati A. dkk, 2015) .....</i>	24

Gambar 2.16 Grafik nilai Marshall Quotient, (Prameswari P.A. dkk, 2016) .....	24
Gambar 2.17 Nomer kode plastik (UNEP, 2015) .....	33
Gambar 3.1 Bagan Alir Pekerjaan .....	47
Gambar 3.2 Alur proses pembuatan benda uji .....	49
Gambar 4.1 Gabungan 4 fraksi agregat .....	58
Gambar 4.2 Grafik hasil uji density .....	67
Gambar 4.3 Grafik hasil uji VIM .....	69
Gambar 4.4 Grafik rongga terisi aspal .....	71
Gambar 4.5 Grafik VMA pada benda uji 1 dan benda uji 2 .....	73
Gambar 4.6 Grafik hasil uji flow .....	75
Gambar 4.7 Grafik hasil uji stabilitas pada benda uji .....	77
Gambar 4.8 Grafik hasil uji marshall quotient .....	79
Gambar 4.9 Grafik density pada benda uji .....	86
Gambar 4.10 Grafik hasil uji VIM .....	88
Gambar 4.11 Grafik hasil uji VFA .....	90
Gambar 4.12 Grafik hasil uji VMA .....	91
Gambar 4.13 Grafik hasil uji flow .....	93
Gambar 4.14 Hasil uji pada stabilitas .....	94
Gambar 4.15 Grafik hasil uji pada MQ .....	96
Gambar 4.16 Grafik hasil benda uji pada parameter density dengan dan tanpa PET .....	98
Gambar 4.17 Grafik hasil uji VIM berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji .....	100
Gambar 4.18 Grafik hasil uji flow berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji tanpa dan dengan PET .....	102
Gambar 4.19 Grafik hasil uji MQ pada masing-masing benda uji .....	104

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Void in Mix untuk setiap campuran .....	9
Tabel 2.2 Nilai VFA untuk masing-masing campuran.....	13
Tabel 2.3 Nilai flow untuk masing-masing campuran .....	20
Tabel 2.4 Nilai Marshall Quotient untuk masing-masing campuran .....	23
Tabel 2.5 Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal .....	28
Tabel 2.6 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston (AC) pasal 6.3.3 .....	29
Tabel 2.7 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston yang dimodifikasi .....	30
Tabel 2.8 Ketentuan - ketentuan untuk aspal keras .....	31
Tabel 2.9 Data fisik jenis plastik.....	34
Tabel 3.1 Jumlah sampel yang akan digunakan sebagai benda uji.....	45
Tabel 3.2 Keterangan gambar bagan proses pembuatan benda uji.....	50
Tabel 4.1 Analisa saringan agregat kasar (10-10 mm) .....	52
Tabel 4.2 Analisa saringan agregat sedang (5-10mm).....	53
Tabel 4.3 Analisa saringan agregat halus (0-5mm) .....	54
Tabel 4.4 Analisa saringan Filler .....	54
Tabel 4.5 Hasil uji sifat fisik agregat.....	55
Tabel 4.6 Hasil pengujian karakteristik aspal.....	56
Tabel 4.7 Hasil gabungan (combined agregate) 4 fraksi .....	58
Tabel 4.8 Variasi campuran sampel aspal KAO 4,7% .....	63
Tabel 4.9 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,2% .....	64
Tabel 4.10 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% .....	64
Tabel 4.11 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,2% .....	65
Tabel 4.12 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,7% .....	65
Tabel 4.13 Nilai Density .....	66

Tabel 4.14 Nilai VIM .....	68
Tabel 4.15 Nilai VFA .....	70
Tabel 4.16 Nilai VMA .....	72
Tabel 4.17 Nilai flow .....	74
Tabel 4.18 Hasil bacaan stabilitas .....	76
Tabel 4.19 Hasil Marshall quotient .....	78
Tabel 4.20 Nilai kadar aspal optimum setelah uji marshall pada benda uji 1.....	80
Tabel 4.21 Nilai kadar aspal optimum setelah uji marshall pada benda uji 2.....	80
Tabel 4.22 Harga densitas plastik tiap suhu.....	82
Tabel 4.23 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 3%.....	83
Tabel 4.24 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 4%.....	84
Tabel 4.25 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 5%.....	84
Tabel 4.26 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 6%.....	84
Tabel 4.27 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 7%.....	85
Tabel 4.28 Hasil uji benda pada parameter density.....	85
Tabel 4.29 Nilai VIM berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji .....	87
Tabel 4.30 Nilai VFA dari hasil uji marshall benda uji 1 .....	89
Tabel 4.31 Nilai VMA dari hasil uji marshall pada benda uji...	91
Tabel 4.32 Hasil bacaan Flow benda uji .....	92
Tabel 4.33 Hasil bacaan Stabilitas dari benda uji .....	94
Tabel 4.34 Hasil Marshall quotient benda uji .....	95
Tabel 4.35 Hasil uji tes Marshall .....	97

# 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)

Umumnya di Indonesia, jenis-jenis lapis perkerasan lentur yang digunakan seperti LASTON (Lapis Aspal Beton), Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton/HRS), Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir), SMA (*Split Mastic Asphalt*), HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*) dan yang lainnya, dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis lapis perkerasan. Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipampatkan dalam keadaan panas dengan suhu tertentu. Kekuatan mekanik campuran ini didapat dari *internal friction* (gesekan) yang dipengaruhi oleh -sifat fisik agregat, baik bentuk butirannya maupun tekstur permukaan (kekasaran batuan) sehingga nilai stabilitasnya tinggi. (Anita Rahmawati, Maryam Rosyada, Pepi Nega, 2015)



Untuk menaikkan mutu campuran dengan cara menambahkan bahan *additive* (tambah), yaitu suatu bahan/material tambahan di luar material utama pada aspal beton yang dicampurkan bertujuan memberikan pengaruh positif di dalamnya. Penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman dapat dijumpai dengan mudah pada kehidupan sehari – hari dimana menghasilkan banyak limbah botol plastik,. Dalam penelitian ini digunakan limbah botol plastik sebagai bahan tambah pada campuran aspal, nantinya diharapkan : dapat meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton, mengetahui sifat-sifat campuran melalui karakteristik Marshall campuran tersebut yang meliputi : a.) Kerapatan campuran (*Density*); b.) Nilai persentase rongga dalam campuran (*Void In The Mix*); c.) Nilai persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*); d.) Nilai stabilitas; e.) Kelelehan (*Flow*); f.) Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*).

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan permasalahan utama diatas, maka perlu perincian masalah secara mendetail agar dapat diketahui skala prioritas dan urutan kerjanya, meliputi :

- a. Bagaimana menentukan komposisi campuran plastik terhadap kadar aspal optimum pada jenis perkerasan AC-WC ?
- b. Bagaimana mengetahui karakteristik campuran kadar plastik pada jenis perkerasan AC-WC ?
- c. Bagaimana perbandingan karakteristik jenis perkerasan AC-WC tanpa dan dengan menggunakan limbah plastik?


### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini untuk merencanakan berapa besar tambahan kadar plastik supaya kadar aspal optimum terpenuhi, dengan rincian sebagai berikut :

- a. Menentukan komposisi campuran aspal plastik terhadap kadar aspal optimum pada jenis perkerasan *AC-WC*
- b. Mengetahui karakteristik campuran kadar plastik pada jenis perkerasan *AC-WC*
- c. Membandingkan karakteristik jenis perkerasan *AC-WC* tanpa dan dengan menggunakan limbah plastik

### 1.4 BATASAN MASALAH

Pada proposal tugas akhir ini, karena keterbatasan kemampuan dan waktu pengerjaan, hanya meninjau :

- a. Jenis perkerasan berupa lapis aspal beton (Laston)
- b. Jenis botol plastik yang digunakan tipe 1 *Polyethylene Terephthalate* () dengan pabrikan *Aqua*
- c. Jenis aspal dengan penetrasi 60/70
- d. Gradasi agregat campuran
- e. Kadar penambahan plastik dengan variasi 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%
- f. Variasi kadar aspal optimum
- g. Tidak membahas kandungan unsur kimia yang terkandung dalam bahan - bahan penelitian dan reaksi kimia yang terjadi pada campuran akibat penggunaan plastik dan aspal

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kadar Aspal Optimum**

Kadar aspal yang terpakai dalam campuran dan nantinya akan dihampar di lapangan merupakan definisi dari kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum menjadi persyaratan mutlak dalam setiap campuran lapis perkerasan beraspal. Besaran kadar aspal optimum berbeda-beda, tergantung dari ciri aspal, agregat, gradasi agregat dan jenis campuran itu sendiri.

Spesifikasi umum 2010 menjelaskan dan mengatur bahwa ketentuan sifat – sifat campuran Laston (AC) harus sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Berikut sifat – sifat campuran Laston yang harus dipenuhi :

- a. Density
- b. Rongga dalam campuran (*Void in The Mix*)
- c. Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt*)
- d. Stabilitas Marshall
- e. Kelelehan (*Flow*)

Untuk kajian lebih lanjut akan dilakukan pada pembahasan berikut dengan melampirkan beberapa pembahasan, pengkajian atau penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dalam bentuk jurnal, seminar nasional , dan lain – lain.

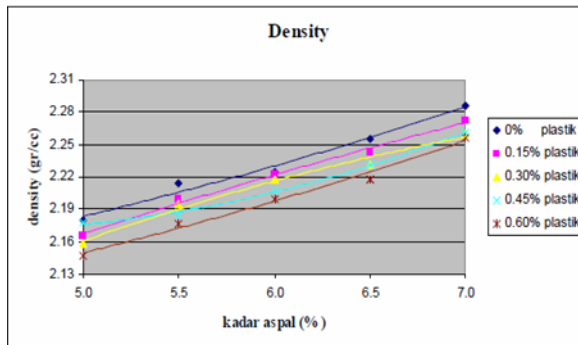
## 2.2 Density

Menurut Roberts, F.L. (1991) bahwa, jika nilai kadar aspal naik maka *density* ikut naik sampai mencapai puncak kemudian akan turun. Puncak kemampuan biasanya bersamaan dengan kadar aspal optimum dan stabilitas puncak. Hal yang utama adalah kedekatan antara kemampuan yang diperoleh di laboratorium dengan kemampuan yang diperoleh di lapangan setelah beberapa tahun dibebani oleh lalu lintas. Kemampuan yang tinggi akan menghasilkan kemampuan untuk menahan beban yang tinggi pula serta kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi

Kepadatan adalah tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Kepadatan (*density*) adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai kepadatan yaitu kadar aspal, gradasi agregat, berat jenis agregat, dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukan. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan baik mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah.

Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton (LASTON). Hasil yang didapat bahwa, nilai *density* campuran beton aspal tanpa penambahan plastik lebih tinggi daripada campuran yang menggunakan bahan tambah plastik. Hal ini disebabkan ketika dicampur dengan agregat panas pada suhu pencampuran 170°C, plastik yang ditambahkan melengkung, tetapi tidak mencair. Saat ditambahkan aspal, plastik masih

berupa serat-serat halus. Plastik ikut terselimut aspal dan mengurangi kadar aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran. Jika dilihat dari penambahan kadar aspal, nilai density semakin meningkat. Hal ini disebabkan aspal bebas dalam campuran bertambah, sehingga rongga antar agregat yang dapat terisi aspal makin bertambah dan mengakibatkan campuran menjadi lebih pampat.



**Gambar 2.1** Grafik nilai density akibat pengaruh penggunaan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

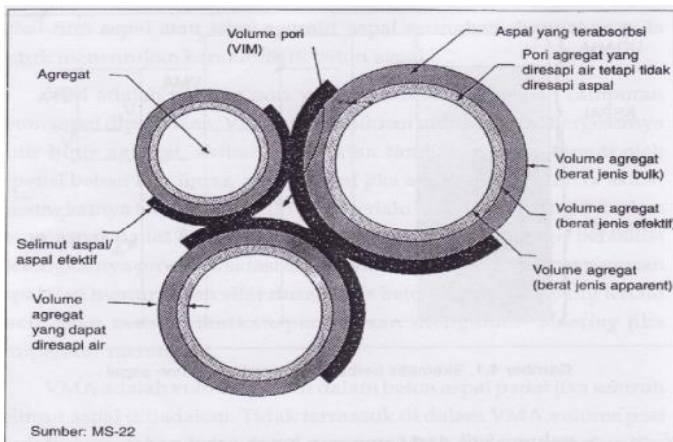
Seiring bertambahnya kadar aspal dan kadar plastik, nilai density meningkat saat kadar aspal bertambah dan menurun saat kadar plastiknya bertambah. Pada kadar aspal yang sama, semakin tinggi kadar plastik yang ditambahkan semakin sedikit rongga yang terisi oleh aspal sehingga kadar pori dalam campuran semakin tinggi, sehingga campuran dengan plastik menjadi kurang mampat daripada yang tanpa plastik. Nilai density tertinggi adalah 2,2862 pada campuran dengan kadar

aspal 7% tanpa penambahan plastik, sedangkan nilai density terendah adalah 2,1475 pada campuran dengan kadar aspal 7% dan penambahan plastik sebesar 0,60%

### 2.3 Rongga dalam Campuran (*Void in Mix*)

Rongga udara dalam campuran atau (*Void in Mix*) dalam campuran perkerasan aspal pada umumnya terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. *Void in Mix* selalu dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Untuk pengertian sekaligus penjelasan mengenai *Void in Mix* dapat diilustrasikan pada gambar berikut

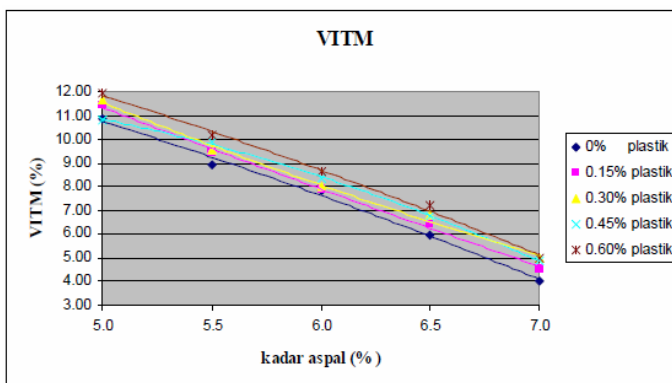
Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton (LASTON). Hasil yang didapat berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa, semakin naik kadar aspal maka nilai *Void in Mix* akan semakin menurun karena rongga antar agregat akan semakin terisi oleh aspal.



**Gambar 2.2** Penjelasan mengenai VIM berdasarkan ilustrasi gambar



Pada **Gambar 2.2** tampak bahwa semakin tinggi kadar aspal semakin kecil nilai *Void in Mix* campuran. Campuran dengan penambahan plastik menunjukkan peningkatan nilai *Void in Mix*. Semakin tinggi kadar plastik semakin tinggi pula nilai *Void in Mix*. Hal ini disebabkan kadar plastik yang ditambahkan menghalangi aspal mengisi rongga dalam campuran. Semakin banyak plastik yang digunakan, rongga yang terbentuk semakin besar. Nilai *Void in Mix* tertinggi adalah 11,9546 pada campuran dengan kadar aspal 5% dan kadar plastik 0,6% sedangkan nilai *Void in Mix* terendah adalah 4,0482 pada campuran dengan kadar aspal 7% tanpa penambahan plastik. Nilai *Void in Mix* campuran yang memenuhi persyaratan 3 – 5 % adalah campuran dengan kadar aspal 7% untuk semua variasi penambahan kadar plastik. Hal ini disebabkan pada kadar tersebut, aspal cukup banyak untuk mengisi rongga yang ada.



**Gambar 2.3** Grafik kadar *Void in Mix* terhadap PET (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati A. dkk (2015) dijelaskan bahwa adanya plastik (HDPE) pada campuran laston dapat meningkatkan nilai *Void in Mix*. Dari

perhitungan di atas, semakin bertambahnya kadar plastik HDPE yang digunakan semakin tinggi nilai *Void in Mix* yang diperoleh. Namun pada kadar tertentu nilai *Void in Mix* akan menurun, hal ini menunjukkan bahwa kadar plastik optimum yang diperlukan campuran aspal.

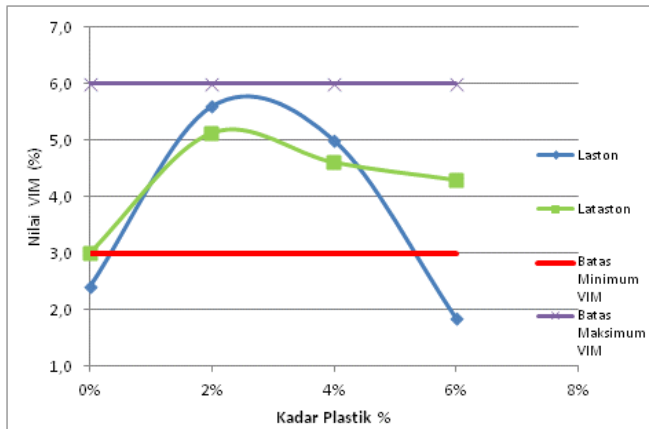
**Tabel 2.1** Nilai *Void in Mix* untuk setiap campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Void in Mix</i> (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5A	3.4	4.9	5.6	1.6
6.5B	1.4	6.3	4.4	2.1
Rata-rata	2.4	5.6	5.0	1.9

**Sumber :** *Perbandingan pengaruh penambahan High Density Polyethylene (HDPE) dalam Laston-WC dan Lataston-WC terhadap karakteristik Marshall, (Rahmawati A. dkk, 2015)*

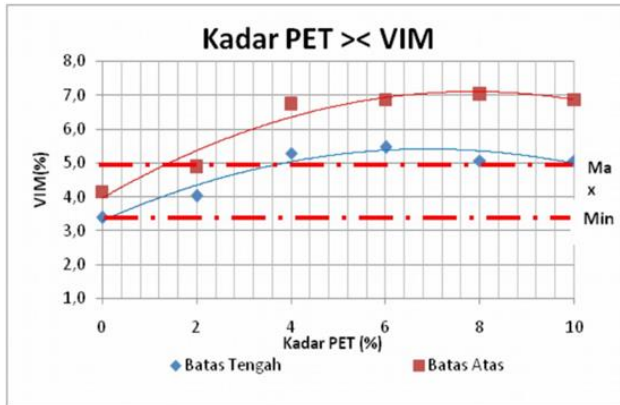
Sebagai contoh, pada kadar 6% HDPE kedua campuran mengalami penurunan. Semakin bertambahnya kadar plastik HDPE yang digunakan, maka akan semakin kental campuran aspal plastik saat dipanaskan. Hal ini menyebabkan sulitnya campuran aspal-plastik tersebut masuk ke rongga dalam campuran. Sehingga nilai *Void in Mix* yang dihasilkan akan kecil. Nilai *Void in Mix* yang kecil mengakibatkan lapisan kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi getas.

Penggunaan aspal yang cukup banyak mempengaruhi nilai *Void in Mix* yang kecil. Jika nilai *Void in Mix* kecil serta kadar aspal yang digunakan cukup tinggi, maka kemungkinan terjadinya bleeding besar.



**Gambar 2.4** Hubungan antara *Void in Mix* dan variasi aspal plastik HDPE, (Rahmawati A. dkk, 2010)

Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian mengenai Pengaruh pemanfaatan PET pada laston lapis pengikat terhadap parameter Marshall. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa menurut *Void in Mix* maka didapat kesimpulan sebagai berikut. Nilai VIM yang memenuhi standar adalah pada penambahan kadar PET 2% untuk kelompok benda uji batas tengah dan batas atas. Semakin besar persentase kadar VIM menunjukkan semakin rendah kekuatan campuran aspal tersebut.



**Gambar 2.5** Nilai grafik flow akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016)

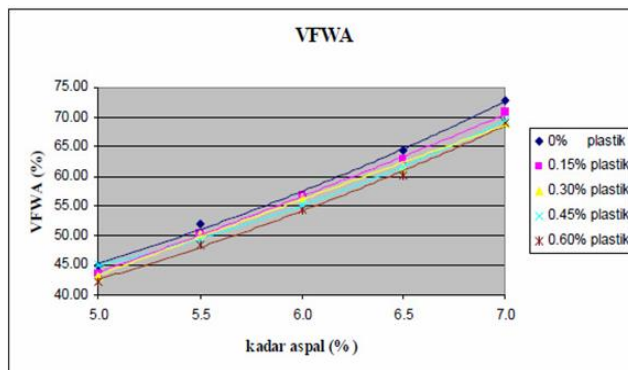
Hal ini dikarenakan rongga udara tersebut membuat lapisan aspal melemah karena rongga yang tercipta akan terisi udara ataupun air, kedua hal tersebut membuat daya rekat antar partikel agregat melemah. sehingga semakin besar rongga pada campuran akan mempendek umur campuran beraspal.

Justifikasi sementara yang dapat diambil untuk nilai Rongga Dalam Campuran (*Void in Mix*) yaitu kadar persentase yang digunakan umumnya berkisar antara 2% - 4% dengan campuran kadar aspal sebesar 7%

## 2.4 Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt*)

Penjelasan umum mengenai rongga terisi campuran beraspal / *VFA (Void in Filled with Asphalt)* adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat *Void in Mineral Agregate (VMA)* yang telah terisi aspal efektif dan dinyatakan dalam persen. (Puslitbang, 2000)

Berdasarkan Silvia Sukirman, 1999 menjelaskan bahwa rongga terisi campuran aspal adalah persen ronggga yang terdapat diantara partikel agregat *VMA* yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton (LASTON). Hasilnya berdasarkan *Void Filled with Asphalt* didapatkan bahwa seiring penambahan kadar aspal, nilai *VFA* juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan peningkatan kadar aspal yang menyebabkan rongga dalam campuran yang dapat diisi aspal juga semakin meningkat. Dilihat dari penambahan kadar plastik, nilai *VFA* semakin menurun. Hal ini disebabkan saat pencampuran plastik tidak melumer sempurna, masih berbentuk serat yang juga ikut diselimuti aspal dan mengurangi jumlah aspal yang seharusnya mengisi rongga dalam campuran.



**Gambar 2.6** Grafik nilai *Void Filled with Asphalt*, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

Nilai *VFA* tertinggi adalah 72,7744% pada campuran dengan kadar aspal 7% tanpa penambahan plastik, sedangkan nilai *VFA* terendah adalah 42,3106% pada campuran dengan kadar aspal 5% dan kadar plastik 0.6%. Nilai *VFA* yang memenuhi persyaratan minimal 65% adalah campuran dengan kadar aspal 7% untuk semua variasi penambahan kadar plastik.

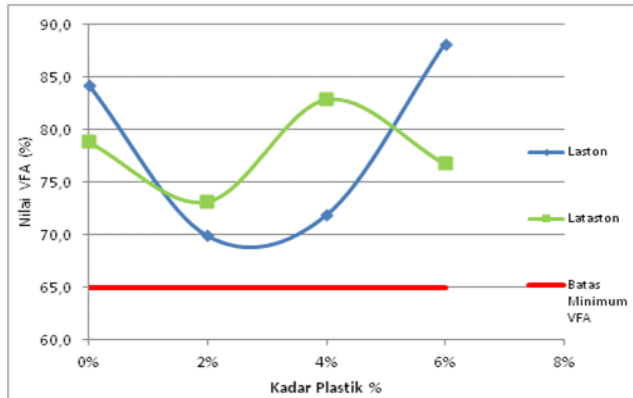
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati A. dkk (2015) dijelaskan bahwa adanya plastik (HDPE) pada campuran laston cenderung meningkatkan nilai *Void Filled with Asphalt*.

**Tabel 2.2** Nilai *VFA* untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai <i>Void Filled with Asphalt</i> (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
<b>Laston</b>				
6.5A	2.8	2.5	3.0	3.0
6.5B	3.4	2.6	3.0	3.0
Rata-rata	3.1	2.6	3.0	3.0

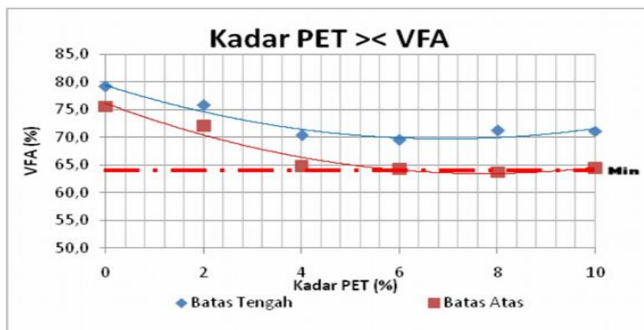
**Sumber :** *Perbandingan pengaruh penambahan High Density Polyethylene (HDPE) dalam Laston-WC dan Lataston-WC terhadap karakteristik Marshall, (Rahmawati A. dkk, 2015)*

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya kadar plastik sebagai bahan campuran aspal pada campuran Laston, akan mengakibatkan semakin mengecilnya rongga dalam campuran akibat berat jenis aspal semakin meningkat.



**Gambar 2.7** Grafik nilai Void Filled with Asphalt akibat penambahan PET, (Rahmawati A. dkk, 2015)

Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian mengenai Pengaruh pemanfaatan PET pada laston lapis pengikat terhadap VFA. Berdasarkan Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan kesimpulan bahwa nilai VFA untuk kelompok benda uji batas tengah dan kelompok .benda uji batas atas nilainya cenderung terus menurun seiring bertambahnya kadar PET.



**Gambar 2.8** Grafik nilai VFA akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016)

Sedangkan untuk syarat yang ditentukan Bina Marga tahun 2010 nilai VFA nya minimum 63%, dengan begitu batas minimum tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan. Nilai VFA akibat penambahan PET ada yang tidak memenuhi syarat spesifikasi. Nilai VFA yang semakin kecil bisa disebabkan karena plastik (PET) kurang tercampur dengan baik sehingga kurang mengisi rongga-rongga yang ada.

Justifikasi sementara yang dapat diambil untuk nilai Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt*) yaitu kadar persentase yang digunakan umumnya berkisar 2% dengan campuran kadar aspal sebesar 6% - 7%

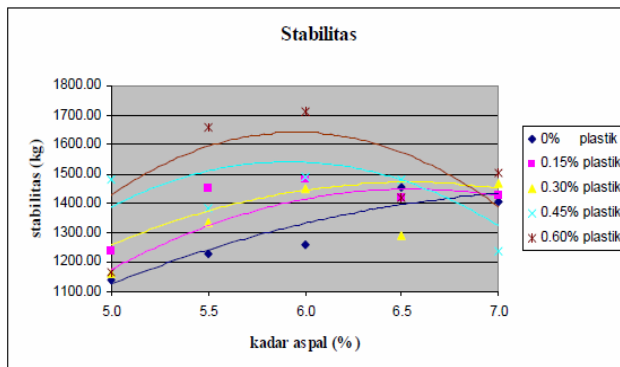
## 2.5 Stabilitas *Marshall*

Menurut Sukirman, S (1999) stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, kebutuhan akan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya, perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa seiring penambahan kadar plastik, nilai stabilitas cenderung naik pada kadar aspal 5-6%. Hal ini disebabkan plastik yang ditambahkan berbentuk serat bersudut dan agregat yang terselimuti aspal saling mengunci dengan baik. Posisi agregat tidak mudah



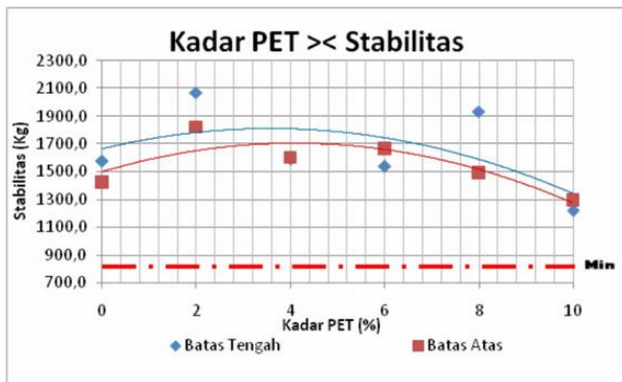
bergeser dari tempatnya ketika diberi beban, sehingga stabilitasnya meningkat



**Gambar 2.9** Grafik Stabilitas Marshall terhadap PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

Pada kadar aspal yang lebih tinggi 6,5-7%, nilai stabilitas turun daripada nilai stabilitas pada kadar aspal 6% untuk variasi kadar plastik 0,15-0,6%. Hal ini disebabkan karena viskositas menurun seiring penambahan kadar aspal. Kadar aspal yang makin tinggi menyebabkan selimut aspal menjadi semakin tebal dan campuran menjadi lebih lunak. Saat beban bertambah, aspal mudah bergeser dan menyebabkan deformasi pada campuran, sehingga nilai stabilitas campuran menjadi menurun. Nilai stabilitas tertinggi adalah 1711,8319 kg pada campuran dengan kadar aspal 6% dan kadar plastik 0,60%, sedangkan nilai stabilitas terendah adalah 1141,5983 kg pada campuran dengan kadar aspal 5% tanpa penambahan plastik. Semua nilai variasi campuran memenuhi syarat minimal stabilitas 550 kg.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian mengenai bahwa, secara keseluruhan bila dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan PET, sampel benda uji yang diberi tambahan PET dari persen kadar 2 sampai dengan 10 nilai stabilitasnya bertambah. Nilai stabilitas yang paling maksimum terdapat pada penambahan PET 2 %.



**Gambar 2.10** Grafik nilai Stabilitas Marshall akibat penambahan PET, (Prameswari P.A. dkk, 2016)

Pada **Gambar 2.10**, terlihat bentuk grafik menyerupai parabola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya.

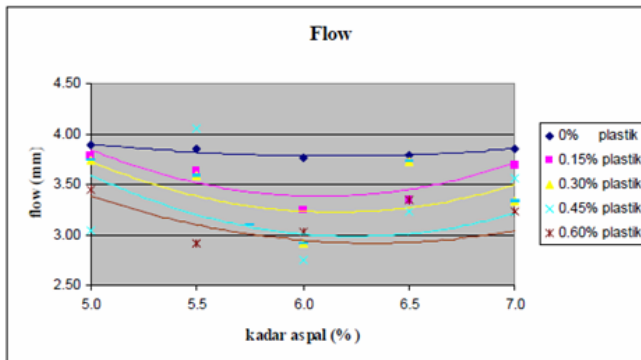
Justifikasi sementara yang dapat diambil untuk nilai stabilitas *Marshall* yaitu kadar persentase yang digunakan umumnya berkisar 2% dengan campuran kadar aspal sebesar 6% - 7%

## 2.6 Pelelehan (*Flow*)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987), *flow* adalah besarnya perubahan bentuk plastik suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dan dinyatakan dalam satuan panjang.

Menurut Roberts, F. L (1991), *flow* dalam terminologi *Marshall Test* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai pada kondisi kestabilan mulai menurun. Nilai *flow* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain kadar dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan *flow* yang terlalu rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki rongga tak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal, atau kandungan aspal yang terlalu rendah sehingga berpotensi retak dini dan durabilitas rendah.

Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan dalam penelitian ini, tampak bahwa dengan kenaikan penggunaan kadar plastik, nilai *flow* cenderung menurun pada kadar aspal 5-6%. Hal ini disebabkan viskositas aspal yang meningkat seiring penambahan kadar plastik sehingga aspal yang mengisi rongga semakin kecil, namun masih mampu mengikat agregat sehingga menyebabkan nilai *flow* turun.



**Gambar 2.11** Grafik Flow akibat penggunaan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

Pada kadar aspal 6-7% , nilai flow cenderung meningkat seiring penambahan kadar plastik. Hal ini disebabkan meningkatnya kadar aspal menyebabkan campuran semakin melunak dan meningkatkan nilai flow. Nilai flow tertinggi adalah 4,055 mm pada kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0,45% sedangkan nilai flow terendah adalah 2,755 mm pada campuran dengan kadar aspal 6% dan kadar plastik 0,45%. Pada penelitian ini nilai flow yang tidak memenuhi persyaratan 2,0-4,0 mm adalah flow pada campuran dengan kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0,45%. Secara umum, penambahan plastik membuat campuran menjadi lebih kaku. Hal ini terlihat dari nilai *flow* campuran dengan plastik lebih kecil daripada campuran tanpa plastik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati A. dkk (2015) menjelaskan bahwa penggunaan HDPE dalam campuran laston maupun laston cenderung menurunkan nilai kelelehan. Nilai kelelehan tertinggi pada campuran Laston terdapat pada campuran yang menggunakan 0%

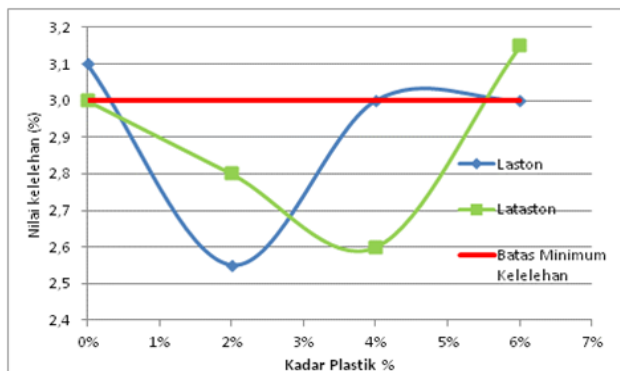
HDPE yakni sebesar 3,1 mm, sedangkan untuk laston nilai kelelahan tertinggi terjadi pada campuran yang menggunakan 6% HDPE yakni sebesar 3,2 mm.

**Tabel 2.3** Nilai flow untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai Flow (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5A	2.8	2.5	3.0	3.0
6.5B	3.4	2.6	3.0	3.0
Rata-rata	3.1	2.6	3.0	3.0

**Sumber :** Perbandingan pengaruh penambahan High Density Polyetilene (HDPE) dalam Laston-WC dan Lataston-WC terhadap karakteristik Marshall, (Rahmawati A. dkk, 2015)

Semakin bertambahnya kadar plastik kedalam campuran semakin mengurangi kelenturan campuran. Hal ini diakibatkan oleh mengerasnya aspal jika plastik tergabung ke dalam campuran.

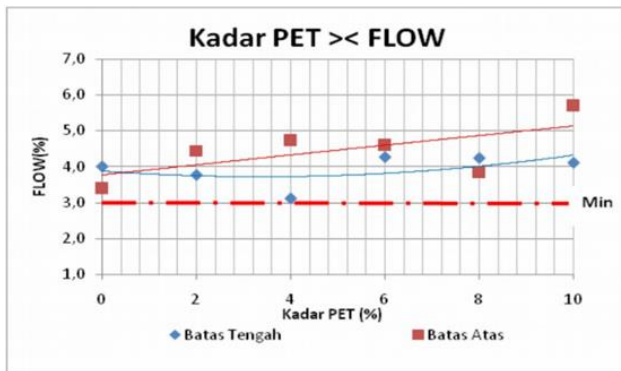


**Gambar 2.12** Grafik nilai kelelahan (Flow) terhadap PET

Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian bahwa nilai flow ada yang mengalami

peningkatan dan penurunan sesuai penggunaan kadar *PET* yang digunakan dalam campuran.

Besar nilai flow dipengaruhi oleh besar kadar rongga dalam campuran, semakin banyak rongga yang tercipta menciptakan rongga-rongga yang nantinya bisa terisi oleh udara karena tidak terisi filler ataupun aspal, sehingga ketika di uji dengan pembebanan benda uji cenderung cepat retak.



**Gambar 2.13** Grafik nilai Flow yang didapat akibat penambahan PET

Justifikasi sementara yang dapat diambil untuk nilai pelelehan (*flow*) yaitu kadar persentase yang digunakan umumnya berkisar antara 0% - 2% dengan campuran kadar aspal sebesar 6% - 7%

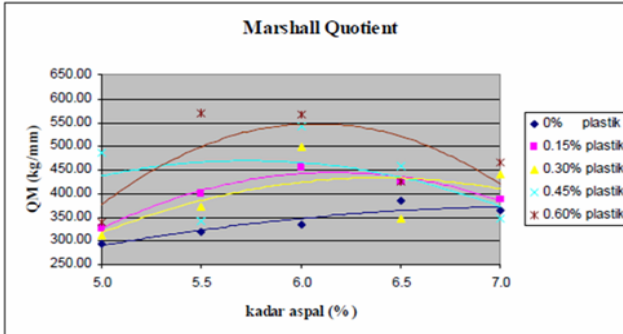
## 2.7 Marshall Quotient

Menurut Bustaman (2000) menyatakan bahwa *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran.

Nilai Marshall Quotient yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras yang tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai Marshall Quotient terlalu tinggi akan mudah terjadi retak akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Sebaliknya nilai Marshall Quotient yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel (plastis) yang mengakibatkan lapis keras akan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas. Marshall Quotient (MQ) yaitu hasil bagi stabilitas dan flow, yang digunakan sebagai indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan. Nilai Marshall Quotient dinyatakan dalam kg/mm. (Hardiyatmo, H.C, 2007).

Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah *PET* sebagai bahan tambah dinyatakan bahwa, nilai *Marshall Quotient* campuran dengan penambahan plastik cenderung lebih tinggi daripada campuran tanpa menggunakan penambahan plastik. Hal ini disebabkan karena nilai stabilitas campuran dengan plastik lebih tinggi dan nilai flownya juga lebih kecil daripada campuran tanpa plastik.

Sementara itu, spesifikasi yang disyaratkan nilai QM 200-350 kg/mm, dari hasil penelitian Marshall, nilai QM yang memenuhi persyaratan adalah campuran beton aspal pada kadar aspal 5% dengan kadar plastik 0%, 0,15%, 0,30%, 0,60%; kadar aspal 5,5% dengan kadar plastik 0%, 0,45%; kadar aspal 6% dengan kadar plastik 0%; kadar aspal 6,5% dengan kadar plastik 0,30% dan kadar aspal 7% dengan kadar plastik 0,45%.



**Gambar 2.14** Grafik nilai Marshall Quotient akibat penambahan PET, (Purnamasari P.E dan Suryaman F., 2010)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rahmwati A. (2015) didapat, penambahan HDPE pada campuran laston cenderung meningkatkan nilai *Marshall Quotient*. Nilai *MQ* tertinggi pada campuran laston dengan menggunakan 2% HDPE yaitu sebesar 944 kg/mm, sedangkan nilai *MQ* terendah terjadi pada tanpa campuran dengan 0% HDPE yaitu sebesar 573 kg/mm laston.

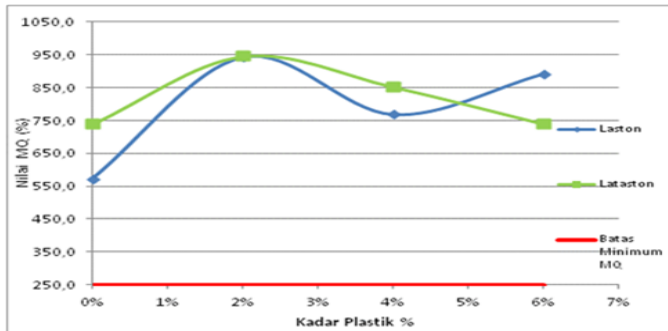
**Tabel 2.4** Nilai Marshall Quotient untuk masing-masing campuran

Kadar Aspal (%)	Nilai Marshall Quotient (%)			
	0% HDPE	2% HDPE	4% HDPE	6% HDPE
Laston				
6.5A	642.9	936.0	772.5	810.0
6.5B	503.0	952.0	765.0	975.0
Rata-rata	573.0	944.0	768.8	892.5

**Sumber :** Perbandingan pengaruh penambahan High Density Polyetilene (HDPE) dalam Laston-WC dan Lataston-WC terhadap karakteristik Marshall, (Rahmawati A. dkk, 2015)

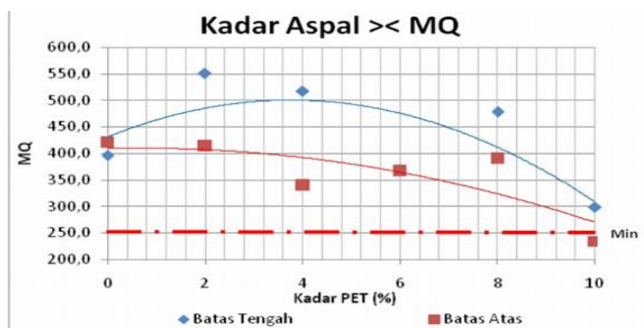


Pada grafik menunjukkan bahwa semua campuran Laston untuk berbagai variasi penggunaan HDPE memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu lebih dari 250 kg/mm. Nilai  $MQ$  cenderung semakin meningkat dengan bertambahnya penggunaan kadar plastik HDPE.



**Gambar 2.15** Grafik nilai Marshall Quotient, (Rahmawati A. dkk, 2015)

Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian dan didapatkan bahwa nilai marshall question merupakan hasil bagi antara nilai stabilitas dan juga flow.  $MQ$  merupakan angka yang menyatakan tingkat kelenturan (*flexibility*) suatu campuran.



**Gambar 2.16** Grafik nilai Marshall Quotient, (Prameswari P.A. dkk, 2016)

Semakin besar nilai MQ menunjukkan bahwa campuran aspal tersebut kurang baik karena menunjukkan campuran aspal semakin getas. Nilai MQ pada kelompok gradasi batas tengah cenderung berbentuk parabola dengan satu nilai maksimum yaitu pada kadar penambahan PET 2 %.

Justifikasi sementara yang dapat diambil untuk nilai *Marshall Quotient* yaitu kadar persentase PET yang digunakan umumnya berkisar antara 0% - 3% dengan campuran kadar aspal sebesar 6% - 7%

## **2.8 Lapis Aspal Beton ( LASTON )**

Laston menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010, yaitu memiliki sedikit rongga pada struktur agregat, dan saling mengunci satu sama lain, sehingga mempunyai sifat stabilitas tinggi dan relative kaku

### **2.8.1 Fungsi**

Berdasarkan kegunaannya (spesifikasi umum 2010, pasal 6.3.1 2c), Laston (*Asphalt concrete*) mempunyai 3 jenis campuran :

- a. Sebagai lapis aus, *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)*
- b. Sebagai lapis antara, *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*
- c. Sebagai lapis pondasi, *AC-Base (Asphalt Concrete – Base)*

## 2.8.2 Design Fraction

Untuk penggunaan fraksi pada tugas akhir ini, terdapat 3 fraksi yang digunakan yaitu :

- a. Agregat Kasar (*Coarse Agregate*)  
Berdasarkan aturan Spesifikasi umum 2010, pasal 6.3.2 2b menyatakan bahwa 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 diberikan  
Pada pasal 6.3.2 2b juga menyatakan bahwa fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan
- b. Agregat Halus (*Fine Agregate*)  
Spesifikasi umum 2010, pasal 6.3.2 3a menjelaskan bahwa agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4.75 mm) dan pada pasal 6.3.2 3b menyatakan agar fraksi agregat halus harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar

c. Filler

Dijelaskan sesuai aturan Spesifikasi umum 2010, pasal 6.3.2 4b bahwa bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan dilanjutkan pada pasal 6.3.2 4d bahwa semua campuran aspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) minimal 1% dari berat total agregat

### **2.8.3 Gradasi Agregat Campuran**

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam peraturan. Perbandingan dan rancangan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam table dibawah ini.

**Tabel 2.5** *Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal*

Ukuran Ayakan (mm)	% berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran		
	LASTON (AC)		
	WC	BC	Base
37.5			100
25		100	90-100
19	100	90-100	76-90
12.5	90-100	75-90	60-78
9.5	77-90	66-82	52-71
4.75	53-69	46-64	35-54
2.36	33-53	30-49	23-41
1.18	21-40	18-38	13-30
0.60	14-30	12-28	10-22
0.30	9-22	7-20	6-15
0.15	6-15	5-13	4-10
0.075	4-9	4-8	3-7

**Sumber :** *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3), Devisi 6, Hal 38, tabel 6.3.2.(3), Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal*

Ketentuan sifat - sifat mengenai campuran beraspal yang terdiri dari agregat, bahan pengisi, bahan aditif, dan aspal yang dikeluarkan oleh Bina Marga pada spesifikasi umum 2010, pasal 6.3.3 tentang campuran beraspal jenis laston yang juga menjadi acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

**Tabel 2.6** *Ketentuan sifat – sifat campuran Laston (AC) pasal 6.3.3*

Sifat – sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Halus	Kasar	Halus
Kadar aspal efektif (%)		5.1	4.3	4.3	5.1	4.3	4.3
Penyerapan aspal (%)	Max	1.2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3.5					
	Max	5.0					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14		13		
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63		60		
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
	Max	-				-	
Pelelehan	Min.	3				4.5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2.5					

**Sumber :** *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3), Devisi 6, Hal 44, tabel 6.3.3.(1c), Ketentuan sifat-sifat campuran Laston (AC).*

Adapun mengenai sifat - sifat campuran laston yang dimodifikasi (*Asphalt concrete – Mod*) ketentuannya diatur sebagai berikut :

**Tabel 2.7** *Ketentuan sifat – sifat campuran Laston yang dimodifikasi*

Sifat – sifat Campuran		Laston		
		Lapis Atas	Lapis Antara	Pondasi
Kadar aspal efektif (%)		4.5	4.2	4.2
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1.2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3.0		
	Maks.	5.5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250
	Maks.	-		-
Pelelehan	Min.	3		4.5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	300		350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>o</sup> C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2.5		
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min.	2500		

**Sumber :** *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3), Devisi 6, Hal 44, tabel 6.3.3.(1d), Ketentuan sifat-sifat campuran Laston yang dimodifikasi (AC Mod)*

Menurut peraturan Bina Marga 2010, pasal 6.4.2 6b, berdasarkan peraturan tersebut pada penelitian ini digunakan nilai penetrasi 60/70 yang memang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan di Indonesia.

**Tabel 2.8** *Ketentuan - ketentuan untuk aspal keras*

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi		
				A	B	C
				Asbuton yg diproses	Elastomer Alam (Latex)	Elastomer Sintetis
1.	Penetrasi pada 25 <sup>0</sup> C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	40-55	50-70	Min. 40
2.	Viskositas 135 <sup>0</sup> C (cSt)	SNI 06-6441-2000	385	385-200	≤2000	≤3000
3.	Titik Lembek (°C )	SNI 06-2434-1991	≥48	-	-	≥54
4.	Indeks Penetrasi		≥-1.0	≥-0.5	≥0.0	≥0.4
5.	Daktilitas pada 25 <sup>0</sup> C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥100	≥100	≥100	≥100
6.	Titik Nyala (°C )	SNI 06-2433-1991	≥232	≥232	≥232	≥232
7.	Kelarutan dlm Toluene (%)	ASTM D5546	≥99	≥90	≥99	≥99
8.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥1.0	≥1.0	≥1.0	≥1.0
9.	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1		≤2.2	≤2.2	≤2.2

**Sumber :** *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3), Devisi 6, Hal 39, tabel 6.3.2.(5), Ketentuan-ketentuan untuk aspal keras*



## 2.9 Plastik Secara Umum, Sifat Fisik dan Karakteristik

DAS, (2007) menjelaskan bahwa plastik adalah salah satu jenis senyawa polimer atau makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer).

DAS, (2007) berpendapat bahwa Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Plastik dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu plastik *thermoplast* dan plastik *thermoset*. *Thermoplast* yaitu plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas, meliputi *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS). Plastik *thermoset* adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi, contoh plastik *thermoset* adalah *Poly Urethane* (PU), *Urea Formaldehyde* (UF), *Melamine Formaldehyde* (MF), *polyester*, *epoksi* dan lain-lain.

1 PETE	2 HDPE	3 PVC	4 LDPE	5 PP	6 PS	7 OTHER
polyethylene terephthalate	high-density polyethylene	polyvinyl chloride	low-density polyethylene	polypropylene	polystyrene	other plastics, including acrylic, polycarbonate, polyacrylic fibers, nylon, fiberglass
soft drink bottles, mineral water, fruit juice containers and cooking oil	milk jugs, cleaning agents, laundry detergents, bleaching agents, shampoo bottles, washing and shower soaps	trays for sweets, fruit, plastic packing (bubble foil) and food foils to wrap the foodstuff	crushed bottles, shopping bags, highly-resistant sacks and most of the wrappings	furniture, consumers, luggage, toys as well as bumpers, lining and external borders of the cars	toys, hard packing, refrigerator trays, cosmetic bags, costume jewellery, audio cassettes, CD cases, vending cups	an example of one type is a polycarbonate used for CD production and baby feeding bottles

**Gambar 2.17** Nomer kode plastik (UNEP, 2015)

### 2.9.1 Sifat dan Karakteristik Plastik Thermoplast

Vasudevan, (2011) menjelaskan bahwa plastik mempunyai karakteristik fisik yang dibutuhkan sebagai pertimbangan ketika memproses berbagai produk. Dimana, karakteristik fisik setiap plastik berbeda tergantung jenis plastiknya. Tabel 2.1 menunjukkan data fisik beberapa jenis plastik.

**Tabel 2.9** *Data fisik jenis plastik*

Plastik (polimer)	Kelajuan air (%)	Temp. softening (°C)	Hasil sampling	Temp. dekomposisi (°C)	Hasil Produk	Temp. Pembakaran (°C)	Hasil Produk
PE	0	170-180	Tidak terbentuk gas	270-350	CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	>700	CO,CO <sub>2</sub>

**Sumber :** *A technique to dispose waste plastics in an ecofriendly way – Application in construction of flexible pavements, (R. Vasudaven. Dkk, 2012)*

Keterangan : a.) PE, *Polyethylene*. b.) PP, *Polypropylene*.  
c.) PS, *Polystyrene*.

### 2.9.2 Model Empiris

Persamaan ini pertama kali dikembangkan oleh *Tait* pada tahun 1888. Dengan bentuk umum dari persamaan *Tait* ini adalah

#### a. Penentuan Titik *Softening*

Mengacu pada Vasudevan (2010), bahwa besaran atau nilai untuk temperature softening jenis PET ditentukan sebesar  $T = 120$  °C. Pengertian secara umum mengenai titik softening adalah kondisi dimana plastik tersebut akan berubah bentuk. Penggunaan suhu tersebut merupakan salah satu komponen untuk susunan perhitungan nilai densitas yang nantinya merupakan hasil akhir yang dipakai sebagai acuan.

b. Volume Molar Plastik

Berdasarkan persamaan umum bentuk Tait yang dijelaskan oleh Patrick A. Rodgers pada "Pressure-Volume-Temperature Relationships for Polymeric liquids: A Review of Equations of State and Their Characteristic Parameters for 56 Polymers, bahwa untuk hubungan antara suhu dan molar dirumuskan sebagai berikut

$$V(0, T) = V_0 \exp(\alpha T),$$

$\alpha = \text{koef. ekspansi termal}$

c. Parameter *Tait*

Secara umum Parameter *Tait* merupakan nilai-nilai atau koefisien yang ditentukan guna menghitung besaran *Tait* yang diinginkan. Berdasarkan Patrick A. Rodgers, perumusan untuk Parameter *Tait* dirumuskan sebagai berikut

$$B(T) = B_0 \exp(-B T)$$

Untuk nilai ( $B_0$ ) dan ( $-B$ ) telah disajikan dalam bentuk tabel yang bertujuan untuk memudahkan perhitungan nantinya.

d. Volume pada Tekanan dan Suhu

Berdasarkan model empiris untuk menghitung nilai Volume  $V(P, T)$ , maka dikembangkan sedemikian rupa dan didapat perumusan sebagai berikut

$$V(P, T) = V(0, T) \{1 - C \ln[1 + P/B(T)]\}$$

Dimana,  $C$  adalah konstanta yang biasanya bernilai 0,0894

e. Densitas

Besaran nilai densitas didapat dari hasil bagi masa Molar terhadap Volume pada Tekanan dan Suhu  $V(P, T)$ . Untuk nilai masa Molar ditentukan variable terukur dan ditetapkan sebesar 1 gram. Artinya dalam 1 gram konsentrasi Molar plastik terdapat nilai yang telah dihtung didalam parameter *Tait*,  $V(P, T)$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana,  $m$  adalah masa Molar dan  $V$  adalah Volume Molar

## **BAB 3**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Waktu & Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan sejak 25 September 2017 sampai dengan 1 Januari 2018 dan diuji pada Laboratorium Transportasi Fakultas Vokasi, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

#### **3.2 Bahan**

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan meliputi :

- a. Limbah botol plastik merek Aqua
- b. Agregat kasar
- c. Agregat medium
- d. Agregat halus
- e. Aspal penetrasi 60/70
- f. *Filler* atau semen (*Portland cement*)

#### **3.3 Peralatan**

- a. Satu set saringan (*sieve*)  
Digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat
- b. Alat uji aspal  
Digunakan untuk pemeriksaan aspal, antara lain :
  - Alat uji penetrasi
  - Alat uji kehilangan berat
  - Alat uji daktilitas
  - Alat uji berat jenis, meliputi : piknometer dan timbangan
- c. Alat uji agregat  
Digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain :

- Mesin Los Angeles (tes abrasi)
  - Alat pengering
  - Timbangan berat, meliputi : piknometer, timbangan, dan pemanas
- d. Alat uji karakteristik *Marshall*
- Alat uji yang digunakan yaitu seperangkat alat untuk metode *Marshall* antara lain :
- Alat tekan *Marshall* yaitu kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji kapasitas (5000 lbs) yang telah dilengkapi arloji pengukur flow meter
  - Alat cetak benda uji bentuk silindir, dengan dimensi diameter 4 inc dan tinggi 3 inc
  - *Marshall automatic compactor*, untuk pemadatan campuran
  - Ejektor, untuk mengeluarkan benda uji setelah pemadatan
  - Bak perendam
  - Alat penunjang meliputi wajan penggorengan, kompor pemanas, thermometer, sendok/pengaduk, sarung tangan, kain lap, timbangan, ember, jangka sorong atau penggaris, cat atau tipe-x untuk menandai benda uji

### 3.4 Tahapan Penelitian

Mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan nantinya, tahap awal sampai akhir dijelaskan sebagai berikut :

- a. Persiapan
- Mengenai tahap persiapan yang perlu dilakukan yaitu menyiapkan bahan, alat-alat yang digunakan.

Mendatangkan dan mengecek kembali bahan dan alat yang diperlukan nantinya

b. Pengujian bahan

- Aspal pen. 60/70

Dilakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, serta kehilangan berat sesuai peraturan yang telah ada yaitu standar nasional Indonesia dan bina marga

- Agregat dan *filler*

Agregat dan *filler* sangat diperlukan sebagai bahan pengisi, meliputi agregat kasar dan agregat halus. Untuk memenuhi spesifikasi perlu dilakukan pengujian yang telah ditentukan.

c. Perencanaan campuran

Supaya memperoleh campuran yang ideal dan kemampuan yang optimal maka diperlukan perencanaan campuran yang memenuhi spesifikasi, antara lain :

- Gradasi campuran agregat yang digunakan adalah campuran *Asphalt Concrete*. Perencanaan campuran aspal AC sesuai dengan Bina Marga 2010.
- Menentukan dan menganalisa komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan Bina Marga.
- Setelah ditentukan dan didapat komposisi masing – masing agregat, dilakukan proses mengayak agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan.

d. Tahapan dalam merencanakan campuran aspal

- Menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb), sebagai berikut :



$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta}$$

Dimana,

- P<sub>b</sub> : Kadar aspal tengah atau ideal, (persen terhadap berat campuran)
- CA : Persen agregat tertahan saringan No.8
- FA : Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200
- FF : (*filler*), Persen agregat minimal 75% lolos saringan No.200
- K : Nilai konstanta (untuk nilai konstanta digunakan ± 0.5 untuk Laston)

- Jumlah sampel benda uji dibuat sebanyak 3 bagian, untuk kadar aspal optimum, campuran dengan tambahan plastik, dan tanpa tambahan plastik.
  - Siapkan benda uji *Marshall*.
  - Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (BJ Maks) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
  - Kemudian menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat, dan menghitung kebutuhan agregat setiap sampel berdasarkan persentase tertahan.
  - Mencampur agregat dengan aspal pada suhu optimum ±200°C.
- e. Pembuatan benda uji
- Menimbang agregat sesuai dengan berat persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak yang dibutuhkan dengan masing-masing variasi kadar aspal.

- Menimbang dan menyiapkan sampel benda uji untuk mencari nilai kadar aspal optimum, sampel benda uji dibuat sebanyak 5 buah sebagai benda uji pertama, dan 5 buah selanjutnya sebagai benda uji kedua dengan komposisi campuran sesuai dengan variasi yang telah ditentukan
- Menimbang dan menyiapkan sampel uji untuk kondisi campuran dengan penambahan plastik dibuat sebanyak 5 buah dengan komposisi campuran sesuai dengan variasi campuran yang telah ditentukan
- Menimbang dan menyiapkan sampel uji untuk kondisi campuran tanpa bahan plastik sebanyak 3 buah, dengan rincian 1 dari 3 benda uji tersebut nilai parameternya diambilkan dari perhitungan kadar aspal optimum yang didapat
- Memanaskan aspal untuk pencampuran menggunakan kompor pemanas, agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap terjaga (konstan) maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata. Suhu pencampuran dapat dilakukan jika agregat berada pada suhu  $\pm 155^{\circ}\text{C}$  dan suhu untuk aspal  $\pm 200^{\circ}\text{C}$ .
- Proses pemadatan berkisar antara  $135^{\circ}\text{C}$ .
- Kemudian melakukan pemadatan standar dengan alat *Marshall Automatic Compactor* dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali.
- Benda uji didiamkan supaya suhunya turun selama  $\pm 5$  jam, setelah itu benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode dengan menggunakan penanda.

- Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel kemudian ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering.
- Benda uji direndam dalam air selama  $\pm 24$  jam supaya jenuh.
- Ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.
- Kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain lap sampai permukaan kering dan didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*), kemudian ditimbang.

f. Pengujian dengan alat *Marshall*

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal sesuai SNI 06-2489-1991. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat Marshall :

- Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- Benda uji dikeluarkan dari bak perendam (*Water Bath*), letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan

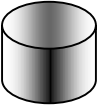
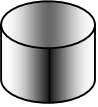
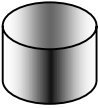
- jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas *Marshall*.
  - g. Menghitung berdasarkan parameter *Marshall*  
Setelah pengujian *Marshall* selesai serta nilai stabilitas dan flow didapat, selanjutnya menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, dan parameter lainnya sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
  - h. Penentuan kadar aspal optimum  
Merupakan proses terpenting setelah dilakukan uji *marshall*. Proses ini bertujuan agar didapat nilai kadar aspal optimum yang dapat digunakan untuk campuran aspal dengan penambahan plastik dan juga campuran tanpa bahan tambah plastik.
    - Mencatat nilai dari beberapa parameter *marshall* yang telah dilakukan uji sampel
    - Parameter *marshall* yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010
    - Menyesuaikan besaran nilai yang telah didapat sesuai dengan batasan-batasan pada peraturan
    - Mengelompokkan dan memberi batasan terhadap nilai-nilai parameter yang saling beririsan satu sama lain, meliputi stabilitas, *flow*, VIM, dan *marshall quotient*.

- Hasil bagi pada daerah irisan atau batasan yang telah terbentuk sesuai pada peraturan merupakan nilai kadar aspal optimum yang diperoleh
- i. Pengelolaan dan pembahasan hasil
- Hasil pengolahan akan diuraikan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, yaitu gambar grafik hubungan antara:
- Kadar aspal terhadap kepadatan
  - Kadar aspal terhadap VMA
  - Kadar aspal terhadap VFA
  - Kadar aspal terhadap stabilitas
  - Kadar aspal terhadap *flow*
  - Kadar aspal terhadap *Marshall Quotient* (MQ)

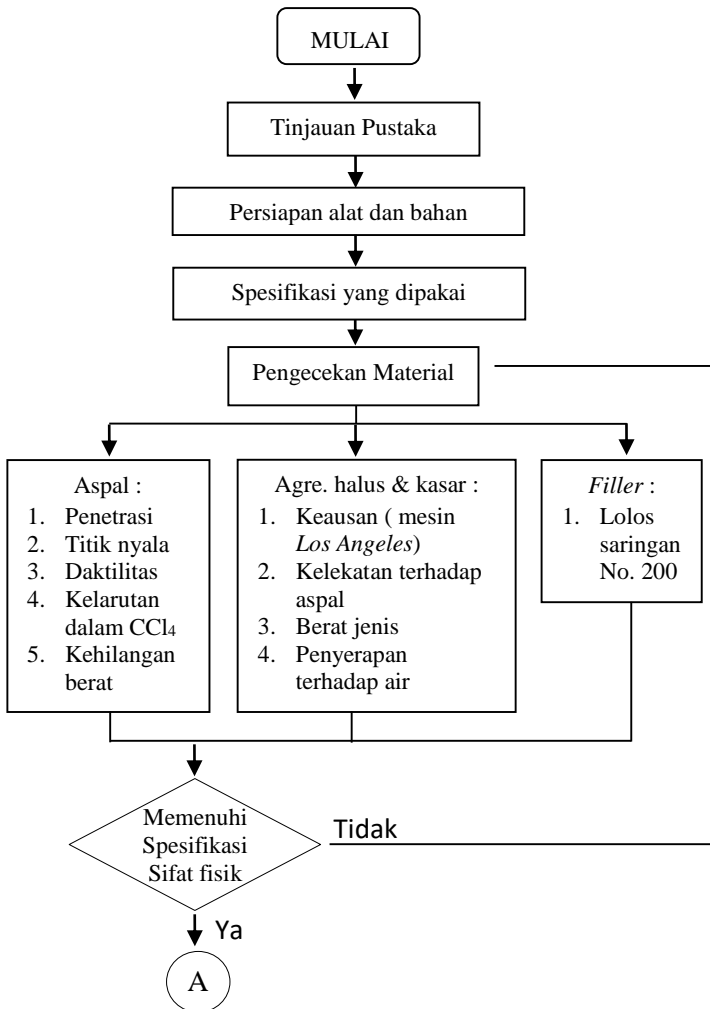
### 3.5 Tata Cara Pelaksanaan Pencampuran

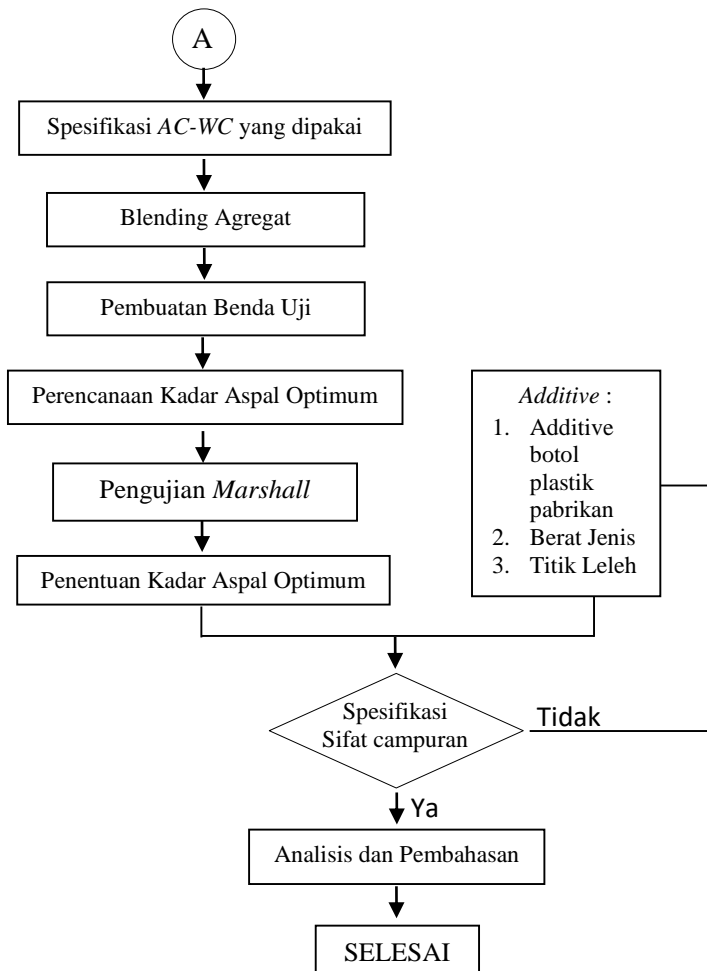
Teknik pencampuran yang digunakan yaitu: cara basah, (*wet process*), yaitu pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas pada suhu campuran sesuai parameter TAIT dan diaduk sampai homogen. Pada penelitian ini digunakan teknik pencampuran cara basah (*wet process*), dikarenakan tercampurnya lebih merata dibandingkan dengan cara kering

**Tabel 3.1** Jumlah sampel yang akan digunakan sebagai benda uji

No.	Benda Uji	Jumlah	Keterangan
<b><i>Kadar aspal optimum (KAO)</i></b>			
1.		10 sampel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kadar aspal rencana 4,2%, 5,2%, 5,7%, 6,2%, dan 7,0%</li> <li>- Setiap kadar aspal rencana dibuat sebanyak 2 benda uji</li> </ul>
<b><i>Campuran aspal tanpa penambahan PET</i></b>			
2.		2 sampel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kadar aspal optimum 5,7%</li> <li>- 2 buah sampel uji didapat dari perhitungan (KAO), dikarenakan kadar aspal yang digunakan sama dan tanpa campuran PET</li> </ul>
<b><i>Campuran aspal dengan penambahan PET</i></b>			
3.		5 sampel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kadar aspal digunakan sebesar 5,7% dengan campuran variasi plastik 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%</li> <li>- Setiap campuran aspal dengan penambahan variasi plastik yang berbeda, sesuai proporsi yang ditentukan.</li> </ul>

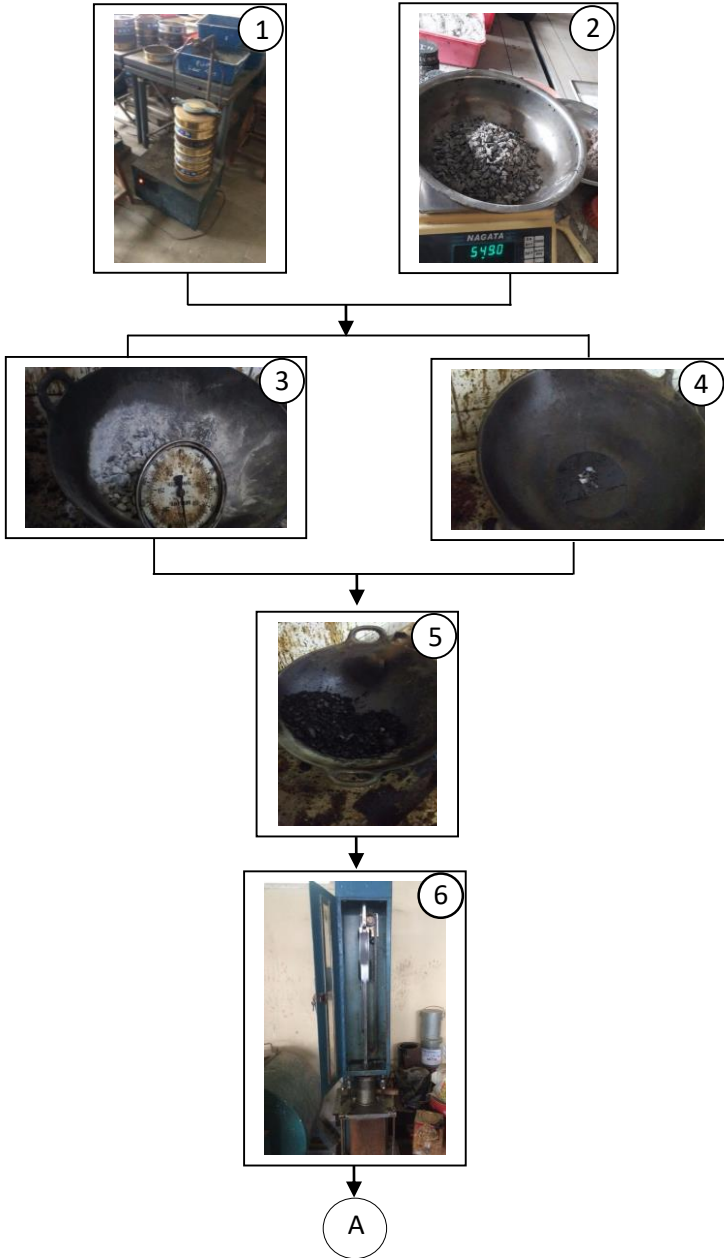
### 3.6 Diagram alir perencanaan pencampuran aspal

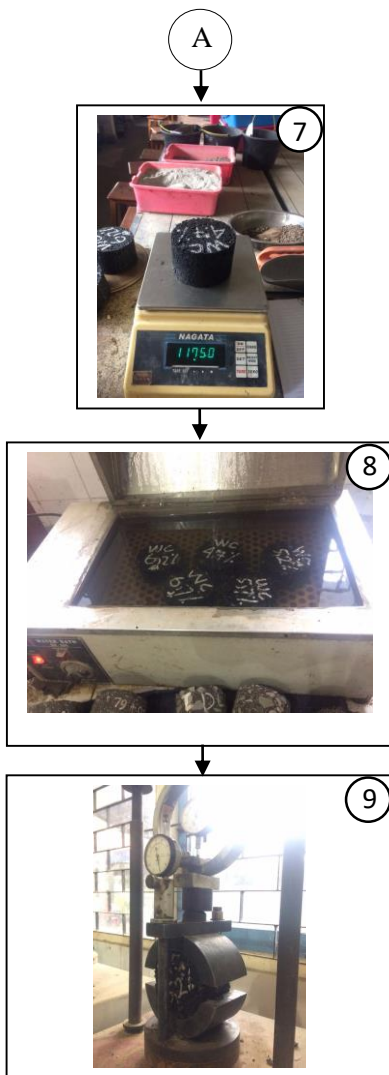




**Gambar 3.1** *Bagan Alir Pekerjaan*







**Gambar 3.2** Alur proses pembuatan benda uji

**Tabel 3.2** Keterangan gambar bagan proses pembuatan benda uji

No.	Keterangan gambar
1.	Mengayak agregat menggunakan saringan ayakan dengan bantuan <i>shieve shaker</i>
2.	Menimbang jenis agregat sesuai dengan proporsi sesuai dengan berat yang telah ditentukan untuk tiap jenis agregatnya
3.	Agregat dicampur pada wajan goring, kemudian diaduk hingga suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$
4.	Memanaskan aspal yang telah dituang sesuai berat yang telah ditentukan dengan rentang suhu $\pm 200^{\circ}\text{C}$
5.	Menggoreng atau mencampurkan agregat dengan aspal yang telah panas
6.	Melakukan proses pemadatan benda uji
7.	Benda uji yang telah terbentuk, sekaligus perlu dicatat berat benda uji tersebut
8.	Perendaman benda uji pada <i>water bath</i> selama $\pm 45$ menit dengan suhu rendaman $60^{\circ}\text{C}$
9.	Pengujian terhadap benda uji dengan tujuan mendapatkan parameter stabilitas dan <i>flow</i>

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Material

Sarana transportasi darat yang paling penting adalah jalan raya.. Sejalan dengan perkembangan teknologi, maka kebutuhan akan jalan yang memenuhi persyaratan guna meningkatkan kekuatan konstruksi sangat penting. Kekuatan konstruksi jalan sangat dipengaruhi oleh kemampuan jenis perkerasan jalan tersebut dalam menahan beban lalu lintas dan cuaca.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengujian material yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan pada acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), pengujian material yang diujikan meliputi : Sifat agregat (kasar, medium, & halus), dan pemeriksaan sifat fisik aspal pen. 60/70

##### 4.1.1 Analisa Saringan

Umumnya bertujuan untuk menentukan pembagian/gradasi butiran agregat, meliputi agregat kasar, medium, halus, dan filler. Jika gradasi agregat mempunyai ukuran yang seragam, maka terbentuk volume pori besar. Namun jika ukuran butiran bervariasi akan terbentuk volume pori kecil. Dikarenakan butiran yang ukurannya lebih kecil nantinya mengisi rongga yang

terbentuk diantara pori yang besar, dan nantinya rongga porinya akan menjadi berkurang, dengan kata lain kemampatannya bertambah rapat. Berikut tabel mengenai perencanaan analisa saringan :

**Tabel 4.1** Analisa saringan agregat kasar (10-10 mm)

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jml. Berat Tertahan (gram)	Jml. Tertahan (%)	Jml. Lolos (%)
1"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	1596,4	1596,5	71,43	28,57
3/8"	411,0	2007,5	89,92	10,18
No. 4	56,5	2064,0	92,35	7,65
No. 8	-	-	-	-
No. 16	-	-	-	-
No. 30	-	-	-	-
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Berat sampel :	2235 gram			

Pada analisa saringan agregat kasar (10-10 mm ), sebagai contoh perhitungan sebagai berikut :

Berat tertahan	:	Jumlah berat agregat yang tertahan pada saringan (gram)
Jumlah berat tertahan	:	Penjumlahan hasil pada kolom berat tertahan $0,0 + 0,0 = 0,0 \text{ gr}$ $0,0 + 1596,5 = 1596,5 \text{ gr}$ $1596,5 + 411,0 = 2007,5 \text{ gr}$ $2007,5 + 56,5 = 2064,0 \text{ gr}$
Jumlah % tertahan	:	$\frac{\text{Jumlah \% tertahan}}{\text{Berat sample total}} \times 100\%$

$$\frac{1596,5}{2235} \times 100\% = 71,43\%$$

$$\frac{2007,5}{2235} \times 100\% = 89,92\%$$

$$\frac{2064}{2235} \times 100\% = 92,35\%$$

**Tabel 4.2** Analisa saringan agregat sedang (5-10mm)

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jml. Berat Tertahan (gram)	Jml. Tertahan (%)	Jml. Lolos (%)
1"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	10,0	10,0	0,42	99,58
3/8"	30,5	40,5	1,72	98,28
No. 4	1193,0	1233,5	52,41	47,59
No. 8	916,0	2149,5	91,33	8,67
No. 16	45,0	2194,5	93,24	6,76
No. 30	5,5	2200,0	93,48	6,52
No. 50	-	-	-	-
No. 100	-	-	-	-
No. 200	-	-	-	-
Berat sampel :	2353,5 gram			

**Tabel 4.3** Analisa saringan agregat halus (0-5mm)

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jml. Berat Tertahan (gram)	Jml. Tertahan (%)	Jml. Lolos (%)
1"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	10,0	10,0	0,45	99,55
No. 4	42,5	52,5	2,35	97,65
No. 8	362,5	415,0	18,60	81,40
No. 16	877,0	1292,0	57,91	42,09
No. 30	305,0	1597,0	71,58	28,42
No. 50	152,0	1749,0	78,40	21,60
No. 100	234,0	1983,0	88,88	11,12
No. 200	75	2085,0	92,25	7,75
Berat sampel :		2231 gram		

**Tabel 4.4** Analisa saringan Filler

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jml. Berat Tertahan (gram)	Jml. Tertahan (%)	Jml. Lolos (%)
1"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 4	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 8	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 16	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 30	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 50	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 100	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 200	0,0	0,0	0,0	100,0
PAN	1450	1450	100	0
Berat sampel		= 1450 gram (semen)		

#### 4.1.2 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Hasil pengujian bahan yang digunakan pada campuran lapis aspal beton dengan pen. 60/70, berdasarkan hasil uji laboratorium didapat hasil yang dapat dilihat pada **Tabel 4.5** sebagai berikut

**Tabel 4.5** Hasil uji sifat fisik agregat

No.	Pengujian	Metode	Batas	Hasil	Ket.
Agregat kasar (10-10mm)					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	$\leq 3\%$	1,69%	memenuhi
2.	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,48%	memenuhi
3.	Keausan	SNI 03-2417-1991	$\leq 40\%$	23,65%	memenuhi
Agregat Medium (5-10mm)					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	$\leq 3\%$	1,64%	memenuhi
2.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,56%	memenuhi
Agregat Halus (0-5mm)					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	$\leq 3\%$	1,49%	memenuhi
2.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,51%	memenuhi
Filler (Semen Portland)					
1.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,70	memenuhi

#### 4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal

Hasil pengujian bahan aspal yang digunakan untuk campuran pada penelitian ini yaitu aspal AC pen. 60/70, didapat hasil sebagaimana dapat dilihat pada **Tabel 4.6** sebagai berikut



**Tabel 4.6** Hasil pengujian karakteristik aspal

No.	Pengujian	Metode	Syarat		Hasil
			Min.	Max	
1.	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60	79	70,08
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	56
3.	Titik Nyala	SNI 06-2434-1991	200	0	210
4.	Daktilitas	SNI 06-2434-1991	100	-	125
5.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	-	0,8	0,038
6.	Berat Jenis	SNI 06-2432-1991	1	-	1,029

## 4.2 Hasil Perencanaan Proporsi Agregat Gabungan

Perencanaan campuran dengan menggunakan metode Bina Marga dimulai dari kadar aspal efektif yang tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Pencampuran agregat yang tersedia dibuat menjadi beberapa variasi agar dapat memenuhi syarat berdasarkan parameter *Marshall*. Pada penelitian ini digunakan penggabungan 3 fraksi agregat dengan cara analitis yaitu penentuan komposisi berdasarkan *trial & error*.

### 4.2.1 Cara Analitis

Proses penggabungan gradasi agregat (*combined aggregate*), meliputi agregat kasar, agregat medium, agregat halus, dan *filler*. Berikut cara dan tahapan penggabungan gradasi dengan cara analitis

$$P = a.A + b.B + c.C + d.D$$

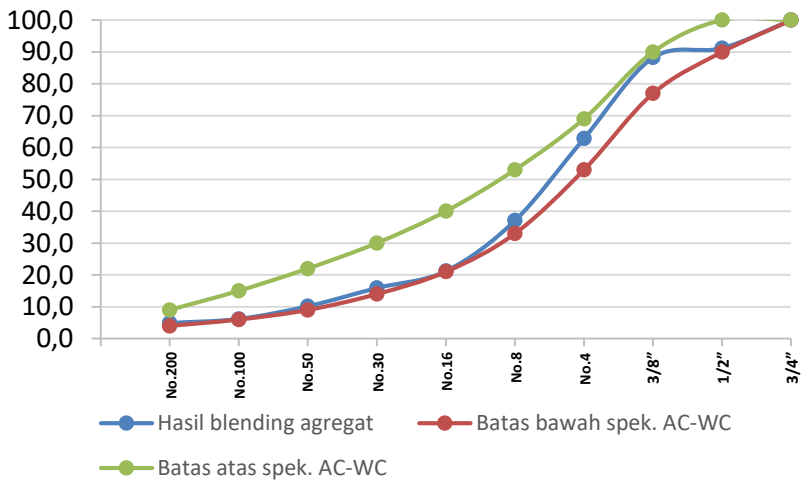
dimana ,

- P = Persen lolos saringan dengan ukuran (mm) yang diinginkan
- A = Persen lolos saringan fraksi agregat kasar ukuran  $d = \dots$  mm
- B = Persen lolos saringan fraksi agregat medium ukuran  $d = \dots$  mm
- C = Persen lolos saringan fraksi agregat halus ukuran  $d = \dots$  mm
- $d$  = Persen lolos saringan fraksi agregat *filler* ukuran  $d = \dots$  mm

Untuk prosentase nilai  $a$  ,  $b$  ,  $c$  diperoleh dari perhitungan grafis sesuai dengan spesifikasi yang diatur pada peraturan Bina Marga 2010 mengenai batas agregat campuran AC WC. Berikut tabel dan perhitungan mengenai prosentase penggabungan agregat (*combined aggregate*)

**Tabel 4.7 Hasil gabungan (combined aggregate) 4 fraksi**

NO	CA 10 - 10 mm		MA 5 - 10 mm		Abu Batu (FA) 0-5 mm		Filler		HA SIL	SPEK.
	% LOLOS	12	% LOLOS	48	% LOLOS	38	% LOLOS	2		
3/4"	100	12	100	48	100	38	100	2	100	100
1/2"	28,57	3,42	99,58	47,79	100	38	100	2	91	90-100
3/8"	10,18	1,22	98,28	47,17	99,55	37,82	100	2	88	77-90
No.4	7,65	0,91	47,59	22,84	97,65	37,10	100	2	63	53-69
No.8	0	0	8,67	4,16	81,40	30,93	100	2	37	33-53
No.16	0	0	6,76	3,24	42,09	15,99	100	2	21	21-40
No.30	0	0	6,52	3,12	28,42	10,79	100	2	16	14-30
No.50	0	0	0,00	0	21,60	8,20	100	2	10	9-22
No.100	0	0	0,00	0	11,12	4,22	100	2	6	6-15
No.200	0	0	0,00	0	7,75	2,945	100	2	5	4-9

**Gambar 4.1 Gabungan 4 fraksi agregat**

Contoh perhitungan untuk *combined aggregate* sebagai berikut :

$$\text{Agregat Kasar} : \quad : \quad \frac{\text{Jumlah \% lolos}}{100 \%} \times \% \text{kadar agregat}$$

Untuk *jumlah % lolos* diambilkan pada perhitungan *combined aggregate*

$$\frac{100}{100} \times 12\% = 12,0\%$$

$$\frac{28,57}{100} \times 12\% = 3.428\%$$

$$\frac{10,18}{100} \times 12\% = 1,22\%$$

$$\frac{7,65}{100} \times 12\% = 0,918\%$$

Begitu juga pola perhitungan pada agregat medium, agregat halus, dan *filler*

Berdasarkan perhitungan *combined aggregate* sesuai pada **tabel 4.7** dan **gambar 4.1** jelas menyatakan bahwa secara keseluruhan batasan saringan terletak di dalam spesifikasi *AC-WC*, dengan prosentase 12% untuk agregat kasar, 48% agregat sedang, 38% agregat halus, dan 2% *Filler*.

### 4.3 Perencanaan Pembuatan Benda Uji

Secara umum pengujian Marshall meliputi beberapa komponen yang telah diatur sebagai syarat dan harus dipenuhi berdasarkan peraturan yang ada. Meliputi persiapan benda uji, penentuan densitas, nilai stabilitas, flow, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Jumlah benda uji
- b. Kadar aspal rencana
- c. Agregat yang digunakan
- d. Temperatur campuran
- e. Pemasakan benda uji

#### 4.3.1 Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) telah diatur pada peraturan Bina Marga 2010 sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

- a. Fraksi desain butiran agregat

Penentuan fraksi butiran agregat ditentukan sebagai rencana akan kebutuhan agregat yang digunakan, meliputi agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus. Berikut penjelasan perhitungan mengenai fraksi desain butiran agregat

##### 1. Variasi komposisi gradasi agregat gabungan (no. 8)

$$FA = \sum \left( \% \text{ lolos ayakan no. 8} \times \frac{\% CA}{100} \right)$$

dimana ,

% CA = prosentase agregat yang telah ditentukan sesuai perhitungan *combined agregat*

$$\text{sedang} = \left( \% \text{ lolos ayakan no. 8} \times \frac{\% CA}{100} \right)$$

$$= 8,7 \times \frac{48}{100}$$

$$= 4,176$$

$$\text{halus} = \left( \% \text{ lolos ayakan no. 8} \times \frac{\% CA}{100} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 81,4 \times \frac{38}{100} \\
 &= 30,932 \\
 \text{filler} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no. 8} \times \frac{\% \text{ CA}}{100} \right) \\
 &= 100 \times \frac{2}{100} \\
 &= 2,00 \\
 \text{maka ,} \\
 \text{FA} &= (4,176 + 30,932 + 2,00) \\
 &= 37,09 \%
 \end{aligned}$$

## 2. Variasi komposisi gradasi agr. gabungan (no. 200)

$$\begin{aligned}
 \text{FA} &= \sum \left( \% \text{ lolos ayakan no. 200} \times \frac{\% \text{ CA}}{100} \right) \\
 \text{halus} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no. 200} \times \frac{\% \text{ CA}}{100} \right) \\
 &= 7,75 \times \frac{38}{100} \\
 &= 2,945 \\
 \text{filler} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no. 200} \times \frac{\% \text{ CA}}{100} \right) \\
 &= 100 \times \frac{2}{100} \\
 &= 2,00 \\
 \text{maka ,} \\
 \text{FA} &= (2,945 + 2,00) \\
 &= 4,945 \%
 \end{aligned}$$

Nilai fraksi butiran didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{kasar} &= 100 - 37,09 \% \\
 &= 62,91 \% \\
 \text{sedang} &= 37,09 - 4,95 \% \\
 &= 32,15 \% \\
 \text{halus} &= 4,95 \% \\
 \text{total} &= \mathbf{62,91 + 32,15 + 4,95 = 100 \%}
 \end{aligned}$$

Perkiraan aspal terpakai secara gradasi :

$$\begin{aligned}
 \text{Pb} &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) \\
 &\quad + \text{Konstanta} \\
 &= (0,035 \times 62,91) + (0,045 \times 32,15) + \\
 &\quad (0,18 \times 2) + 0,5 \\
 &= 5,04 \%
 \end{aligned}$$

b. Fraksi desain butiran campuran

Penentuan fraksi butiran campuran ditentukan sebagai rencana akan kebutuhan campuran agregat yang digunakan. Berikut penjelasan perhitungan mengenai fraksi desain butiran agregat

Nilai fraksi butiran didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{kasar} &= 62,91 \times \left( \frac{100-5,04}{100} \right) \% \\
 &= 59,74 \% \\
 \text{sedang} &= 32,15 \times \left( \frac{100-5,04}{100} \right) \% \\
 &= 30,53 \% \\
 \text{halus} &= 4,95 \times \left( \frac{100-5,04}{100} \right) \% \\
 &= 4,70 \% \\
 \text{total} &= 59,74 + 30,53 + 4,70 = 94,70 \%
 \end{aligned}$$

Maka nilai fraksi desain butiran campuran didapat sebesar

$$\text{total} = 94,70 + 5,04 = 100 \%$$

c. Perkiraan awal penyerapan aspal

Untuk menentukan nilai awal penyerapan aspal, dilakukan perhitungan nilai penyerapan air untuk setiap jenis agregat

$$\begin{aligned}
 \text{Agr. Kasar} &= 0,12 \times 1,696 = 0,204 \\
 \text{Agr. Sedang} &= 0,48 \times 1,642 = 0,788 \\
 \text{Agr. Sedang} &= 0,38 \times 1,497 = 0,569 \\
 \text{total} &= 1,561
 \end{aligned}$$

Maka, nilai penyerapan aspal didapat sebesar

$$\begin{aligned} \text{Penye. Aspal} &= \textit{kons} \times 1,561 \\ &= 0,45 \times 1,561 \\ &= 0,702 \end{aligned}$$

$$\text{Kadar aspal} = 0,702 + 5,04 = 5,07 \%$$

#### 4.3.2 Variasi Nilai Kadar Aspal Rencana

Untuk menentukan kadar aspal yang akan dijadikan sebagai rencana dasar, terlebih dahulu dilakukan perhitungan mengenai besaran proporsi untuk masing – masing material bahan uji sampel aspal. Seperti berat aspal dan jenis agregat dengan total berat 1200 gram untuk tiap sampel, berikut perhitungan mengenai proporsi campuran bahan

**Tabel 4.8** Variasi campuran sampel aspal KAO  
4,7%

Kadar aspal optimum	:	4,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat kadar aspal	:	56,40	gr
Berat Filler	2%	434,57	gr
Berat Agr. Halus	38%	548,93	gr
Berat Agr. Sedang	48%	137,23	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,87	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

Berikut penjelasan mengenai perhitungan variasi campuran KAO



$$\begin{aligned} \text{Berat kadar aspal} & : \frac{\%KAO}{100\%} \times \text{berat sample} \\ & \frac{4,70}{100} \times 1200 = 56,40 \text{ gr} \\ \text{Berat filler} & : 1200 - 56,40 = 1143,60 \text{ gr} \\ & \frac{2}{100\%} \times 1143,60 = 434,57 \text{ gr} \\ \text{Berat Agr. Halus} & : \frac{38}{100\%} \times 1143,60 = 548,93 \text{ gr} \\ \text{Berat Agr. Sedang} & : \frac{48}{100\%} \times 1143,60 = 137,23 \text{ gr} \\ \text{Berat Agr. Kasar} & : \frac{12}{100\%} \times 1143,60 = 22,87 \text{ gr} \end{aligned}$$

**Tabel 4.9** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,2%

Kadar aspal optimum	:	5,20	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat kadar aspal	:	62,40	gr
Berat Filler	2%	432,29	gr
Berat Agr. Halus	38%	546,04	gr
Berat Agr. Sedang	48%	136,51	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,75	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.10** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat kadar aspal	:	68,40	gr
Berat Filler	2%	430,01	gr
Berat Agr. Halus	38%	543,16	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,79	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,63	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.11** Variasi campuran sampel aspal KAO 6,2%

Kadar aspal optimum	:	6,20	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat kadar aspal	:	74,40	gr
Berat Filler	2%	427,73	gr
Berat Agr. Halus	38%	540,28	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,07	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,51	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.12** Variasi campuran sampel aspal KAO 6,7%

Kadar aspal optimum	:	6,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat kadar aspal	:	80,40	gr
Berat Filler	2%	425,45	gr
Berat Agr. Halus	38%	537,41	gr
Berat Agr. Sedang	48%	134,35	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,39	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

#### 4.4 Pengujian *Marshall* Kadar Aspal Rencana

Agar didapat hasil kadar optimum sesuai dengan perhitungan yang telah direncanakan, maka diperlukan untuk melakukan tes marshall berdasarkan parameter yang telah ditentukan pada masing-masing benda uji. Pada penelitian ini sampel benda uji untuk mencari nilai kadar aspal optimum dibuat sebanyak 2 sampel sebagai berikut :

#### 4.4.1 Density

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai stabilitas sebagai berikut

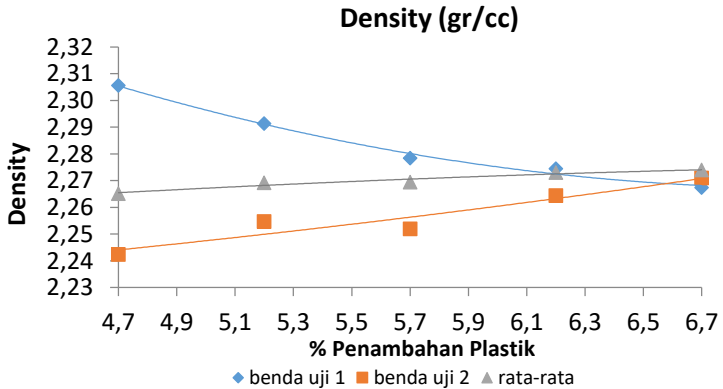
**Tabel 4.13** Nilai Density

% Aspal	Berat Kering (gram)	Berat Jenuh (garm)	Berat dalam air	Isi Benda Uji	Density
<i>Benda uji 1</i>					
4,7	1162	1188	684	504	2,30
5,2	1164	1184	676	508	2,29
5,7	1162	1182	672	510	2,28
6,2	1160	1186	676	510	2,27
6,7	1170	1188	672	516	2,27
<i>Benda uji 2</i>					
4,7	1184	1198	670	528	2,24
5,2	1186	1208	682	526	2,25
5,7	1180	1202	678	524	2,25
6,2	1182	1200	678	522	2,26
6,7	1190	1204	680	524	2,27
Rata-rata hasil density					
% Asp.	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7
Dens.	2,264	2,267	2,269	2,271	2,273

Density merupakan hasil bagi antara berat kering dengan berat isi benda uji

$$\text{Density} = \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat SSD} - \text{Berat dalam air}}$$

$$= \frac{1162}{1188 - 684} = 2,31 \text{ gr/cc}$$



**Gambar 4.2** Grafik hasil uji density

Hasil yang ditunjukkan pada grafik menyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai density cenderung meningkat. Nilai density tertinggi 2,30 gr/cc pada kadar aspal 4,7 %, sedangkan terendah 2,27 gr/cc dengan kadar aspal 6,7 %. Nilai density tertinggi 2,27 gr/cc pada kadar aspal 6,7 %, sedangkan terendah 2,24 gr/cc dengan kadar aspal 4,7 %. Hasil rata-rata didapat density tertinggi 2,273 gr/cc pada kadar aspal 6,7 %, sedangkan terendah 2,264 gr/cc dengan kadar aspal 4,7 %. Menurut Roberts, F.L. (1991) bahwa, jika nilai kadar aspal naik maka density ikut naik sampai mencapai puncak kemudian akan turun. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) semakin meningkatnya penambahan kadar aspal, nilai density yang didapat semakin tinggi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa masing-masing benda uji yang lebih mendekati kesesuaian berdasarkan penelitian terdahulu.

#### 4.4.2 Void in Mix

Hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *void in mix* sebagai berikut

**Tabel 4.14** Nilai VIM

% Aspal	Isi Ben. Uji	BD. Camp	Ber. maks. teoritis	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	VIM (%)
<i>Benda uji 1</i>						
4,7	504	2,31	2,39	10,52	85,83	3,95
5,2	508	2,29	2,38	11,57	84,85	3,58
5,7	510	2,28	2,36	12,61	83,93	3,46
6,2	510	2,27	2,34	13,69	83,34	2,97
6,7	516	2,27	2,33	14,75	82,64	2,61
<i>Benda uji 2</i>						
4,7	528	2,24	2,39	10,23	83,48	6,29
5,2	526	2,25	2,38	11,38	83,50	5,12
5,7	524	2,25	2,36	12,46	82,95	4,59
6,2	522	2,26	2,34	13,63	82,97	3,40
6,7	524	2,27	2,33	14,77	82,77	2,46
<i>Rata-rata hasil void in mix</i>						
% Aspal	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	
VIM	4,97	4,35	4,02	3,18	2,53	

*Void in mix* merupakan hasil pengurangan antara prosentase dengan volume total aspal dan volume total agregat

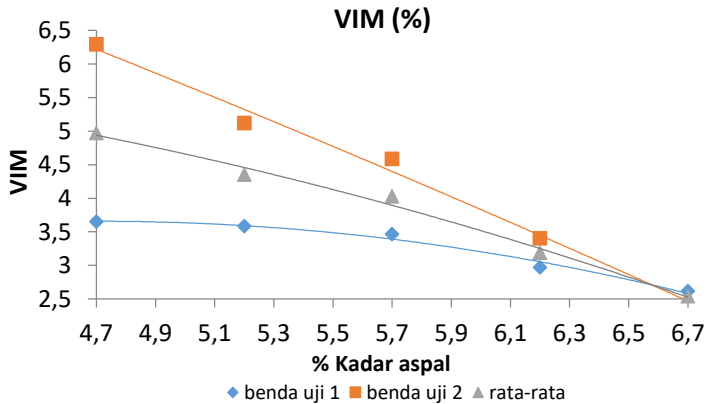
$$\begin{aligned}
 \text{Ber. mak teoritis} &= \frac{100}{\frac{(100 - \% \text{aspal})}{Bj. Agr} + \left(\frac{\% \text{aspal}}{Bj. Asp}\right)} \\
 &= \frac{100}{\frac{(100 - 4,7)}{2,56} + \left(\frac{4,7}{1,03}\right)} \\
 &= 2,39 \%
 \end{aligned}$$

Bj. Agregat : 2,56 dan Bj. Aspal : 1,03

$$\text{Vol. total aspal} = \frac{100 \times BD}{Bj. Asp} = \frac{100(2,31)}{1,03} = 10,52$$

$$\text{Vol. total agregat} = \frac{(100 - \%K. asp)BD}{Bj. Agr} = \frac{220,1}{2,56} = 85,83$$

$$\begin{aligned} VIM &= 100 - \text{vol. tot. asp} - \text{vol. tot. agr} \\ &= 100 - 10,52 - 85,53 \\ &= 3,95 \% \end{aligned}$$



**Gambar 4.3** Grafik hasil uji VIM

Grafik diatas menunjukkan hasil VIM yang didapat pada masing-masing benda uji mempnyuai pola yang sama. Seiring penambahan kadar aspal terjadi penurunan nilai *void in mix*. Nilai VIM pada benda uji 1 tertinggi didapat sebesar 3,95% kadar aspal 4,7% dan terendah sebesar 2,61% kadar aspal 6,7%. Benda uji 2 menunjukkan nilai tertinggi didapat sebesar 6,29% kadar aspal 4,7% dan terendah yaitu 2,46% dengan kadar aspal 6,7%.

Nilai rata-rata tertinggi didapat sebesar 2,273% pada kadar aspal 6,7%, sedangkan terendah didapat sebesar 2,264%. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) hasil yang didapat berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa, semakin naik kadar aspal maka nilai *Void in Mix* akan semakin menurun karena rongga antar agregat akan semakin terisi oleh aspal. Dengan demikian dengan pola grafik diatas dapat diambil kesimpulan hasil yang didapat telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan terlebih dahulu.

#### 4.4.3 *Void Filled Asphalt*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *VFA* sebagai berikut

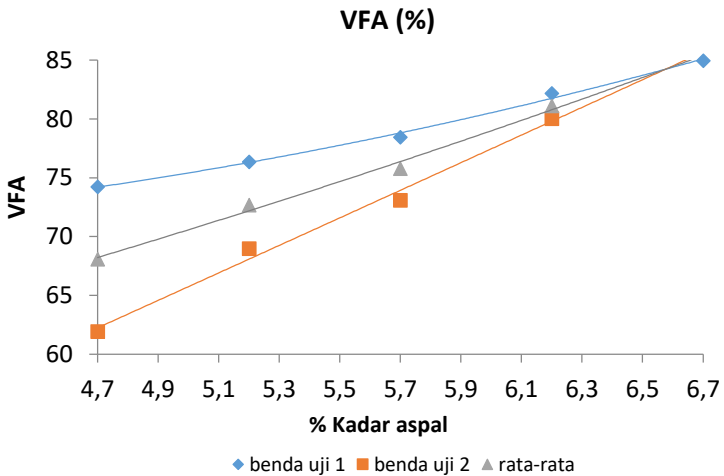
**Tabel 4.15** Nilai *VFA*

% Aspal	Ber. maks. teoritis	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	<i>VIM</i> (%)	(%) Rong. thd. agregat	<i>VFA</i> (%)
<i>Benda uji 1</i>						
4,7	2,39	10,52	85,83	3,65	14,17	74,23
5,2	2,38	11,57	84,85	3,58	15,15	76,36
5,7	2,36	12,61	83,93	3,46	16,07	78,45
6,2	2,34	13,69	83,34	2,97	16,66	82,18
6,7	2,33	14,75	82,64	2,61	17,36	84,95
<i>Benda uji 2</i>						
4,7	2,39	10,51	85,75	3,74	14,25	73,77
5,2	2,38	11,58	84,93	3,49	15,07	76,83
5,7	2,36	12,64	84,16	3,20	15,84	79,80
6,2	2,34	13,68	83,29	3,03	16,71	81,87
6,7	2,33	14,76	82,70	2,54	17,30	85,34
<i>Rata-rata hasil void filled asphalt</i>						
% Asp.	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	
<i>VFA</i>	68,08	72,66	75,77	81,10	85,33	

VFA merupakan hasil bagi persentase antara berat kering dengan berat isi benda uji

$$\begin{aligned}
 VFA &= \frac{\text{Vol. tot. aspal}}{\% \text{rongga thd. aspal}} \times 100\% \\
 &= \frac{10,52}{100 - 85,53} \times 100\% \\
 &= 74,23 \%
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.4** Grafik rongga terisi aspal

Grafik diatas menunjukkan bahwa masing-masing benda uji mempunyai nilai dan pola yang sama berdasarkan nilai *void filled asphalt*. Semakin bertambahnya kadar aspal yang digunakan nilai VFA yang didapat cenderung semakin meningkat.



Nilai rata-rata *VFA* terbesar yaitu 85,3%, sedangkan terkecil didapat sebesar 68%. Menurut Purnamasari P.E dan Surmayan F. (2010) bahwa seiring penambahan kadar aspal, nilai *VFA* juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan peningkatan kadar aspal yang menyebabkan rongga dalam campuran yang dapat diisi aspal juga semakin meningkat. Mengenai hasil *VFA* kesimpulan yang didapat bahwa terjadi kesesuaian baik hasil maupun pola grafik berdasarkan penelitian oleh Purnamasari P.E dkk.

#### 4.4.4 *Void in Mineral Agregate*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *VMA* sebagai berikut

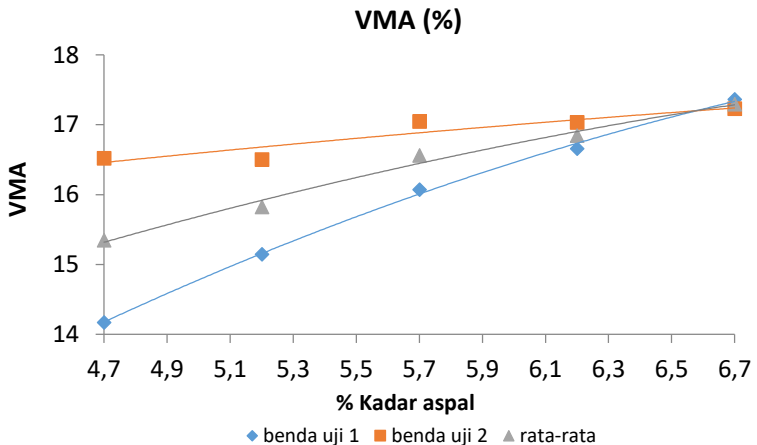
**Tabel 4.16** Nilai *VMA*

% Aspal	Ber. maks. teoritis	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	<i>VIM</i> (%)	(%) Rongga thd. agregat
<i>Benda uji 1</i>					
4,7	2,39	10,52	85,83	3,65	14,17
5,2	2,38	11,57	84,85	3,58	15,15
5,7	2,36	12,61	83,93	3,46	16,07
6,2	2,34	13,69	83,34	2,97	16,66
6,7	2,33	14,75	82,64	2,61	17,36
<i>Benda uji 2</i>					
4,7	2,39	10,51	85,75	3,74	14,25
5,2	2,38	11,58	84,93	3,49	15,07
5,7	2,36	12,64	84,16	3,20	15,84
6,2	2,34	13,68	83,29	3,03	16,71
6,7	2,33	14,76	82,70	2,54	17,30
Rata-rata hasil <i>void in mineral agregate</i>					
% Asp.	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7
<i>VMA</i>	15,34	15,82	16,56	16,8	17,3

VMA merupakan hasil pengurangan persentase dengan volume total agregat

$$\begin{aligned} VMA &= 100\% - vol. tot. agregat \\ &= 100\% - 85,53 \\ &= 14,50\% \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.5** Grafik hasil uji VMA

Sesuai grafik yang didapat menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar aspal yang digunakan maka nilai rongga dalam agregat semakin bertambah. Didapat nilai rata-rata tertinggi sebesar 17,29% pada kadar aspal 6,7%, sedangkan terendah sebesar 15,34% pada kadar aspal 4,7%.

#### 4.4.5 Flow

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *flow* sebagai berikut

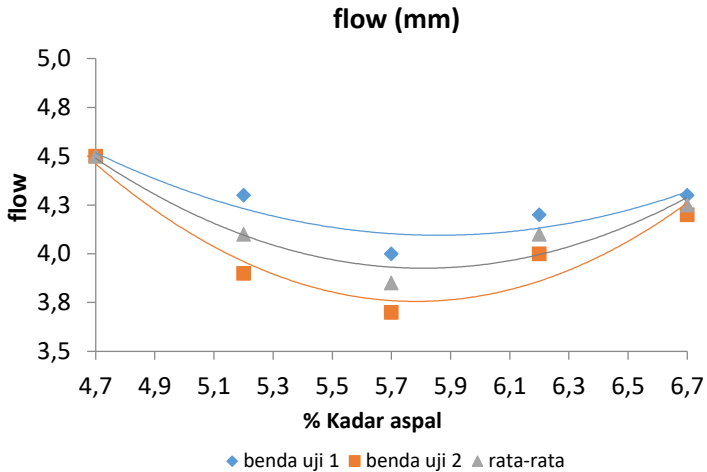
**Tabel 4.17** Nilai *flow*

% Aspal	Stabi litas (bacaan)	kalib rasi (13,902)	Angka koreksi volume (0,96)	<i>flow</i> (bacaan)	<i>Flow</i> (0,01) (mm)
<i>Benda uji 1</i>					
4,7	85	1182	1134,5	450	4,5
5,2	95	1321	1267,9	430	4,3
5,7	110	1529	1468,1	400	4,0
6,2	90	1251	1201,2	420	4,2
6,7	80	1112	1067,7	430	4,3
<i>Benda uji 2</i>					
4,7	80	1112	1067,7	450	4,5
5,2	85	1182	1181,7	390	3,9
5,7	105	1460	1459,8	370	3,7
6,2	85	1182	1181,7	400	4,0
6,7	70	973	973,2	420	4,2
<i>Rata-rata hasil flow</i>					
% Asp.	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7
<i>flow</i>	4,5	4,1	3,85	4,1	4,25

*Flow* merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca

$$\begin{aligned}
 \textit{flow} &= \textit{Angka bacaan} \times 0,01(\textit{mm}) \\
 &= 450 \times 0,01(\textit{mm}) \\
 &= 4,5 \textit{ mm}
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.6** Grafik hasil uji flow

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya penambahan kadar aspal, *flow* yang didapat cenderung menurun pada kadar aspal 4,7-5,7%, kemudian terjadi peningkatan kembali pada kadar aspal 5,7-6,7%. Nilai rata-rata tertinggi didapat sebesar 450 Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa, dengan kenaikan penggunaan kadar aspal, nilai *flow* cenderung menurun pada kadar aspal 5-6%, kemudian meningkat kembali pada kadar aspal 6-7%. Sehingga terjadi kesesuaian hasil berdasarkan pada penelitian oleh Purnamasari P.E dkk.

#### 4.4.6 Stabilitas

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai stabilitas sebagai berikut

**Tabel 4.18** Hasil bacaan stabilitas

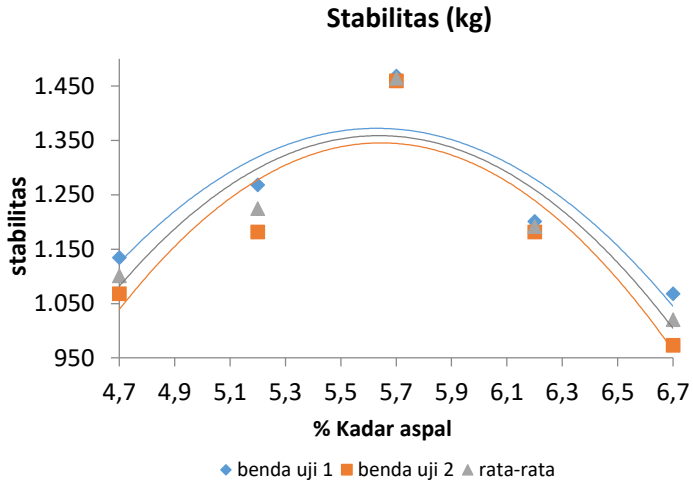
% Aspal	Stabilitas (bacaan)	kalibrasi (13,902)	Angka koreksi volume	Stabilitas	
<i>Benda uji 1</i>					
4,7	85	1182	0,96	1134,5	
5,2	95	1321	0,96	1267,9	
5,7	110	1529	0,96	1468,1	
6,2	90	1251	0,96	1201,2	
6,7	80	1112	0,96	1067,7	
<i>Benda uji 2</i>					
4,7	80	1112	0,96	1067,7	
5,2	85	1182	0,96	1181,7	
5,7	105	1460	0,96	1459,8	
6,2	85	1182	0,96	1181,7	
6,7	70	973	0,96	973,2	
Rata-rata hasil stabilitas					
% Aspal	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7
Stabi.	1102	1225	1464	1192	1020

Stabilitas merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca yang dikalikan dengan angka kalibrasi dan angka koreksi volume

$$\begin{aligned}
 \text{stabilitas} &= \text{Angka bacaan} \times \text{kalibrasi} \\
 &= 85 \times 13,902 \\
 &= 1182 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{stabilitas} &= 1182 \times \text{angka koreksi volume} \\
 &= 1182 \times 0,96 \\
 &= 1134,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.7** Grafik hasil uji stabilitas pada benda uji

Grafik diatas menunjukkan bahwa stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan. Namun pada kadar aspal 5,7-6,7% cenderung terjadi penurunan nilai stabilitas. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi didapat sebesar 1464 kg, dan terendah sebesar 1020 kg. Menurut Sukirman, S (1999) stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas. Stabilitas maksimum terjadi seiring dengan penambahan kadar aspal yang digunakan, namun setelah mencapai nilai maksimum tersebut nilai stabilitas cenderung menurun kembali. Maka hasil yang didapat pada penelitian ini telah sesuai dengan pernyataan oleh Sukirman, S.

#### 4.4.7 Marshall Quotient

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *marshall quotient* sebagai berikut

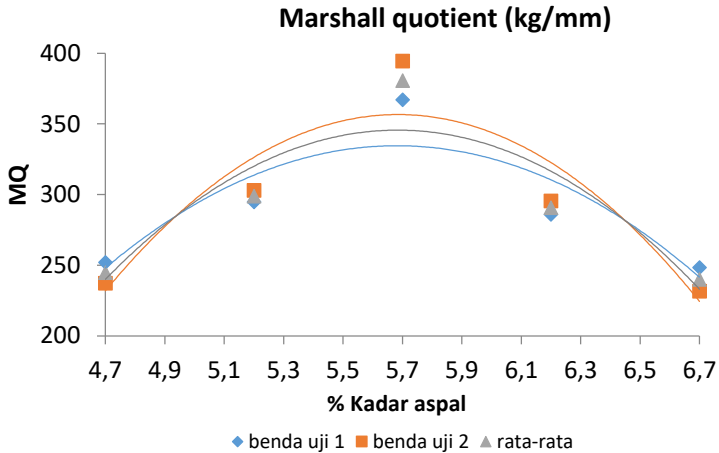
**Tabel 4.19 Hasil Marshall quotient**

% Aspal	Stabi litas (bacaan)	Angka koreksi volume (0,96)	<i>flow</i> (bacaan)	<i>Flow</i> (0,01) (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)
<i>Benda uji 1</i>					
4,7	85	1134,5	450	4,5	252,1
5,2	95	1267,9	430	4,3	294,9
5,7	110	1468,1	400	4,0	367
6,2	90	1201,2	420	4,2	286
6,7	80	1067,7	430	4,3	248,3
<i>Benda uji 2</i>					
4,7	80	1112	1067,7	4,5	237,3
5,2	85	1182	1181,7	3,9	303,0
5,7	105	1460	1459,8	3,7	394,5
6,2	85	1182	1181,7	4,0	295,4
6,7	70	973	973,2	4,2	231,7
<i>Rata-rata hasil marshall quotient</i>					
% Asp.	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7
<i>MQ</i>	245	299	381	291	240

*Marshall quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*

$$\begin{aligned}
 MQ &= \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \\
 &= \frac{1134,5}{4,5} \\
 &= 252,1 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



(a) Benda uji 2






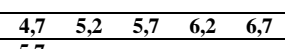
**Gambar 4.8** Grafik hasil uji marshall quotient

Hasil grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *MQ* meningkat seiring bertambahnya kadar aspal yang digunakan dengan rentang 4,7-5,7%, kemudian terjadi penurunan kembali pada kadar aspal 5,7-6,7%.






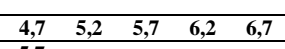
Menurut Bustaman (2000) menyatakan bahwa *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Nilai *marshall quotient* bertambah seiring dengan penambahan kadar aspal, tetapi setelah mencapai penambahan kadar aspal optimum cenderung terjadi penurunan terhadap nilai *marshall quotient* tersebut.



**Tabel 4.20** Nilai kadar aspal optimum setelah uji marshall pada benda uji 1

Parameter Marshall	Spesifikasi	Rentang	Kadar Aspal Optimum (KAO %)
STABILITAS AS	> 800 Kg	4,7 - 6,7	
FLOW	> 3 mm	4,7 - 6,7	
VIM	3.0 - 5.5%	4,7 - 6,7	
VFA	> 65%	4,7 - 6,7	
VMA	> 15%	5,2 - 6,7	
MQ	>250 kg/mm	4,7 - 6,2	
Kadar Aspal Rencana (Pb %)			4,7 5,2 5,7 6,2 6,7
Kadar Aspal Optimum (%)			5,7

**Tabel 4.21** Nilai kadar aspal optimum setelah uji marshall pada benda uji 2

Parameter Marshall	Spesifikasi	Rentang	Kadar Aspal Optimum (KAO %)
STABILITAS AS	> 800 Kg	4,7 - 6,7	
FLOW	> 3 mm	4,7 - 6,7	
VIM	3.0 - 5.5%	4,7 - 6,7	
VFA	> 65%	4,7 - 6,7	
VMA	> 15%	5,2 - 6,7	
MQ	>250 kg/mm	4,7 - 6,2	
Kadar Aspal Rencana (Pb %)			4,7 5,2 5,7 6,2 6,7
Kadar Aspal Optimum (%)			5,7

Berdasarkan hasil uji marshall pada 2 benda uji yang telah dilakukan pada tabel diatas, didapat nilai kadar aspal optimum sebesar 5,70 % dan nantinya sebagai dasar atau acuan untuk kadar aspal yang digunakan pada aspal plastik.

#### 4.5 Perencanaan Proporsi Kadar Plastik

Penentuan besaran kadar plastik direncanakan atau dihitung dengan sebuah metode yaitu parameter TAIT. Tujuan dari penggunaan metode ini supaya dapat diketahui nilai densitas pada plastik.

Pada “ *table VIII. Tait equation parameters for 56 polymer liquid, Patrick A. Rodgers*” didapatkan sebuah persamaan untuk jenis polimer PET sebesar :

$$V(0, T) = 0,6883 + 5,90 \times 10^{-4}t,$$

dan ,

$$B(T) = 3697 \exp(-4,150 \times 10^{-3} t)$$

Dimana ,

t = suhu pada kondisi ruangan terbuka

Berdasarkan perhitungan *trial & error*, dengan variasi suhu 150<sup>0</sup> C, 160<sup>0</sup> C, 170<sup>0</sup> C, 180<sup>0</sup> C, 190<sup>0</sup> C, dan 200<sup>0</sup> C. Didapatkan pada suhu 200<sup>0</sup> C merupakan suhu terbaik untuk mencapai harga densitas yang diinginkan

$$\begin{aligned} V(0, T) &= 0,6883 + 5,90 \times 10^{-4} \times 200 \\ &= 0,8063 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B(T) &= 3697 \exp(-4,150 \times 10^{-3} \times 200) \\ &= 1612,074 \end{aligned}$$

Berdasarkan model empiris untuk menghitung nilai Volume  $V(P, T)$ , didapat perumusan sebagai berikut

$$V(P, T) = V(0, T)\{1 - C \ln[1 + P/B(T)]\}$$

Dimana,

C = konstanta 0,0894

P = tekanan atmosfer, 76 mmHg (1 bar)

$$\begin{aligned} V(P, T) &= 0,806\{1 - C \ln[1 + 1/1612,074]\} \\ &= 0,80625 \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai densitas plastik sebesar

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana,

m = masa molar (1 gram)

V = volume molar

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{0,80625} \\ &= 1,24 \end{aligned}$$

Didapat nilai densitas sebesar 1,24 gr/mm<sup>3</sup>

Berikut ini tabel mengenai harga densitas tiap suhu yang berbeda-beda

**Tabel 4.22** *Harga densitas plastik tiap suhu*

Suhu	160	170	180	190	200
V(0,T)	0,782	0,788	0,794	0,900	0,806
B (T)	1903,1	1825,8	1751,5	1680,3	1612,0
V(P,T)	0,782	0,788	0,794	0,800	0,806
Densitas	1,277	1,268	1,258	1,249	1,240

#### 4.6 Pembuatan Sampel Aspal Plastik

Untuk prosentase plastik digunakan beberapa variasi, yaitu 3%, 4%, 5%, 6%, dan 7%. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah

**Tabel 4.23** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 3%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat plastik	3%	:	2,05 gr
Berat kadar aspal	:	66,35	gr
Berat Filler	2%	:	430,01 gr
Berat Agr. Halus	38%	:	543,16 gr
Berat Agr. Sedang	48%	:	135,79 gr
Berat Agr. Kasar	12%	:	22,63 gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

Berikut penjelasan mengenai perhitungan variasi campuran KAO dengan plastik

$$\text{Berat kadar aspal optim.} : \frac{\%KAO}{100\%} \times \text{berat sample}$$

$$\frac{5,70}{100} \times 1200 = 68,4 \text{ gr}$$

$$\text{Berat plastik} : \frac{3}{100\%} \times 68,4 = 2,05 \text{ gr}$$

$$\text{Berat kadar aspal yang digunakan} : 68,4 - 2,05 = 66,35 \text{ gr}$$

$$\text{Berat filler} : \frac{2}{100\%} \times (1200 - 68,4) = 430,01 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Agr. Halus} : \frac{38}{100\%} \times (1200 - 68,4) = 543,16 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Agr. Sedang} : \frac{48}{100\%} \times (1200 - 68,4) = 135,79 \text{ gr}$$

$$\text{Berat Agr. Kasar} : \frac{12}{100\%} \times (1200 - 68,4) = 22,63 \text{ gr}$$

**Tabel 4.24** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 4%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat plastik	4%	2,736	gr
Berat kadar aspal	:	65,66	gr
Berat Filler	2%	430,01	gr
Berat Agr. Halus	38%	543,16	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,79	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,63	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.25** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 5%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat plastik	5%	3,42	gr
Berat kadar aspal	:	64,98	gr
Berat Filler	2%	430,01	gr
Berat Agr. Halus	38%	543,16	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,79	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,63	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.26** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 6%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat plastik	6%	4,10	gr
Berat kadar aspal	:	64,30	gr
Berat Filler	2%	430,01	gr
Berat Agr. Halus	38%	543,16	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,79	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,63	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

**Tabel 4.27** Variasi campuran sampel aspal KAO 5,7% dengan plastik 7%

Kadar aspal optimum	:	5,70	%
Berat sampel	:	1200	gr
Berat plastik	7%	4,78	gr
Berat kadar aspal	:	63,62	gr
Berat Filler	2%	430,01	gr
Berat Agr. Halus	38%	543,16	gr
Berat Agr. Sedang	48%	135,79	gr
Berat Agr. Kasar	12%	22,63	gr
<b>Total</b>		1200,00	gr

#### 4.7 Pengujian Marshall Campuran Aspal Plastik

Hasil akhir dari uji sampel aspal beton dengan penambahan plastik yaitu nilai parameter – parameter marshall antara lain, *density*, *void in mix*, *void filled asphalt*, *void in mineral aggregate*, *flow* (kelelehan), stabilitas, dan *marshall quotient*. Dan tentunya semua hasil yang didapat harus sesuai dengan peraturan Bina Marga Umum 2010, devisa 6 revisi 3

##### 4.7.1 Density

Nilai density setelah dilakukan uji *marshall* pada sampel menurut hasil yang diperoleh yaitu

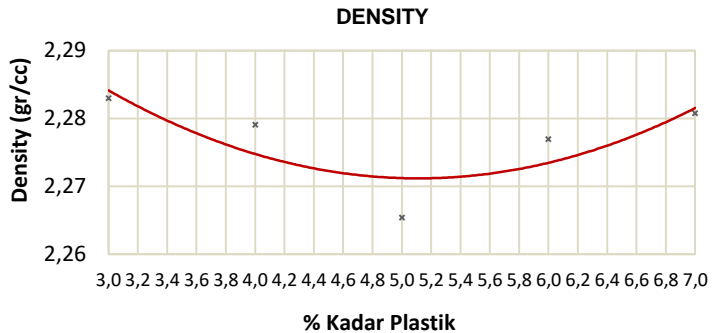
**Tabel 4.28** Hasil uji benda pada parameter density

% Plastik	% Aspal	Berat Kering (gram)	Berat Jenuh (garm)	Berat dalam air	Isi Benda Uji	Den sity
3,0	5,7	1178	1200	684	516	2,28
4,0		1176	1198	682	516	2,28
5,0		1178	1200	680	520	2,27
6,0		1184	1208	688	520	2,28
7,0		1186	1206	686	520	2,28

Density merupakan hasil bagi antara berat kering dengan berat isi benda uji

$$\begin{aligned} \text{Density} &= \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat SSD} - \text{Berat dalam air}} \\ &= \frac{1178}{1200 - 684} = 2,28 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.9** Grafik density pada benda uji

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa nilai density cenderung menurun seiring penambahan kadar aspal pada rentang 3-5%, kemudian pada kadar 5-6% cenderung meningkat kembali. Hasil tertinggi didapat sebesar 2,28 %. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa nilai *density* campuran aspal beton dengan penambahan plastik cenderung bertambah seiring dengan penambahan kadar plastik. Maka sesuai hasil yang diperoleh pada

campuran aspal beton dengan tambahan plastik menunjukkan sedikit perbedaan menurut Purnamasari P.E berdasarkan hasil yang diperoleh.

#### 4.7.2 Void in Mix

Hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *void in mix* sebagai berikut

**Tabel 4.29** Nilai VIM berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji

% plastik	% Aspal	BD. Camp	Ber. maks. teoritis	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	VIM (%)
3,0	5,7	2,28	2,36	12,63	84,09	3,27
4,0		2,28	2,36	12,61	83,95	3,44
5,0		2,27	2,36	12,54	83,45	4,02
6,0		2,28	2,36	12,60	83,87	3,53
7,0		2,28	2,36	12,62	84,01	3,36

*Void in mix* merupakan hasil pengurangan antara prosentase dengan volume total aspal dan volume total agregat

$$\text{Ber. mak teoritis} = \frac{100}{\frac{(100 - \% \text{aspal})}{\text{Bj. Agr}} + \left(\frac{\% \text{aspal}}{\text{Bj. Asp}}\right)}$$

$$= \frac{100}{\frac{(100 - 5,7)}{2,56} + \left(\frac{5,7}{1,03}\right)}$$

$$= 2,36 \%$$

Bj. Agre : 2,56 dan Bj. Aspal : 1,03

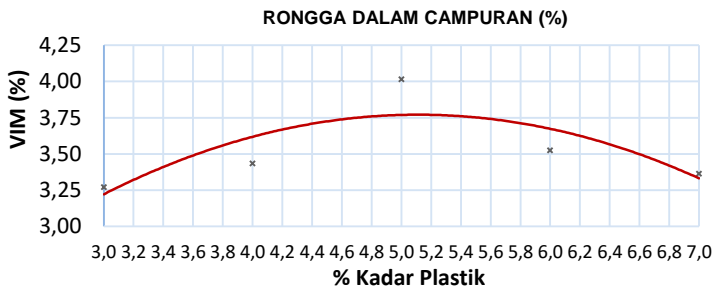
$$\text{Vol. total aspal} = \frac{100}{\text{Bj. Asp}} = \frac{100}{2,56} = 10,48$$



$$\text{Vol. total agregat} = \frac{(100 - \%KAO)BD}{\text{Bj. Agr}} = \frac{(100 - 5,7)2,28}{1,03} = 84,09$$

$$\begin{aligned} \text{VIM} &= 100 - \text{vol. tot. asp} - \text{vol. tot. agr} \\ &= 100 - 10,48 - 84,09 \\ &= 3,27 \% \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.10** Grafik hasil uji VIM

Berdasarkan grafik yang diperoleh menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar plastik maka nilai VIM cenderung meningkat, tetapi pada kadar 5-7% cenderung menurun kembali. VIM kondisi puncak didapat pada kadar plastik 5% sebesar 4,02%. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa Semakin tinggi kadar plastik semakin tinggi pula nilai Void in Mix. Maka dapat dikatakan bahwa berdasarkan penelitian ini terdapat sedikit perbedaan, yaitu seiring penambahan kadar plastik 3-5% terjadi

peningkatan nilai *VIM*, namun menurun kembali pada kadar 5-7%.

#### 4.7.3 *Void Filled Asphalt*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *VFA* sebagai berikut

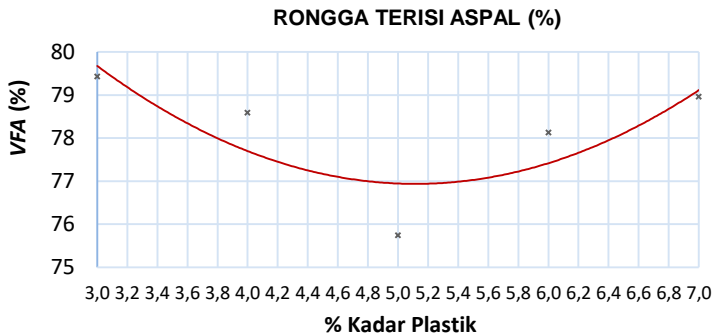
**Tabel 4.30** Nilai *VFA* dari hasil uji *marshall* benda uji 1

% Plastik	% Aspal	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	<i>VIM</i> (%)	(%) Rongga thd. Agre.	<i>VFA</i> (%)
3,0	5,7	12,63	84,09	3,27	15,91	79,43
4,0		12,61	83,95	3,44	16,05	78,59
5,0		12,54	83,45	4,02	16,55	75,74
6,0		12,60	83,87	3,53	16,13	78,13
7,0		12,62	84,01	3,36	15,99	78,96

*VFA* merupakan hasil bagi persentase antara berat kering dengan berat isi benda uji

$$\begin{aligned}
 VFA &= \frac{\text{Vol. tot. aspal}}{\% \text{rongga thd. aspal}} \times 100\% \\
 &= \frac{10,48}{100 - 84,09} \times 100\% \\
 &= 79,43 \%
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.11** Grafik hasil uji VFA

Berdasarkan grafik yang didapat campuran aspal dengan bahan plastik cenderung memiliki nilai VFA menurun, tetapi pada kadar plastik 5-7% nilai VFA terjadi peningkatan nilai kembali. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa *Void Filled with Asphalt* seiring penambahan kadar aspal, nilai VFA juga semakin meningkat. Sesuai hasil uji yang didapat pada penelitian ini yaitu nilai VFA tertinggi pada campuran plastik mempunyai nilai sebesar 79,43% kadar aspal 5,7%. Terdapat sedikit perbedaan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari P.E ddk, yaitu seiring penambahan kadar plastik nilai VFA cenderung menurun, namun pada kadar 5-6% cenderung meningkat kembali.

#### 4.7.4 Void in Mineral Agregate

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *VMA* sebagai berikut

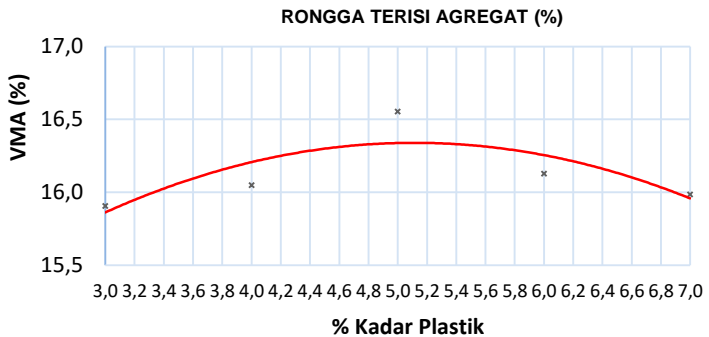
**Tabel 4.31** Nilai *VMA* dari hasil uji *marshall* pada benda uji

% Plastik	% Aspal	Vol. Tot. aspal	Vol. Tot. agre.	<i>VIM</i> (%)	(%) Rongga thd. agregat
3,0	5,7	12,63	84,09	3,27	15,91
4,0		12,61	83,95	3,44	16,05
5,0		12,54	83,45	4,02	16,55
6,0		12,60	83,87	3,53	16,13
7,0		12,62	84,01	3,36	15,99

*VMA* merupakan hasil bagi persentase antara berat kering dengan berat isi benda uji

$$\begin{aligned}
 VMA &= 100\% - \text{vol. tot. agregat} \\
 &= 100\% - 84,09 \\
 &= 15,91\%
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.12** Grafik hasil uji *VMA*

Sesuai hasil uji yang didapat pada penelitian ini yaitu Nilai *VMA* terendah adalah 15,91% pada campuran aspal dengan penambahan plastik 3%, sedangkan nilai *VMA* tertinggi yaitu sebesar 16,55% dengan kadar plastik 5%. Pada campuran aspal dengan bahan plastik cenderung memiliki nilai *VMA* meningkat seiring dengan rentang penambahan kadar plastik 3-5%, kemudian menurun dan pada kadar 5-7%.

#### 4.7.5 *Flow*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *flow* sebagai berikut

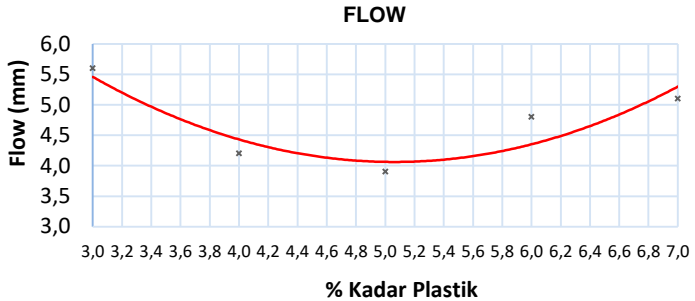
**Tabel 4.32** Hasil bacaan *Flow* benda uji

% Plastik	% Aspal	<i>flow</i> (bacaan)	<i>Flow</i> (0,01) (mm)
3,0	5,7	560	5,6
4,0		420	4,2
5,0		390	3,9
6,0		480	4,8
7,0		510	5,1

*Flow* merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca

$$\begin{aligned}
 \textit{flow} &= \textit{Angka bacaan} \times 0,01(\textit{mm}) \\
 &= 560 \times 0,01(\textit{mm}) \\
 &= 5,6 \textit{ mm}
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.13** Grafik hasil uji flow

Berdasarkan grafik yang didapat campuran aspal dengan bahan plastik cenderung memiliki nilai *flow* menurun, tetapi pada kadar plastik 5-7% nilai terjadi peningkatan nilai kembali. Nilai *flow* tertinggi didapat sebesar 5,6 mm pada kadar plastik 3%, sedangkan terendah sebesar 3,9 mm dengan kadar plastik 5,0%. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa dengan kenaikan penggunaan kadar plastik, nilai *flow* cenderung menurun, kemudian pada kadar plastik 6-7% , nilai flow cenderung meningkat seiring penambahan kadar plastik. Sehingga didapat kesesuaian dengan penelitian oleh Purnamasari P.E dkk.

#### 4.7.6 Stabilitas

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai stabilitas sebagai berikut

**Tabel 4.33** Hasil bacaan Stabilitas dari benda uji

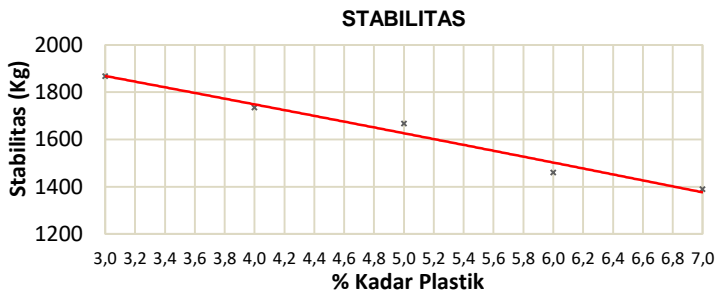
% Plastik	% Aspal	Stabilitas (bacaan)	kalibrasi (13,902)	Ang. Korek. Vol.	Stabilitas (0,96)
3,0	5,7	140	1946	0,96	1868,5
4,0		130	1807	0,96	1735,0
5,0		125	1738	0,96	1668,3
6,0		105	1460	0,96	1459,7
7,0		100	1390	0,96	1390,2

Stabilitas merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca yang dikalikan dengan angka kalibrasi dan angka koreksi volume

$$\begin{aligned} \text{stabilitas} &= \text{Angka bacaan} \times \text{kalibrasi} \\ &= 140 \times 13,902 \\ &= 1946 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{stabilitas} &= 1946 \times \text{angka koreksi volume} \\ &= 1946 \times 0,96 \\ &= 1868,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.14** Hasil uji pada stabilitas

Sesuai grafik yang diperoleh bahwa semakin bertambahnya kadar plastik nilai stabilitas yang didapat semakin menurun. Stabilitas terbesar yaitu 1868,51 kg pada kadar plastik 3%, dan terendah sebesar 1390,26 kg pada kadar plastik 7%. Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa seiring penambahan kadar plastik, nilai stabilitas cenderung naik pada kadar aspal 5-6%, kemudian cenderung menurun pada kadar plastik 6-7%. Terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Purnamasari P.E, yaitu pada penelitian ini nilai stabilitas cenderung menurun seiring penambahan kadar plastik.

#### 4.7.7 Marshall Quotient

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *marshall quotient* sebagai berikut

**Tabel 4.34** Hasil Marshall quotient benda uji

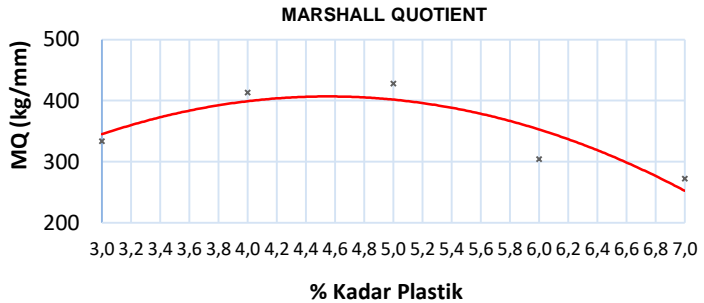
% Plastik	% Aspal	Angka koreksi volume (0,96)	Flow (0,01) (mm)	MQ (kg/mm)
3,0	5,7	1868,51	5,6	333,7
4,0		1735,04	4,2	413,1
5,0		1668,31	3,9	427,8
6,0		1459,77	4,8	304,1
7,0		1390,26	5,1	272,6

*Marshall quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*

$$\begin{aligned}
 MQ &= \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \\
 &= \frac{1868,51}{5,6} = 333,7 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$



Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.15** Grafik hasil uji pada MQ

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa, seiring penambahan kadar plastik nilai *marshall quotient* yang didapat cenderung meningkat, kemudian pada kadar plastik 5-7% mengalami penurunan kembali. Hasil MQ tertinggi sebesar 427,8 kg/mm pada kadar plastik 5%, dan terendah sebesar 272,6 kg/mm dengan kadar plastik 7%. Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah PET sebagai bahan tambah dinyatakan bahwa, nilai *marshall quotient* campuran dengan penambahan plastik cenderung meningkat, namun pada kadar 5-7% kembali menurun. Sehingga didapat kesimpulan bahwa berdasarkan penelitian oleh Purnamasari P.E dkk terdapat kesesuaian hasil dengan penelitian ini.

Berikut tabel perhitungan marshall secara keseluruhan

**Tabel 4.35 Hasil uji tes Marshall**

Parameter Marshall	Spesifikasi kasi	Hasil Uji Parameter Marshall				
STABILITAS	>1000 Kg	140	130	125	105	100
FLOW	> 3 mm	5,6	4,2	3,9	4,8	5,1
VIM	3.0 - 5.5%	3,27	3,44	4,02	3,53	3,36
VMF	> 65%	79,4	78,5	75,7	78,1	78,9
VMA	> 15%	15,9	16,0	16,5	16,1	15,9
MQ	>300 kg/mm	334	413	428	304	273
Variasi plastic (%)		<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>
Kadar Aspal Optimum (%)		<b>5,7</b>				

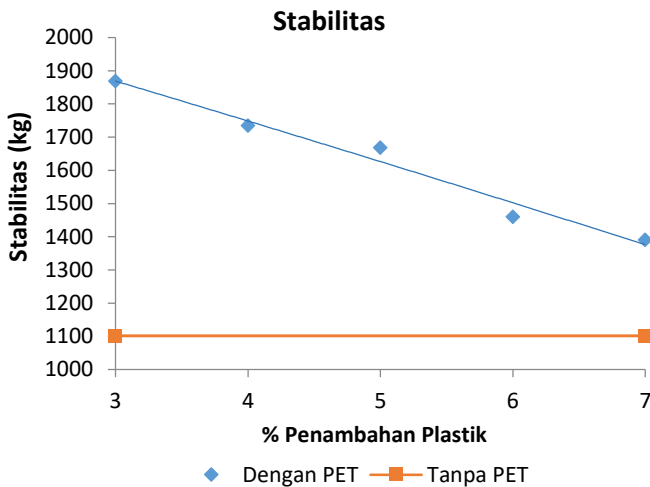
Berdasarkan hasil uji marshall yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa hasil uji tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan.

## 4.8 Perbandingan Campuran Aspal

Hasil akhir dari uji sampel aspal beton dengan tambahan plastik dan tanpa penambahan plastik yaitu nilai parameter – parameter marshall antara lain, stabilitas, *void in mix*, *flow* (kelelehan), dan *marshall quotient*. Dan tentunya semua hasil yang didapat harus sesuai dengan peraturan Bina Marga Umum 2010, devisa 6 revisi 3

### 4.8.1 Stabilitas

Nilai stabilitas setelah dilakukan uji *marshall* pada sampel dengan dan tanpa bahan plastik menurut hasil yang diperoleh yaitu



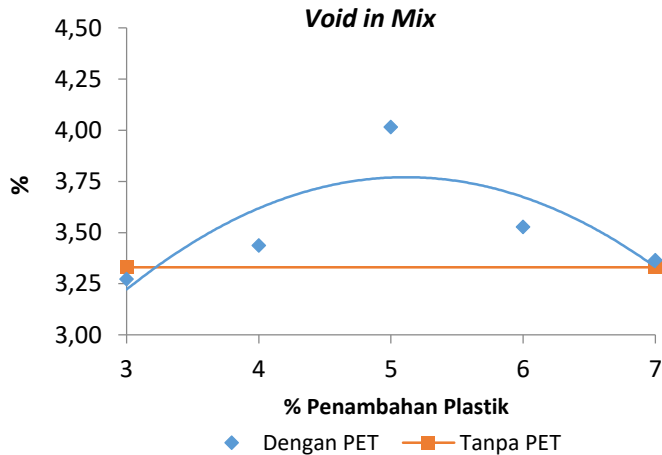
**Gambar 4.16** Grafik hasil benda uji pada parameter *density* dengan dan tanpa PET

Hasil maksimal yang didapat pada benda uji yaitu sebesar 1868,51 kg pada campuran aspal dengan penambahan plastik. Sedangkan pada campuran tanpa penambahan plastik didapat hasil tertinggi rata-rata pada 2 benda uji sebesar 1101,1 kg.

Sehingga terjadi peningkatan sebesar 70%. Jika ditinjau berdasarkan penelitian yang telah dikaji sebelumnya, menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan bahwa seiring penambahan kadar plastik, nilai stabilitas cenderung naik pada kadar aspal 5-6% kemudian menurun pada kadar 6-7% maka, didapat interpretasi sementara yaitu hasil stabilitas yang didapat terdapat sedikit perbedaan berdasarkan grafik diatas. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Prameswari P.A dkk (2016) menyatakan bahwa, secara keseluruhan bila dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan PET, sampel benda uji yang diberi tambahan PET dari persen kadar 2 sampai dengan 10 nilai stabilitasnya bertambah. Nilai stabilitas yang paling maksimum terdapat pada penambahan PET 2 %, sehingga berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prameswari P.A dapat diambil tafsiran sementara yaitu jika dibandingkan dengan campuran aspal tanpa tambahan plastik nilai stabilitas cenderung meningkat sebesar 70% .

### 4.8.2 *Void in Mix*

Hasil uji tes marshall pada campuran tanpa PET dengan penambahan PET didapat nilai *void in mix* sebagai berikut



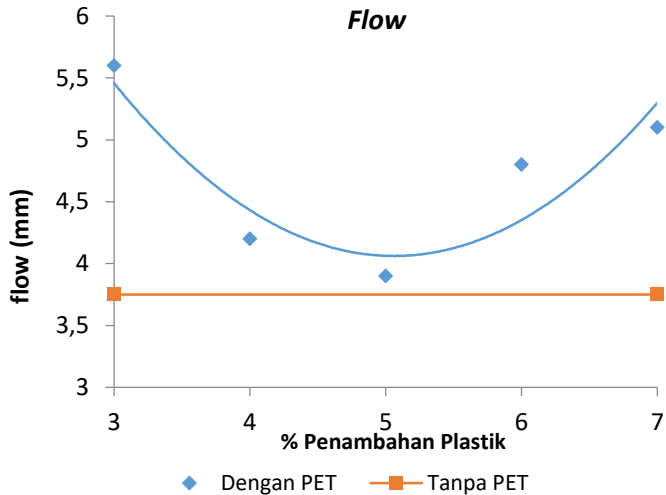
**Gambar 4.17** Grafik hasil uji VIM berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji

Berdasarkan hasil uji pada rongga dalam campuran, nilai tertinggi didapat sebesar 4,02 % pada benda uji dengan penambahan plastik. Sedangkan nilai yang didapat pada benda uji tanpa penambahan plastik nilai yang didapat sebesar 3,33%, mengalami peningkatan 20%. Berdasarkan grafik yang didapat menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan plastik menghasilkan rongga dalam campuran yang lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa penambahan plastik. Menurut Purnamasari P.E, dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah terhadap karakteristik lapis aspal beton menyatakan bahwa,

Semakin tinggi kadar plastik semakin tinggi pula nilai *Void in Mix*.. Maka dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini terdapat perbedaan dengan yang dilakukan oleh Purnamasari P.E, yaitu pada grafik yang didapat menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar plastik pada rentang 3-5% nilai *void in mix* cenderung meningkat, namun terjadi penurunan pada kadar penambahan plastik 6-7%. Prameswari P.A dkk (2016) melakukan penelitian penambahan plastik pada campuran aspal beton menyatakan bahwa, seiring penambahan kadar plastik yang digunakan pada campuran aspal beton, nilai *void in mix* cenderung meningkat pada kadar plastik 3-5%. Namun pada penambahan kadar plastik 6-7% terjadi penurunan nilai *void in mix*. Sehingga jika dikaitkan dengan penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa berdasarkan hasil yang ditunjukkan menyatakan hasil yang didapat telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Prameswari P.A

### 4.8.3 Flow

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *flow* pada grafik sebagai berikut



**Gambar 4.18** Grafik hasil uji *flow* berdasarkan hasil uji *Marshall* pada benda uji tanpa dan dengan *PET*

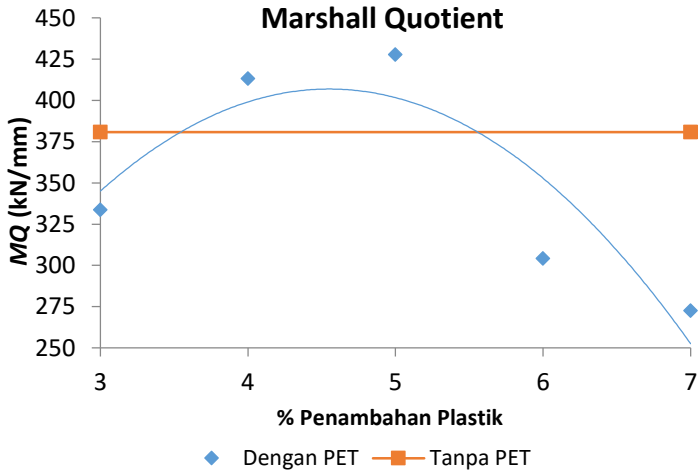
Sesuai dengan grafik yang ditunjukkan pada gambar, terjadi penurunan nilai *flow* pada kadar plastik 3-5%, namun terjadi peningkatan kembali pada kadar 6-7%. Diketahui pada campuran aspal dengan penambahan kadar plastik mempunyai nilai tertinggi sebesar 5,6 mm. Sedangkan pada campuran aspal tanpa penambahan plastik menunjukkan hasil tertinggi rata-rata yang didapat sebesar 3,8 mm, mengalami peningkatan 47%.

Sehingga dapat dikatakan penggunaan kadar plastik pada campuran aspal beton mempunyai nilai *flow* yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan plastik. Menurut Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) menyatakan dalam penelitian ini, tampak bahwa dengan kenaikan penggunaan kadar plastik, nilai *flow* cenderung menurun pada kadar aspal 5-6%. Namun terjadi peningkatan kembali pada penambahan kadar plastik sebesar 6-7%. Dengan adanya penelitian oleh Purnamasari P.E dkk menunjukkan terjadinya kesesuaian hasil dengan penelitian ini. Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian bahwa nilai *flow* ada yang mengalami peningkatan dan penurunan sesuai penggunaan kadar *PET* yang digunakan dalam campuran. Jika dibandingkan dengan penelitian ini terdapat sedikit perbedaan yaitu hasil yang diperoleh berdasarkan Prameswari P.A menunjukkan tidak teraturnya nilai *flow* dengan penambahan kadar plastik yang digunakan.



#### 4.8.4 Marshall Quotient

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *marshall quotient* dan penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4.19** Grafik hasil uji MQ pada masing-masing benda uji

Grafik yang ditunjukkan diatas menunjukkan bahwa pada campuran aspal dengan penambahan plastik mempunyai nilai  $MQ$  yang lebih besar dibandingkan dengan campuran aspal tanpa penambahan plastik.  $MQ$  pada campuran dengan penambahan kadar plastik didapat hasil tertinggi sebesar 427,77 kg/mm, sedangkan pada campuran tanpa penambahan kadar plastik hasil tertinggi rata-rata didapat sebesar 380,75 kg/mm, mengalami peningkatan sebesar 17%.

Purnamasari P.E dan Suryaman F. (2010) mengkaji pengaruh penggunaan limbah *PET* sebagai bahan tambah dinyatakan bahwa, nilai *Marshall Quotient* campuran dengan penambahan plastik cenderung lebih tinggi daripada campuran tanpa menggunakan penambahan plastik. Selanjutnya, Prameswari P.A dkk (2016) melakukan kajian dan didapatkan bahwa nilai *marshall question* pada campuran aspal beton dengan penambahan plastik mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan kadar plastik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diatas dapat ditarik kesimpulan yaitu, terjadi kesesuaian hasil yang ditunjukkan pada grafik.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan terhadap material penyusun aspal, baik meliputi agregat, aspal, dan plastik pada campuran aspal beton dalam penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Komposisi campuran plastik pada kadar 5,7% merupakan komposisi campuran yang optimal
2. Hasil yang didapat mengenai karakteristik campuran kadar plastik pada jenis perkerasan AC-WC berdasarkan parameter marshall menyebabkan terjadinya peningkatan pada nilai stabilitas sebesar 70% , *void in mix* meningkat sebesar 20%, *flow* meningkat sebesar 47%, dan marshall quotient mengalami peningkatan sebesar 17%.
3. Untuk karakteristik jenis perkerasan AC-WC tanpa penambahan kadar plastik mempunyai stabilitas tertinggi sebesar 1534,78 kg, sedangkan pada campuran aspal dengan penambahan plastik mempunyai nilai tertinggi sebesar 1868, 51 kg. Kemudian untuk parameter yang lain yaitu *flow* terjadi peningkatan deformasi optimum pada campuran dengan tambahan plastik sebesar 5,6 mm,

sedangkan pada campuran tanpa bahan plastik nilai yang didapat sebesar 4,7 mm. Rongga dalam campuran tertinggi didapat sebesar 4,02 % untuk campuran aspal dengan tambahan plastik, sedangkan tanpa penambahan plastik sebesar 4,59%. Dan berdasarkan parameter *marshall quotient*, nilai tertinggi yang didapat sebesar 427,8 kg/mm untuk campuran dengan tambahan plastik, namun untuk campuran tanpa penambahan plastik didapat sebesar 380,75 kg/mm.

## 5.2 **Saran**

Pada penelitian ini terdapat keterbatasan-keterbatasan, lingkup batas kajian, kelengkapan laboratorium, serta kondisi kerja alat. Sehingga untuk kedepannya diharapkan penelitian ini perlu kajian lebih lanjut agar lebih mendalam tentang pemahaman penggunaan plastik terhadap campuran aspal beton.

## Daftar Pustaka

Direktorat Jendral Bina Marga,  
Departemen Pekerjaan Umum RI, (1983), Petunjuk  
Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya,  
PU, Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga,  
Departemen Pekerjaan Umum RI, (1987), Petunjuk  
Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya,  
SKBI-2.4.26, PU, Jakarta

Direktorat Jendral Bina Marga,  
Departemen Pekerjaan Umum RI, (2010) ,  
Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, PU,  
Jakarta

Mujiarto,I., 2005, “Sifat dan Karakteristik  
Material Plastik dan Bahan Aditif”, Traksi Vol.3  
No.2 Desember 2005,  
<http://mesinunimus.files.wordpress.com/2008/02/sifat-karakteristikmaterial-plastik.pdf>

Nurminah,M., 2002, Penelitian Sifat  
Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta  
Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas,  
Fakultas Pertanian, Jurusan teknologi Pangan,  
Universitas Sumatera Utara,  
<http://library.usu.ac.id/download/fp/fp-mimi.pdf>

Sukirman, Silvia, 1999, Perkerasan Lentur  
Jalan Raya, Bandung, Nova.

P. Eliza Purnamasari dan Fransiskus Suryaman, "PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KARAKTERISTIK LAPIS ASPAL BETON (LASTON)," *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4) Sanur-Bali, 2-3 Juni, 2010*

Anita Rahmawati, Maryam Amrina Rosyada, dan Pepi Nega, "Perbandingan Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyetilene (Hdpe) Dalam Laston-Wc Dan Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall," *Seminar Nasional Teknik Sipil V, 2015*

Suhardi, Priyo Pratomo, Hadi Ali, "Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik," *JRSDD, Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2, Hal:284-293, 2016*

Patrick A. Rodgers, "Pressure-Volume-Temperature Relationships for Polymeric liquids: A Review of Equations of State and Their Characteristic Parameters for 56 Polymers", Institut Francis du Petrole, de Bois-Preau, Francis

Putri Ajeng Prameswari, Priyo Pratomo, Dwi Herianto, "Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall," *JRSDD, Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2, Hal:294- 305, 2016*

## Ringkasan Hasil dan Perkembangan Penelitian

No	Judul Penelitian / Penulis Tahun / Lokasi	Data & Metode	Ringkasan Hasil Penelitian
1.	<p>PENGARUH PENGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH TERHADAP KARAKTERISTIK LAPIS ASPAL BETON (LASTON). P. Eliza Purnamasari dan Fransiskus Suryaman / 2010 / Bali.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limbah botol plastik (PET)</li> <li>- Aspal pen. 60/70</li> <li>- <i>Dry process</i> (cara kering)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pada campuran aspal beton (LASTON) dengan penambahan plastik bekas botol minum, karakteristik Marshall seperti nilai Density, VFWA dan Flow lebih rendah, sedangkan nilai VITM, Stabilitas dan QM meningkat dibanding campuran aspal beton normal.</li> <li>- Berdasarkan persyaratan Bina Marga 1987, campuran yang memenuhi semua persyaratan karakteristik Marshall adalah campuran dengan kadar aspal Optimum 7% dan kadar penambahan plastik 0,45%</li> </ul>
2.	<p>Perbandingan Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyetilene (Hdpe)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limbah plastik (HDPE)</li> <li>- Campuran</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggunaan HDPE pada jenis ini memberikan pengaruh pada</li> </ul>

	Dalam Laston-Wc Dan Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. Anita Rahmawati, Maryam Amrina Rosyada, dan Pepi Nega / 2015 / Semarang.	Laston dan Lataston dengan kadar 0%, 2%, 4%, dan 6%	campuran laston dan lataston terhadap berbagai karakteristik Marshall, yakni untuk nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VFA, MQ cenderung mengalami peningkatan, sedangkan nilai Flow dan VMA cenderung mengalami penurunan
3.	Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik Suhardi, Priyo Pratomo, Hadi Ali / 2016 / Lampung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC-BC (<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>)</li> <li>- <i>Marshall</i></li> <li>- <i>PET</i> (limbah botol plastik)</li> </ul>	- Seiring bertambah nilai kadar PET pada campuran aspal maka nilai kekuatan Stabilitas dan MQ semakin bertambah sedangkan untuk nilai kepadatannya semakin tinggi dikarenakan PET tidak bisa sebagai bahan pengisi agregat.
4.	Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall Putri Ajeng Prameswari, Priyo Pratomo, Dwi Herianto / 2016 / Lampung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC-BC</li> <li>- Parameter Marshall</li> <li>- PET (limbah botol plastik)</li> <li>- Bina</li> </ul>	- Penambahan PET dilakukan dengan proses kering yaitu PET dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperature campuran, kemudian aspal



		Marga 2010	panas ditambahkan. Dengan adanya PET dalam campuran aspal diketahui dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal dibanding dengan campuran tanpa penambahan PET. Kadar penambahan PET yang memenuhi keenam persyaratan baik karakteristik marshall dan volumetrik campurannya adalah kadar 2%.
--	--	---------------	---

## Jadwal Pekerjaan

No	Jenis Kegiatan	September				Oktober				Nopember				Desember			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Pemeriksaan sifat fisik agregat																
2	Analisa Saringan																
3	Pemeriksaan aspal																
4	Perenc. proporsi agregat gabungan																
5	Pembuatan benda uji																
6	Pengujian <i>Marshall</i>																
7	Penentuan Kadar Aspal Optimum																
9	Asist. Dosen Pembimbing																
10	Penyus. Lap. Tugas Akhir																

## **LAMPIRAN**





PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

PENGUJIAN :

Berat benda Uji kering permukaan jenuh (SSD)	:	339	gram
Berat picnometer diisi air (B)	:	658	gram
Berat picnometer + Benda uji + Air (Bt)	:	864	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	:	334	gram

PERHITUNGAN :

Berat Jenis (Bulk Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{(B + SSD) - Bt} : \frac{334}{(658 + 339) - 864} = 2,51$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{SSD}{(B + SSD) - Bt} : \frac{339}{(658 + 339) - 864} = 2,55$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{(B + Bk) - Bt} : \frac{334}{(658 + 334) - 864} = 2,61$$

Penyerapan Air

$$\frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\% : \frac{339 - 334}{334} \times 100\% = 1,497$$



PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT MEDIUM

PENGUJIAN :

Berat benda Uji direndam selama	(jam)	:	168	gram
Berat benda uji kering oven tert. Sar. no.4	(BK)	:	1218	gram
Berat benda uji kering permukaan jenuh	(BJ)	:	1238	gram
Berat benda uji dalam air	(BA)	:	761	gram

PERHITUNGAN :

Berat Jenis (Bulk Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{(BJ - BA)} : \frac{1218}{1238 - 761} = 2,56$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{BJ}{(BJ - BA)} : \frac{1238}{1238 - 761} = 2,597$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{BK - BA} : \frac{1218}{1218 - 761} = 2,67$$

Penyerapan Air

$$\frac{BJ - Bk}{Bk} \times 100\% : \frac{1238 - 1218}{1218} \times 100\% = 1,642$$



PEMERIKSAAN  
BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

PENGUJIAN :

Berat benda Uji direndam selama	(jam)	:	168	gram
Berat benda uji kering oven tert. Sar. no.4	(BK)	:	2064	gram
Berat benda uji kering permukaan jenuh	(BJ)	:	2099	gram
Berat benda uji dalam air	(BA)	:	1266	gram

PERHITUNGAN :

Berat Jenis (Bulk Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{(BJ - BA)} : \frac{2064}{2099 - 1266} = 2,48$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{BJ}{(BJ - BA)} : \frac{2099}{2099 - 1266} = 2,521$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Grafity)

$$\frac{Bk}{BK - BA} : \frac{2064}{2064 - 1266} = 2,59$$

Penyerapan Air

$$\frac{BJ - Bk}{Bk} \times 100\% : \frac{2099 - 2064}{2064} \times 100\% = 1,696$$

## **BIODATA PENULIS**



**Moh. Farauq Iqbal Habibi** adalah mahasiswa program studi D4 Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis lahir di Probolinggo pada tanggal 07 Oktober 1995. Penulis saat ini bertempat tinggal di kota Surabaya. Adapun penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di SDS Al-Irsyad Kraksaan lulus tahun 2007, SMPN 1 Kraksaan lulus tahun 2010 dan MBI Amanatul Ummah lulus tahun 2013. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk penulis dapat memperoleh gelar sarjana terapan teknik (SST).