



**TUGAS AKHIR TERAPAN RC-146599**

**STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL  
BETON LAPIS PONDASI ATB (*ASPHALT  
TREATED BASE*) TERHADAP PENGARUH  
PLASTIK PET (*POLYETHYLENE  
TEREPHTHALATE*)**

**DERINA SEPTIA PRATIWI  
NRP. 10111410000017**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Rachmad Basuki, MS.  
NIP. 19641114 198903 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**FINAL PROJECT RC-146599**

**STUDY OF MIXED ASPHALT CHARACTERISTIC  
CONCRETE FOUNDATION ATB (ASPHALT TREATED  
BASE) ON THE EFFECT OF PLASTIC PET  
(POLYETHYLENE TEREPHTHALATE)**

**DERINA SEPTIA PRATIWI  
NRP. 10111410000017**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Rachmad Basuki, MS.  
NIP. 19641114 198903 1 001**

**DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING  
DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
VOCATIONAL FACULTY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



## LEMBAR PENGESAHAN

# STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON Lapis PONDASI ATB (*ASPHALT TREATED BASE*) TERHADAP PENGARUH PLASTIK PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*)

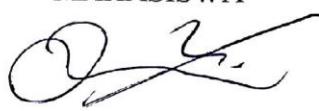
### TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Garla Sarjana Sains Terapan

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, 25 Juli 2018

Disusun Oleh :  
MAHASISWA

  
Derina Septia Pratiwi

NRP. 10111410000017

Disediakan oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir  
Dosen Pembimbing

30 JUL 2018

H. Rachmad Basuki, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR 064114 198903 1 001





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

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 18/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Pondasi ATB (Asphalt Treated Base) Terhadap Pengaruh Plastik PET (Polyethyline Terephthalate)		
Nama Mahasiswa	Derina Septia Pratiwi	NRP	10111410000017
Dosen Pembimbing 1	Ir. Rachmad Basuki, MS NIP 19641114 198903 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	- NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
- Asal material harus dicantumkan - Summary & tabel utk kriteria iklimus .	
	Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002
- Tambahan di setiap uji karakteristik aspal setelah dicampur plastis .	
	Ir. Djoko Sulistiono, MT NIP 19541002 198512 1 001
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
		-	-
Dr. Machsus, ST. MT NIP 19730914 200501 1 002	Ir. Djoko Sulistiono, MT NIP 19541002 198512 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidkan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		-
	Ir. Rachmad Basuki, MS NIP 19641114 198903 1 001	NIP -



### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : DERINA SEPTIA P.  
NRP : 1011191000017  
Judul Tugas Akhir

Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki, MS

: 1. DERINA SEPTIA P. 2  
: 1 1011191000017 2  
: STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON LAPI  
PONDASI ATB (Asphalt Treated Base) TERHADAP PENAMBAH  
PLASTIK PET (Polyethylene Terephthalate).

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	22 - Feb - 2018	- Dibacakan spesifikasi dalam bentuk Grafis. - Memperbaiki spesifikasi di Grafis. - Pengujian Min. 3 kali - Material ditambah.	M/	B C K
2	10 April 2018	- Membuat benda ciji lasi	M/	
3	22 Mei 2018	- Dilhat pengaruh perbedaan kadar plastik, kenaikan stabilitas dan parameter lainnya perlu dilakukan dihitungkan dalam angka pengaruh	M/	B C K
4	6 Juni 2018	- Tata tulis dilengkapi dimulai dari abstrak sampai dengan kesimpulan. - Perhitungan dan perbandingan harga Beton aspal dijadikan Rp / Ton.	M/	B C K
5.	8 Juni 2018	- No. 3 Kesimpulan diganti harga perbandingan antara beton aspal Tanpa PET dengan ditambah PET dengan persentase 0%.	M/	B C K

Ket:

- B = Lebih cepat dari jadwal  
C = Sesuai dengan jadwal  
K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS VOKASI**

## ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

<b>Nama</b>	: DERINA SEPTIA PRATIWI	<b>2</b>
<b>NRP</b>	: 10111410000017	<b>2</b>
<b>Judul Tugas Akhir</b>	: STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ACAL BETUN Lapis PONDASI ATB (Asphalt Treated Base) TERHADAP PENGAJUTAN PLASTIK PET (polyethylene Terephthalate)	
<b>Dosen Pembimbing</b>	: Ir. Rachmad Basuki, MS.	

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



**STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL  
BETON LAPIS PONDASI ATB (*Asphalt Treated Base*)  
TERHADAP PENGARUH PLASTIK  
PET (*Polyethylene Terephthalate*)**

Mahasiswa : Derina Septia Pratiwi  
NRP : 10111410000017  
Jurusan : D4 Teknik Infrastruktur Sipil  
Dosen Pembimbing : Ir. Rachmad Basuki, MS.

Diperlukan inovasi untuk mencari dan meningkatkan metode pembangunan alternatif yang dapat menaikkan keefektifan pembangunan perkerasan jalan baru. Hal ini sejalan dengan program Pemerintah Indonesia yang menargetkan akan kurangi sampah plastik di laut sampai 70% selama delapan tahun mendatang. Dalam hal peningkatan perkerasan ada beberapa yang harus di perhatikan yaitu, kualitas agregat yang digunakan, metode pelaksanaan, dan kualitas aspal. Adapun rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah Penambahan dengan limbah botol plastik memberikan pengaruh terhadap karakteristik marshal pada campuran lapis aspal beton ATB atau AC-Base dengan gradasi pada lapisan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010.

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah menambah polimer dan mencampur dengan cara basah, yaitu metode yang mencampurkan langsung bahan plastik (PET) kedalam aspal yang dipanaskan pada sesuai suhu temperature campuran, kemudian agregat yang telah dipanaskan juga ditambahkan setelahnya. Pemberian bahan tambah polimer

diharapkan memberikan penambahan pada sifat-sifat fisik aspal seperti kepekaan terhadap stabilitas yang lebih besar dari aspal konvensional atau aspal dengan penetrasi 60/70. Kadar variasi penambahan PET yang di gunakan adalah 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dari kadar aspal pada gradasi batas atas dan tengah.

Hasil yang didapatkan dari penelitian campuran kadar plastik dengan perkerasan ATB yaitu terjadi peningkatan pada nilai stabilitas sebesar 43%, sedangkan flow mengalami penurunan sebesar 30% pada penambahan kadar plastik PET terbanyak sebesar 8%. Sehingga nilai marshall mengalami peningkatan dari 648,8 kg/mm menjadi 1138 kg/mm. Berdasarkan volumetrik campuran VIM meningkat 1,7%, VMA meningkatkan 1,4%. Dan VFA 8,1%. Dari semua percobaan pengurangan kadar aspal yang paling tinggi terdapat pada kadar plastik PET sebesar 8%. Dari perhitungan anggaran biaya harga beton aspal ATB dengan penambahan plastik PET 8% dan tanpa plastik adalah sebesar Rp 23.531,43/ton. Jadi diperoleh dengan harga dengan penambahan plastik, terjadi penurunan harga sebesar 2,51% dari harga semula.

**Kata kunci : AC-Base, ATB , limbah plastik (PET), karakteristik Marshall**

***STUDY OF MIXED ASPHALT CHARACTERISTICS  
CONCRETE FOUNDATION ATB (Asphalt Treated  
Base) ON THE EFFECT OF PLASTIC PET  
(Polyethylene Terephthalate)***

Name of student : Derina Septia Pratiwi  
NRP : 10111410000017  
Department : D IV Infrastructur Civil Engineering  
Supervisor : Ir. Rachmad Basuki, MS.

*Innovations are needed to find and improve alternative development methods that can increase the effectiveness of new pavement development. This is in line with the Government of Indonesia program targeting to reduce plastic waste at sea by 70% over the next eight years. In terms of pavement increase there are some that must be noticed ie, the quality of the aggregate in use, the method of implementation, and the quality of the asphalt. The formulation of the problem in the writing of this final task is the addition of waste plastic bottles affect the characteristics of marshal on a mixture of ATB or AC-Base asphalt layer with gradation on the layer using the general specification Bina Marga 2010.*

*The method used for this research is to add polymer and mix by wet method, which is direct mixing of plastic material (PET) into asphalt which is heated at appropriate mixed temperature temperature, then the heated aggregate is also added afterwards. The addition of polymer additives is expected to add to the physical properties of asphalt such as sensitivity to greater stability than conventional asphalt or asphalt with penetration 60/70. The variations of PET addition in use are*

*0%, 2%, 4%, 6% , 8% of the asphalt level on the upper and middle border gradations.*

*The results obtained from the research of mixed plastic content with ATB pavement is an increase in the stability value of 43%, while the flow decreased by 30% in addition to the highest amount of PET plastic content by 8%. So the value of marshall has increased from 648.8 kg / mm to 1138 kg / mm. Based on volumetric mixture VIM increased 1.7%, VMA increased 1.4%. And VFA 8.1%. Of all the experiments, the highest reduction of asphalt content was found in PET plastic content of 8%. From the calculation of the cost budget ATB asphalt concrete price with the addition of PET plastic 8% and without plastic is Rp 23,531,43 / ton. So obtained at a price without plastic, there was a price reduction of 2.51% from the original price.*

**Keyword** : AC-Base, ATB , Waste Plastic (PET), Characteristic of Marshall

## KATA PENGANTAR

yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan judul “STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS PONDASI ATB (*Asphalt Treated Base*) TERHADAP PENGARUH PLASTIK PET (*Polyethylene Terephthalate*)” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada Program Studi Diploma IV 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. Dosen pembimbing Bapak Ir. Rachmad Basuki, MS serta bapak dan ibu dosen TAT Jalan Plastik yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penelitian ini.
3. Bapak- bapak laboran Laboratorium Transportasi dan Geoteknik Teknik Infrastruktur Sipil ITS yang telah membantu serta mengarahkan praktik penelitian beton aspal plastik.
4. Teman-teman kelas A-2014 serta tim peneliti TAT Jalan Plastik yang telah membantu dan mendukung penyelesaian 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, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
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.....	5
2.1 Lapis Pondasi Laston .....	5
2.2 Agregat .....	6
2.3 Aspal .....	7
2.4 PET ( <i>Polyethylene Terephthalate</i> ) .....	11
2.5 Kadar Aspal Optimum .....	11
2.6 Penelitian Terdahulu .....	14
BAB 3 METODOLOGI.....	35
3.1 Waktu & Tempat Penelitian.....	35
3.2 Peralatan .....	35
3.2.1 Satu set saringan (Sieve) .....	35
3.2.2 Alat Uji Aspal .....	36
3.2.3 Alat Uji Agregat.....	38
3.2.4 Alat uji karakteristik <i>Marshall</i> .....	39
3.3 Bahan .....	40
3.4 Tahapan Penelitian.....	40
3.4.1 Persiapan.....	40
3.4.2 Pemeriksaan Material.....	41

3.4.3	Penentuan Gradasi Agregat .....	43
3.4.4	Merencanakan Campuran Aspal ( <i>Blending Aggregate</i> ) .....	43
3.4.5	Pembuatan Benda Uji.....	44
3.4.6	Pengujian Dengan Alat <i>Marshall</i> .....	45
3.4.7	Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	46
3.4.8	Pembuatan benda uji KAO dengan tambahan Plastik PET .....	46
3.4.9	Pengelolahan dan Pembahasan Hasil .....	47
3.5	Tata Cara Pelaksanaan .....	49
3.6	Diagram alir perencanaan pencampuran aspal .....	50
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	53
4.1	Hasil Uji Material .....	53
4.1.1	Agregat .....	53
4.2	Hasil Perencanaan Proporsi Agregat Gabungan....	60
4.2.1	Cara Analitis .....	61
4.3	Perencanaan Pembuatan Benda Uji.....	64
4.3.1	Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb).....	65
4.3.2	Variasi Nilai Kadar Aspal Rencana.....	69
4.4	Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal.....	71
4.4.1	Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ ).....	72
4.4.2	Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ ).....	73
4.4.3	Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA) ...	74
4.4.4	Volume pori dalam beton aspal padat (VIM).....	75
4.4.5	Volume pori antar butir agregat terisi aspal (VFA)	77
4.5	Hasil Uji Marshall.....	79

4.5.1	<i>Flow</i> .....	79
4.5.2	Stabilitas .....	81
4.5.3	<i>Marshall Quotient</i> .....	82
4.6	Pembuatan Sampel Aspal Plastik .....	85
4.7	Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal Plastik .....	87
4.7.1	Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA) ...	87
4.7.2	Volume pori dalam beton aspal padat (VIM).....	89
4.7.3	Volume pori antar butir agregat terisi aspal (VFA)	91
4.8	Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal Plastik.....	93
4.8.1	<i>Flow</i> .....	93
4.8.2	Stabilitas .....	95
4.8.3	<i>Marshall Quotient</i> .....	97
4.9	Perbandingan Campuran Aspal .....	100
4.9.1	VMA .....	102
4.9.2	VIM .....	103
4.9.3	VFA .....	104
4.9.4	Stabilitas .....	104
4.9.5	<i>Flow</i> .....	105
4.9.6	<i>Marshall Quotient</i> .....	106
4.10	Analisa Anggaran Biaya .....	107
BAB 5	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	115
	DAFTAR PUSTAKA .....	117
	LAMPIRAN .....	119

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2. 1 Grafik Bar-Chart untuk penentuan KAO .....	15
Gambar 2. 2 Grafik nilai Stabilitas terhadap penambahan PET .....	16
Gambar 2. 3 Grafik nilai Flow terhadap penambahan PET .....	17
Gambar 2. 4 Grafik nilai Marshall terhadap penambahan PET	17
Gambar 2. 5 Grafik nilai VIM terhadap penambahan PET.....	18
Gambar 2. 6 Grafik nilai VMA terhadap penambahan PET .....	19
Gambar 2. 7 Grafik nilai VFA terhadap penambahan PET .....	19
Gambar 2. 8 Pengaruh lama perendaman terhadap STABILITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	21
Gambar 2. 9 Pengaruh lama perendaman terhadap FLOW dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	22
Gambar 2. 10 Pengaruh lama perendaman terhadap MQ dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	22
Gambar 2. 11 Pengaruh lama perendaman terhadap DENSITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	23
Gambar 2. 12 Pengaruh lama perendaman terhadap VIM dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	24
Gambar 2. 13 Pengaruh lama perendaman terhadap VMA dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	24
Gambar 2. 14 Pengaruh lama perendaman terhadap VFA dalam KAO dengan penambahan PET 3% .....	25
Gambar 2. 15 Pengaruh lama perendaman terhadap DURABILITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3% ...	26
Gambar 2. 16 Perbandingan Stabilitas dengan Penambahan PET dan Tanpa PET .....	27
Gambar 2. 17 Perbandingan Void In Mix dengan Penambahan PET dan Tanpa PET .....	28

Gambar 2. 18 Perbandingan Flow dengan Penambahan PET dan Tanpa PET .....	28
Gambar 2. 19 Perbandingan Marshall Quotinen dengan Penambahan PET dan Tanpa PET .....	29
Gambar 2. 20 Nilai Stabilitas Marshall versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC) .....	30
Gambar 2. 21 Nilai Flow versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC) .....	31
Gambar 2. 22 Nilai Marshall Quotinent versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC) .....	31
Gambar 2. 23 Nilai VMA versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC) .....	32
Gambar 2. 24 Nilai VIM versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC) .....	33
Gambar 3. 1 Satu set saringan agregat.....	36
Gambar 3. 2 Pengujian aspal .....	36
Gambar 3. 3 Pengujian agregat .....	38
Gambar 3. 4 Alat uji dan pembuatan benda uji .....	39
Gambar 3. 5 Material .....	40
Gambar 4. 1 Hasil gabungan (combined aggregate) 3 fraksi .....	62
Gambar 4. 2 Grafik hasil uji VMA .....	75
Gambar 4. 3 Grafik hasil uji VIM .....	77
Gambar 4. 4 Grafik hasil uji VFA .....	79
Gambar 4. 5 Grafik hasil uji VFA .....	80
Gambar 4. 6 Grafik hasil uji Stabilitas .....	82
Gambar 4. 7 Grafik hasil uji marshall quotient.....	84
Gambar 4. 8 Penentuan nilai kadar aspal optimum .....	84
Gambar 4. 9 Grafik VMA pada tiap kadar plastik PET .....	89
Gambar 4. 10 Grafik VIM pada tiap kadar plastik PET.....	91
Gambar 4. 11 Grafik VFA pada tiap kadar plastik PET .....	93
Gambar 4. 12 Grafik Flow pada tiap kadar plastik PET .....	95

Gambar 4. 13 Grafik stabilitas pada tiap kadar plastik PET ....	97
Gambar 4. 14 Grafik MQ pada tiap kadar plastik PET .....	99
Gambar 4. 15 Grafik hasil benda uji pada parameter VMA dengan dan tanpa plastik PET .....	102
Gambar 4. 16 Grafik hasil benda uji pada parameter VIM dengan dan tanpa PET .....	103
Gambar 4. 17 Grafik hasil benda uji pada parameter VFA dengan dan tanpa PET .....	104
Gambar 4. 18 Grafik hasil benda uji pada parameter Stabilitas dengan dan tanpa PET .....	105
Gambar 4. 19 Grafik hasil uji flow berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji tanpa dan dengan PET .....	106
Gambar 4. 20 Grafik hasil uji MQ berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji tanpa dan dengan PET .....	107

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gradasi agregat untuk campuran aspal Laston ( <i>AC</i> ) .....	7
Tabel 2. 2 Ketentuan - Ketentuan Untuk Aspal Keras .....	8
Tabel 2. 3 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston ( <i>AC</i> ) .....	9
Tabel 2. 4 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston yang dimodifikasi ( <i>AC mod</i> ) .....	10
Tabel 3. 1 Jenis pengujian agregat untuk campuran beraspal panas .....	41
Tabel 3. 2 Jenis pengujian agregat untuk campuran beraspal panas lanjutan.....	42
Tabel 3. 3 Jenis pengujian aspal untuk aspal campuran panas	42
Tabel 4. 1 Analisa saringan agregat kasar (20-40) mm Percobaan 1 .....	54
Tabel 4. 2 Analisa saringan agregat kasar (20-40) mm Percobaan 2 .....	55
Tabel 4. 3 Analisa saringan agregat kasar (5-10) mm Percobaan 1 .....	56
Tabel 4. 4 Analisa saringan agregat kasar (5-10) mm Percobaan 2 .....	57
Tabel 4. 5 Analisa saringan agregat kasar (0-5) mm Percobaan 1 .....	57
Tabel 4. 6 Analisa saringan agregat kasar (0-5) mm Percobaan 2 .....	58
Tabel 4. 7 Hasil uji sifat fisik agregat.....	59
Tabel 4. 8 Hasil pengujian karakteristik aspal .....	60
Tabel 4. 9 Hasil gabungan (combined aggregate) 3 fraksi .....	62
Tabel 4. 10 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8 % .....	70
Tabel 4. 11 Variasi campuran sampel aspal KAO 4,8% .....	70
Tabel 4. 12 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,3% .....	71

Tabel 4. 13 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,3% .....	71
Tabel 4. 14 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,8 % .....	71
Tabel 4. 15 Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (Gmb).....	72
Tabel 4. 16 berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan (Gmm) .....	73
Tabel 4. 17 VMA untuk menentukan KAO .....	74
Tabel 4. 18 VIM untuk menentukan KAO .....	76
Tabel 4. 19 VFA untuk menentukan KAO .....	78
Tabel 4. 20 Nilai Flow untuk menentukan KAO .....	80
Tabel 4. 21 Nilai stabilitas untuk menentukan KAO .....	81
Tabel 4. 22 Nilai MQ untuk menentukan KAO.....	83
Tabel 4. 23 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan plastik 2%.....	85
Tabel 4. 24 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 4% .....	86
Tabel 4. 25 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 6% .....	86
Tabel 4. 26 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 8% .....	87
Tabel 4. 27 Nilai VMA pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	88
Tabel 4. 28 Nilai VIM pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	90
Tabel 4. 29 Nilai VFA pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	92
Tabel 4. 30 Nilai Flow pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	94
Tabel 4. 31 Nilai stabilitas pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	96
Tabel 4. 32 Nilai MQ pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET .....	98

Tabel 4. 33 Rangkuman Perbedangan Uji Marshall .....	100
Tabel 4. 34 Rangkuman Perbedangan Uji Marshall Lanjutan	101
Tabel 4. 35 Harga satuan bahan.....	108
Tabel 4. 36 Total harga bahan beton aspal ATB tanpa PET ..	109
Tabel 4. 37 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 2% ke 2 .....	110
Tabel 4. 38 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 4% .....	112
Tabel 4. 39 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 6% .....	112
Tabel 4. 40 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 8% .....	113

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pemerintah Indonesia menargetkan akan mengurangi sampah plastik di laut sampai 70% selama delapan tahun mendatang. Untuk memenuhi target tersebut harus dibarengi berbagai kebijakan manajemen sampah dan pengurangan sampah dari darat. Pada tahun 2016 ada sekitar 65 juta ton sampah per harinya yang diproduksi masyarakat Indonesia. Jumlah ini naik satu ton dibandingkan produksi 2015 sekitar 64 juta ton sampah perhari [1]. Sampah plastik yang paling sering di jumpai merupakan sampah botol minum plastik yang hanya bisa digunakan sekali pakai sehingga terjadi penumpukan yang sangat dominan. Sampah botol yang pembuangannya semakin tidak terkontrol menjadi suatu masalah yang sangat mengkhawatirkan. Sampah jenis botol ini biasanya dapat ditemui dengan segitiga berangka satu, yang berjenis plastik PET (Polyethylene Terephthalate).

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, jalan nasional sepanjang 5.000 dari total 34.628 kilometer di sejumlah daerah di Indonesia dalam kondisi rusak sehingga membutuhkan perbaikan. Saat ini, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Direktorat Jenderal Bina Marga menargetkan akan membangun sekitar 258 kilometer jalan baru di wilayah perbatasan Indonesia [2].

Diperlukan inovasi untuk mencari metode pembangunan alternatif yang dapat menaikkan keefektifan penggunaan biaya yang ada. Inovasi yang dikembangkan ini harus menjawab kebutuhan pasar akan peningkatan infrastruktur yang baik. Sehingga lewat pemanfaatan sampah plastik ini, diharapkan mampu mengatasi kerusakan jalan yang terjadi dan meningkatkan mutu jalan. Seiring dengan volume dan beban

kendaraan yang cenderung terus bertambah. Diperlukan suatu inovasi dalam bidang pemeliharaan maupun pembangunan jalan baru guna mempertahankan atau menambah umur rencana jalan dalam melayanani beban lalu-lintas [2].

Mentri PUPR melalui badan penelitian dan pengembangan (Balitbang) telah melakukan penelitian terhadap pemanfaatan limbah plastik sebagai campuran aspal. Hasil penelitian tersebut telah dilakukan uji coba dengan mencoba aspal dengan campuran plastik sepanjang 700 meter di Universitas Udayana Bali. Pemanfaatan limbah plastik untuk aspal ini diharapkan dapat menjadi solusi yang tepat terhadap permasalahan sampah di Indonesia [3].

Pada penelitian ini digunakan beton aspal pada lapisan pondasi berdasarkan spesifikasi Bina Marga. Campuran aspal beton lapis pondasi pada umumnya disebut Asphalt Treated Base (ATB) atau Asphalt Concrete Base (AC-Base) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu. Lapis aspal beton pondasi atas memiliki sifat-sifat seperti open grade, kurang kedap air dan mempunyai nilai struktural [4]. Dalam hal ini penambahan limbah botol plastik diharapkan dapat meningkatkan kualitas perkerasan aspal beton dan mengetahui sifat-sifat campuran melalui karakteristik Marshall pada campuran tersebut .

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut beberapa permasalahan yang dapat dikaji dan diuji, sebagai berikut:

- a. Bagaimana sifat dan pengaruh limbah botol plastik PET terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis pondasi (AC-Base) atau ATB?
- b. Bagaimana menentukan komposisi campuran plastik terhadap aspal?

- c. Bagaimana perbandingan harga pada variasi komposisi campuran?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang akan menjelaskan permasalahan tersebut dapat dirincikan sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh penggunaan plastik terhadap campuran aspal beton lapis pondasi AC-Base/ ATB
- b. Mengetahui sifat-sifat campuran limbah plastik dalam aspal dan membandingkan dengan aspal tanpa limbah plastik, yang dapat diketahui melalui percobaan campuran meliputi :
  - Persentase rongga dalam campuran (*Void*)
  - Kelehan (*Flow*)
  - Stabilitas (*Stability*)
  - Hasil bagi marshall (*Marshall Quotinent*)
- c. Mengetahui perbandingan harga pada aspal modifikasi limbah botol plastik dan membandingkan dengan sifat-sifat aspal tanpa modifikasi.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar penulisan ini tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan maka batasan-batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan campuran menggunakan perencanaan campuran untuk lapis pondasi AC-Base yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III 2010
- b. Jenis perkerasan berupa aspal beton lapis pondasi (AC-Base)/ *Asphalt Treated Base* (ATB)

- c. Jenis botol plastik yang digunakan tipe 1 *Polyethylene Terephthalate* (PET)
- d. Jenis aspal dengan penetrasi 60/70
- e. Kadar penambahan plastik dengan variasi 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8% dari berat aspal
- f. 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 Lapis Pondasi Laston**

Berdasarkan spesifikasi umum revisi 3 tahun 2010 Lapis pondasi, *AC-Base (Asphalt Concrete – Base)* atau *ATB (Asphalt Treated Base)*, merupakan perkerasan yang terletak dibawah lapis pengikat (*AC-BC*), perkerasan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarluaskan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Lapisan perkerasan ini terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan ini mempunyai fungsi memberi dukungan lapis permukaan, mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan dibawahnya (*Sub Grade*). Tebal minimum untuk lapis pondasi 7,5 cm dan ukuran maksimum agregat 37,5 mm [4].

Laston secara umum digunakan secara luas di berbagai negara telah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Lapis Aspal Beton (Laston) secara umum terdiri dari tiga jenis campuran. Setiap lapisan pada aspal ini memiliki tebal minimum dan ukuran maksimum agregat yang disyaratkan Berdasarkan spesifikasi umum revisi 3 tahun 2010.

## 2.2 Agregat

Agregat atau batu atau granular adalah material berbutir yang keras dan kompak. Agregat mencakup batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasaran transportasi, khususnya dalam perkerasan jalan. Daya dukung perkeraan jalan ditentukan oleh karakteristik ageregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Laston Atas atau lapisan pondasi atas (AC- Base) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapisan ini terletak di bawah lapis pengikat (AC- BC), perkeraan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarluaskan melalui roda kendaraan. Lapis Pondasi (AC- Base) berfungsi untuk memberi dukungan lapis permukaan, mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*sub grade*) [5]. Gradasi agregat untuk lapisan aspal beton dapat dilihat dalam **tabel 2.1** berikut :



**Tabel 2. 1 Gradasi agregat untuk campuran aspal Laston (AC)**

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
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

*Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*

*Revisi 3 tahun 2010*

## 2.3 Aspal

Aspal atau bitumen adalah bahan hidrokarbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis yang berasal dari alam atau pengolahan minyak bumi. Aspal dapat dimodifikasi dengan menggunakan polimer yang diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu: elastomer termoplastik, plastomers, dan polimer reaktif. Aspal merupakan bahan pengikat pada campuran yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur [6]. Pada penelitian ini digunakan nilai penetrasii 60/70 yang

memang sesuai untuk jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah yang bercuaca panas seperti di Indonesia. Berdasarkan peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Ketentuan untuk jenis aspal yang digunakan dapat dilihat dalam **tabel 2.2** berikut:

**Tabel 2. 2 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	ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	≤2.2	≤2.2	≤2.2

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya Revisi 3 tahun 2010

Ketentuan sifat - sifat campuran beraspal mengenai campuran beraspal jenis laston yang juga menjadi acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut ini:

**Tabel 2. 3 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston (AC)**

Sifat – sifat Campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.		1,0
	Maks.		1,4
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	
Pelelehan	Min.	2	
	Maks.	4	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>0</sup> C	Min.	90	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2	

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya Revisi 3 tahun 2010

Adapun mengenai sifat - sifat campuran laston yang dimodifikasi (*Asphalt concrete – Mod*) ketentuannya diatur dalam **tabel 2.4** berikut :

**Tabel 2. 4 Ketentuan sifat – sifat campuran Laston yang dimodifikasi (AC mod)**

Sifat – sifat Campuran	Laston		
	Lapis aus	Lapis antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75	112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.		1,0
	Maks.		1,4
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3.0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000	
Pelelehan	Min.	2	3
	Maks.	4	6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>0</sup> C	Min.	90	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2	
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min.	2500	

Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya Revisi 3 tahun 2010



## 2.4 PET (*Polyethylene Terephthalate*)

PET adalah polimer sintetik termoplastik semi-kristal yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi. Sifat plastik jenis ini adalah tembus pandang (transparan), bersih dan jernih. Tahan terhadap pelarut organik seperti asam-asam organik dari buah-buahan sehingga dapat digunakan untuk mengemas minuman sari buah serta kuat dan tidak mudah sobek. PET memiliki berat jenis 1,38 gr/cm<sup>3</sup> (20°C), titik leleh 200°C-250°C, titik didih 350°C (terdekomposisi), modulus elastisitas 2800-3100 MPa, dan kuat tarik 55-75 MPa. Botol minuman plastik yang beredar di indonesia terbuat dari PET yang dapat dikenali dengan simbol angka 1 pada bagian dasar botol. Penggunaan PET sangat luas antara lain untuk botol-botol air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan [7].

## 2.5 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 :

### 2.5.1 Density

Kepadatan (Density) 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 pemanasan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukan [5]. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan baik mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah.

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

Menurut Sukirman *Void In Mix* (VIM) adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton dipadatkan. *Void In Mix* dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemanasan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *Void In Mix* yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal padat berkurang kekakuan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang akan mempercepat penuaan aspal dan akan menurunkan sifat *durabilitas* beton aspal [5]. Namun, jika *Void In Mix* terlalu kecil akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* jika temperatur meningkat. Sedangkan, Menurut Soehartono rongga di dalam campuran adalah perbandingan volume rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persen [6].

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

*Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga dalam agregat padat yang tersisi aspal. Nilai VFA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi. 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 Aggregate* (VMA) yang telah terisi aspal efektif dan dinyatakan dalam persen [6].

#### 2.5.4 Stabilitas *Marshall*

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan rendah [5]. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*)
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar
- c. Agregat yang berbentuk kubus
- d. Aspal dengan penetrasi rendah
- e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

#### 2.5.5 Peleahan (*Flow*)

*Flow* adalah besarnya perubahan bentuk plastik suatu benfa uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban

sampai batas keruntuhan, dan dinyatakan dalam satuan panjang.

*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 pemanasan. 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 [6].

### 2.5.6 *Marshall Quotient*

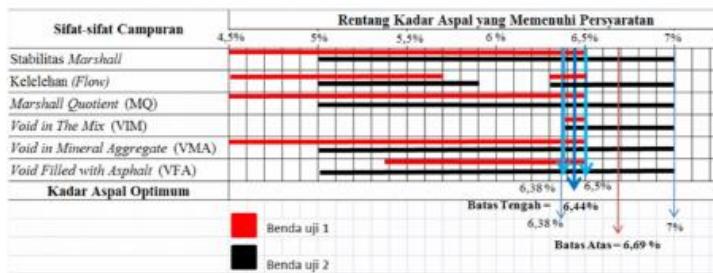
Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stability*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas rentuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 [5].

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan dapat diketahui beberapa pembahasan, pengkajian atau penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dalam bentuk jurnal, seminar nasional , dan lain – lain. Berikut penjelasannya :

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Prameswari, Pratomo, & Herianto, 2016) dalam jurnalnya yang berjudul

Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter *Marshall* dapat diketahui bahwa kadar aspal yang memenuhi ke enam sifat campuran adalah 6,44 % untuk gradasi batas tengah dan 6,69 % untuk gradasi batas atas. Dari kedua nilai tersebut diambil nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,44 %. Hal ini dikarenakan nilai tersebut lebih mendekati nilai Pb. Untuk hasil pengujian *marshall* untuk benda uji kadar aspal optimum yang hasilnya telah memenuhi syarat spesifikasi baik itu kelompok gradasi batas tengah maupun batas atas [9].

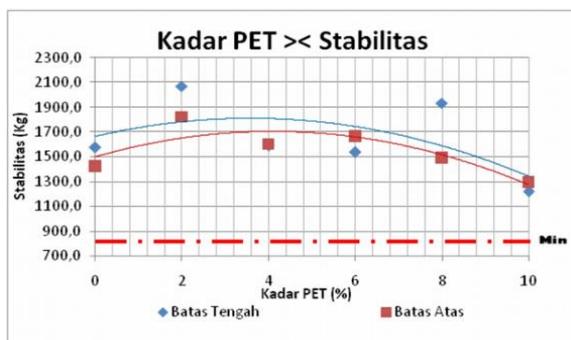


Gambar 2. 1 Grafik Bar-Chart untuk penentuan KAO

Dalam penelitian tersebut dilakukan penambahan bahan tambahan berupa PET yang digunakan sebagai pembanding adalah campuran aspal KAO yang tidak diberi tambahan PET atau KAO dengan penambahan PET 0%. Disini akan dilakukan lima variasi penambahan PET yang diambil dari persen berat aspal tiap-tiap kelompok benda uji. Untuk komposisi tiap-tiap bahan benda uji ini diambil dari perhitungan komposisi kadar aspal optimum, sehingga yang membedakan adalah banyaknya persentase kadar PET yang akan ditambahkan ke dalam campuran untuk setiap kelompok benda uji baik gradasi batas atas maupun gradasi batas tengah.

Ada 6 variasi kadar PET yang dilakukan untuk penambahan pada campuran aspal KAO. Yaitu 2 %, 4 %, 6 %, 8 % dan 10 %. Persentase berat PET ini diambil dari berat aspal yang telah didapat dari proses perhitungan komposisi bahan seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Berikut penjelasan untuk masing-masing berat yang akan ditambahkan kedalam campuran tersaji dalam **gambar 2.2** hingga **gambar 2.7**

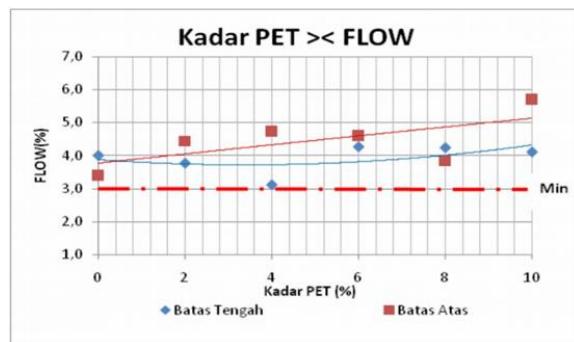
#### a. Stabilitas



**Gambar 2. 2 Grafik nilai Stabilitas terhadap penambahan PET**

Dari **gambar 2.2**, terlihat bentuk grafik menyerupai parabola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya. 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 %.

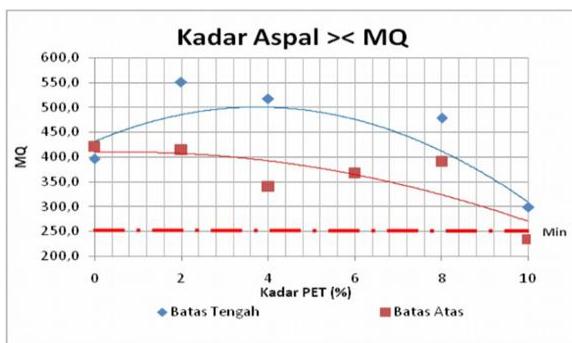
b. Flow



Gambar 2. 3 Grafik nilai Flow terhadap penambahan PET

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *flow* ada yang mengalami peningkatan dan penurunan. Besar nilai *flow* dipengaruhi oleh besar kadar rongga dalam campuran, semakin banyak rongga yang tercipta menciptakan ronggarongga yang nantinya bisa terisi oleh udara karena tidak terisi *filler* ataupun aspal, sehingga ketika di uji dengan pembebangan benda uji cenderung cepat retak.

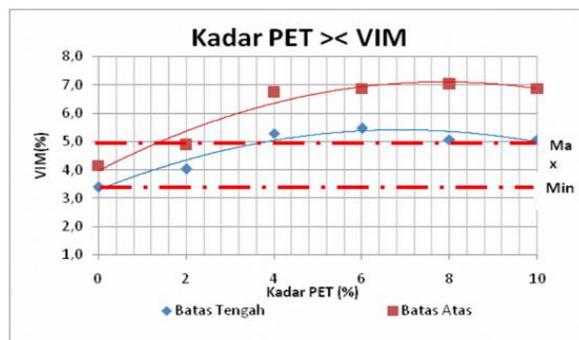
c. Marshall Quotinent



Gambar 2. 4 Grafik nilai Marshall terhadap penambahan PET

Nilai *marshall questinent* didapat dari hasil pembagian antara nilai stabilitas dan juga *flow*. MQ merupakan angka yang menyatakan tingkat kelenturan (*flexibility*) suatu campuran. 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 %.

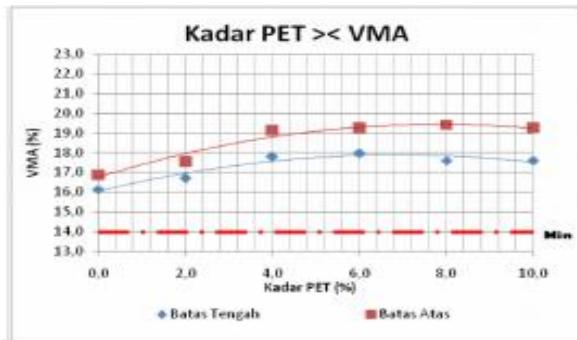
#### d. VIM



**Gambar 2. 5 Grafik nilai VIM terhadap penambahan PET**

Nilai VIM yang memenuhi standar adalah pada penambahan kadar PET 2% untuk kelompok benda uji batas tengah dan batas atas. Semakin besar persen kadar VIM menunjukkan semakin rendah kekuatan campuran aspal tersebut. 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 memperpendek umur campuran beraspal.

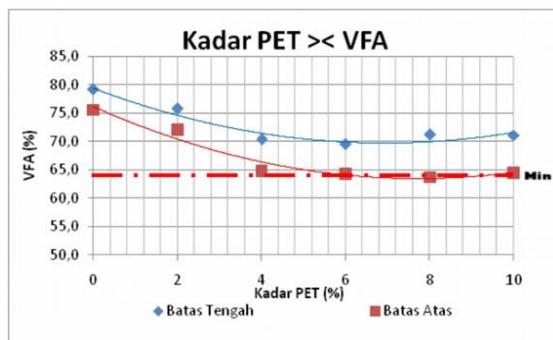
e. VMA



Gambar 2. 6 Grafik nilai VMA terhadap penambahan PET

Dari grafik diatas diketahui bahwa untuk kelompok benda uji batas tengah maupun kelompok benda uji batas atas telah memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai VMA minimum sebesar 14%. Dan terlihat dari garis grafik semakin bertambah kadar PET maka semakin meningkat nilai VMA nya. Nilai VMA ini juga sama menentukannya seperti nilai VIM faktor yang mempengaruhinya pun sam seperti nilai VIM.

f. VFA



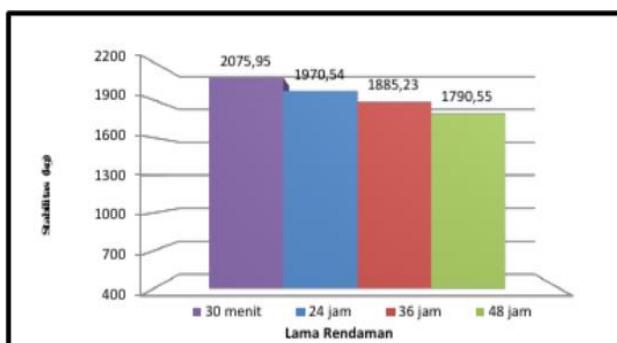
Gambar 2. 7 Grafik nilai VFA terhadap penambahan PET

Dari **gambar 2.7** dapat dilihat bahwa nilai VFA untuk kelompok benda uji batas tengah dan kelompok benda uji batas atas nilainya cenderung terus menurun seiring bertambahnya kadar PET. 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 ronggarongga yang ada.

Dari hasil perhitungan dan analisa maka didapatkan kesimpulan bahwa PET merupakan salah satu jenis sampah an-organik sulit terurai dan sering kita temui danhasilkan dalam kegiatan sehari-hari dan dapat dimanfaatkan untuk bahan tambahan pada campuran aspal khususnya lapisan AC-BC. Sedangkan, pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan jenis aspal *LASTON AC-Base* atau biasa disebut *ATB*. Penambahan PET pada campuran ini dilakukan dengan proses kering yaitu PET dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Pada penelitian yang akan dilakukan dengan menggunakan proses campuran basah yaitu dengan mencampurkan aspal panas dengan plastik bekas botol minum yang telah dicacah dan kemudian di campurkan dengan agregat panas. Dengan adanya PET dalam campuran aspal diketahui dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal dibandingkan dengan campuran tanpa penambahan PET. Kadar penambahan PET pada *Laston Lapis Pengikat Teknologi Embossed* Terhadap Parameter Marshall memenuhi keenam persyaratan karakteristik *marshall* dan volumetrik campurannya adalah kadar 2%.

Sedangkan menurut dalam hasil percobaanya mengenai pengaruh (Pratama, 2017) variasi lama perendaman beton aspal menggunakan bahan limbah botol plastik pada aspal dan filler batubara yang menganalisa aspal pen. 60/70 yang telah ditambahkan plastik PET 3% terhadap parameter Marshall pada Kadar Aspal Optimum dan variasi perendaman 30 menit, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam dari KAO [10]. Berikut merupakan hasil dari pengujianya :

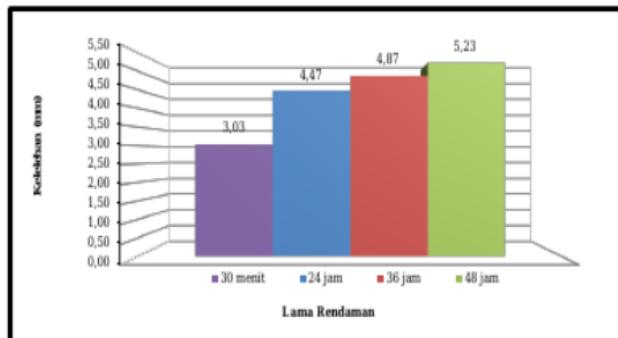
a. Stabilitas



**Gambar 2. 8 Pengaruh lama perendaman terhadap STABILITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.8** menunjukkan nilai stabilitas untuk semua variasi rendaman dengan presentasi plastik PET 3% memenuhi persyaratan yaitu  $> 1000$  kg. Peningkatan nilai stabilitas ini selain disebabkan karena semakin lama direndam maka berkurang daya lekat aspal dan semakin renggang interlocking antar butiran. Penambahan bahan tambah seperti plastik kedalam campuran dapat memberikan daya tahan yang lebih baik terhadap suhu tinggi maupun beban lalu lintas. Penambahan bahan tambah pada aspal memberikan indikasi memperbaiki ketahanan gaya geser pada suhu tinggi sehingga mencegah terjadinya kerusakan.

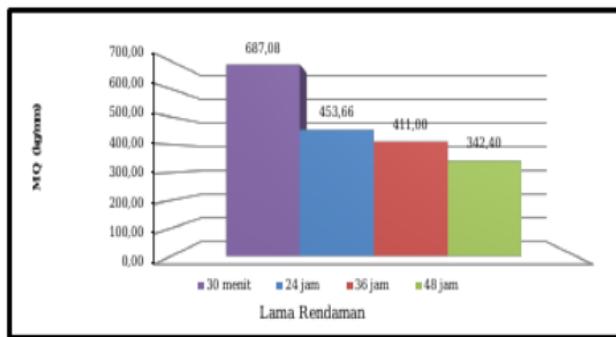
b. Flow



**Gambar 2. 9 Pengaruh lama perendaman terhadap FLOW dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.9** menunjukkan bahwa semakin lama perndaman nilai flow pada aspal beton AC-WC terus meningkat. Campuran aspal beton dengan penambahan plastik PET 3% memenuhi semua spesifikasi yaitu min. 3. Nilai flow tertinggi menunjukkan perubahan bentuk (deformasi plastis) akibat pembebanan sehingga bisa terhindar dari keretakan.

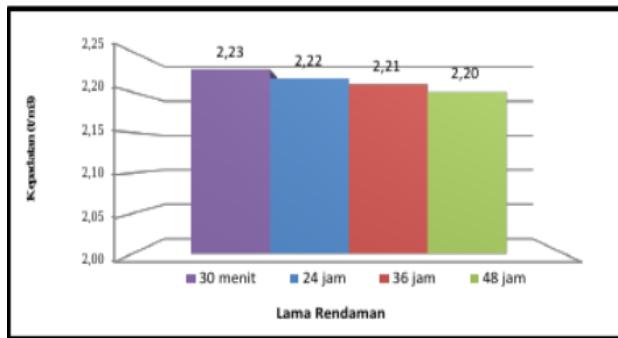
c. Marshall Quotinent



**Gambar 2. 10 Pengaruh lama perendaman terhadap dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.10** memperlihatkan bahwa nilai Marshall pada campuran aspal beton AC-WC dengan penambahan plastik PET 3% terus menurun.nilai Marshall aspal beton AC-WC dari prresentase plastik 3% memenuhi persyaratan untuk nilai Marshall Quotinent yaitu min. 300 kg/mm.

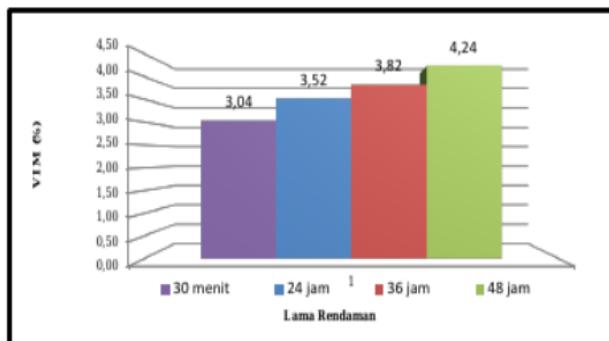
#### d. Density



**Gambar 2. 11 Pengaruh lama perendaman terhadap DENSITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.11** menunjukkan nilai Density dari presentase plastik PET 3% mengakibatkan density mengalami tingkat penurunan yang relatif kecil. Tingkat penurunan pada setiap variasi rendaman disebabkan karena komposisi campuran setelah substitusi plastik PET tidak bberubah dan juga berat jenis mineral yang akan mengisi sebagian agregat halus dalam campuran memeliki nilai berat jenis yang sama dngan agregat yang digunakan dalam campuran. Dari semua hitungan menunjukkan nilai Density pada semua variasi memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 2 gr/cm3.

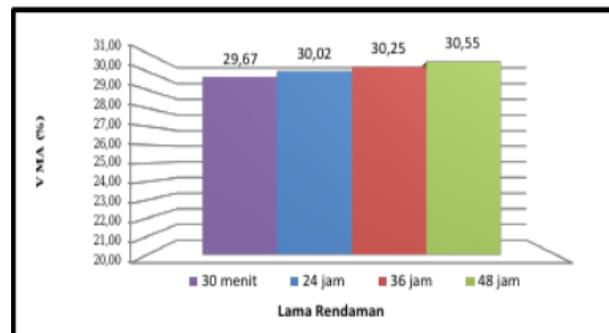
## e. VIM



**Gambar 2. 12 Pengaruh lama perendaman terhadap VIM dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.12** menunjukkan penambahan plastik PET 3% terhadap variasi rendaman menyebabkan nilai VIM semakin besar hal ini dikarenakan aspal sebagai bahan yang mengisi pori-pori menjadi lebih keras sehingga pori-pori atau rongga antar agregat yang tidak terisi semakin besar. Dari semua variasi rendaman campuran aspal-beton AC-WC memenuhi persyaratan VIM yaitu dalam 3% sampai dengan 5%.

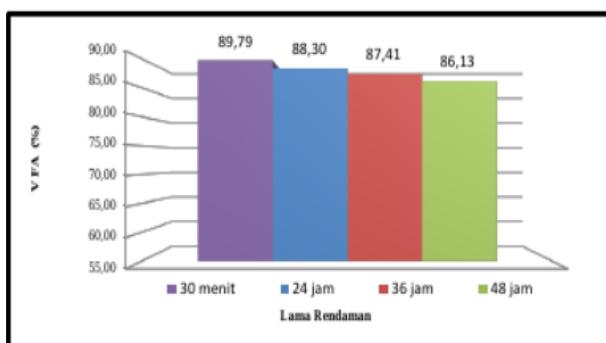
## f. VMA



**Gambar 2. 13 Pengaruh lama perendaman terhadap VMA dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Pada **gambar 2.13** menunjukkan semakin meningkat, karena semakin banyak aspal dengan penambahan plastik PET yang menyelimuti butir agregat, sehingga membentuk selimut butir aggregat yang tebal sehingga rongga antar agregat semakin besar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai VMA masih memenuhi persyaratan.

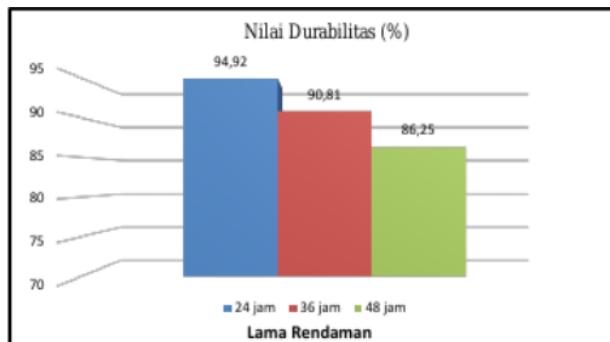
g. VFA



**Gambar 2. 14 Pengaruh lama perendaman terhadap VFA dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.14** menunjukkan terjadinya penurunan nilai VFA. Hal ini disebakan lamanya perendaman sehingga aspal beton AC-WC terhadap presentase PET 3% menjadi semakin tidak kuat nilai VFA masih memenuhi persyaratan untuk campuran aspal beton AC-WC yaitu lebih besar dari 65%.

#### h. Durabilitas



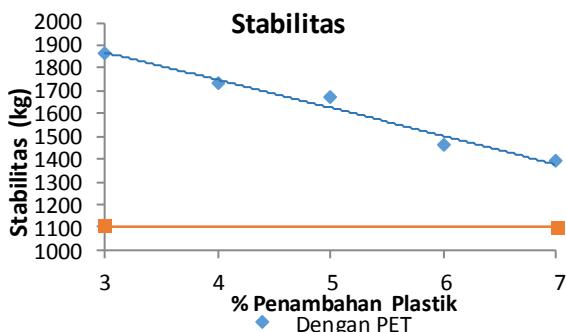
**Gambar 2. 15 Pengaruh lama perendaman terhadap DURABILITAS dalam KAO dengan penambahan PET 3%**

Dari **gambar 2.15** terlihat bahwa nilai durabilitas campuran aspal beton AC-WC mengalami penurunan. Namun, nilai durabilitas untuk semua variasi rendaman yang memenuhi nilai durabilitas min. 90% hanya pada rentang waktu 24 jam dan 36 jam. Nilai durabilitas tidak memenuhi persyaratan pada rendaman 48 jam disebabkan waktu perendaman yang lama.

Dari percobaan yang telah dilakukan dalam pengaruh variasi lama perendaman beton aspal menggunakan bahan limbah botol plastik pada aspal dan filler batubara yang menganalisa aspal pen. 60/70 yang telah ditambahkan plastik PET 3% terhadap parameter Marshall pada Kadar Aspal Optimum. Pada penelitian tersebut juga dilakukan variasi perendaman 30 menit, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam dari KAO. Sedangkan, dalam penelitian yang akan dilakukan hanya akan dilakukan perendaman selama 24 jam dan digunakan jenis aspal AC-Base yang berbeda dari penelitian tersebut yang menggunakan jenis aspal AC-WC.

Berdasarkan penelitian terbaru yang diterbitkan tahun 2018 yang dilakukan oleh (Iqbal, 2018) dengan judul Penggunaan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Lapisan Aspal Beton (Laston) didapatkan hasil akhir dari uji sampel aspal beton dengan tambahan plastik dan tanpa penambahan plastik dengan nilai parameter – parameter marshall [11].

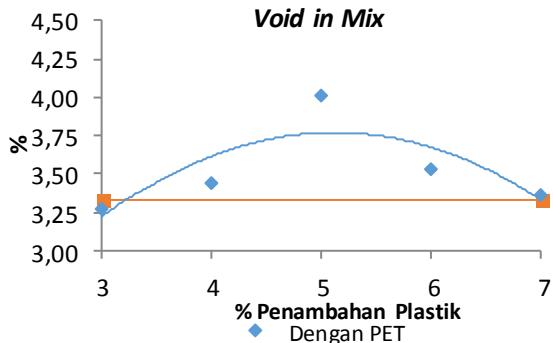
#### a. Stabilitas



**Gambar 2. 16 Perbandingan Stabilitas dengan Penambahan PET 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%.

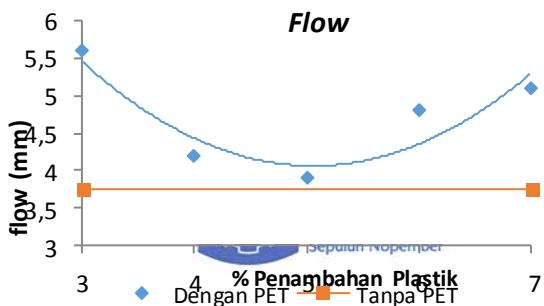
b. *Void In Mix*



**Gambar 2. 17 Perbandingan Void In Mix dengan Penambahan PET dan Tanpa PET**

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%.

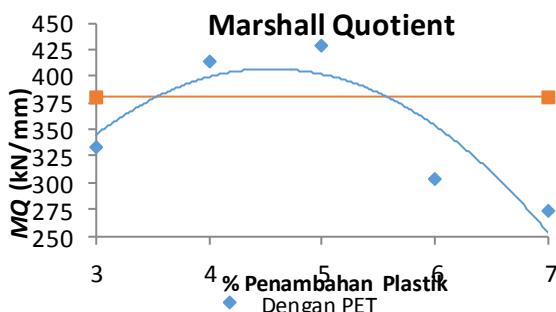
c. Flow



**Gambar 2. 18 Perbandingan Flow dengan Penambahan PET dan Tanpa 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%.

d. Marshall Quotient



**Gambar 2. 19 Perbandingan Marshall Quotinen dengan Penambahan PET dan Tanpa PET**

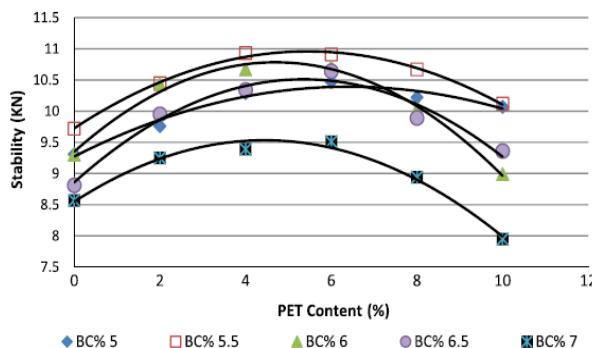
Grafik yang ditunjukkan diatas menunjukkan bahwa pada campuran aspal dengan penambahan plastik mempunyai nilai *MQ* yang lebih besar. *MQ* pada campuran dengan penambahan kadar plastik didapat hasil tertinggi sebesar 427,77 kg/mm, sedangkan pada campuran tanpa penambahan kadar plastik hasil didapat sebesar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

Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan terhadap material penyusun aspal, baik meliputi agregat, aspal, dan plastik pada campuran aspal beton dalam penelitian ini, didapatkan Komposisi campuran plastik pada kadar 5,7%

merupakan komposisi campuran yang optimal. Perbedaan dengan pengujian yang akan dilakukan hanya terletak pada lapisan aspal AC-Base.

Dalam percobaan yang dilakukan oleh esmaeil ahmadinia dkk. menggunakan variasi campuran kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dari berat agregat dan dengan variasi penambahan PET 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% pada setiap kadar aspal tersebut. Proses pematannya dengan 50 kali pukulan pada setiap sisi [12]. Sehingga hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

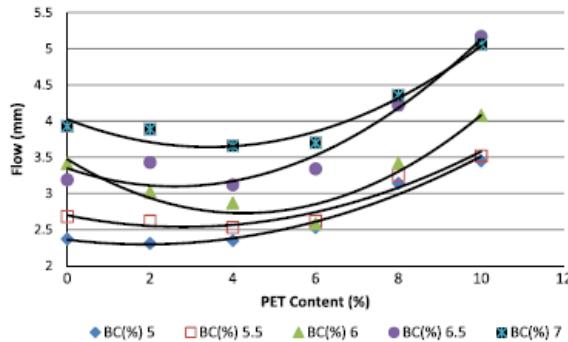
### 1. Stabilitas



**Gambar 2. 20 Nilai Stabilitas Marshall versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC)**

**Gambar 2.20** menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang berbeda dari setiap konten pengikat setelah ditambahkan PET, nilai stabilitas meningkat hingga mencapai tingkat maksimum, yaitu sekitar 6% kadar PET pada setiap kadar aspal, setelah itu berkurang kembali. Nilai Stabilitas Marshall umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan campuran kontrol (campurkan dengan PET 0%). Satu-satunya campuran yang memberikan nilai stabilitas yang lebih rendah adalah campuran dengan PET 10%.

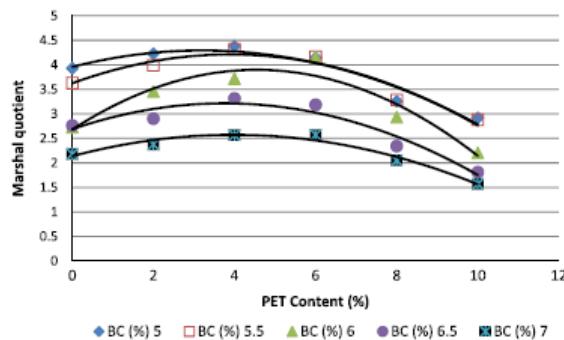
## 2. Flow



**Gambar 2. 21 Nilai Flow versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC)**

Seperti yang ditampilkan di **gambar 2.21**, peningkatan PET menyebabkan flow turun pada kadar PET 4% dan kemudian berubah naik ke atas. Hasil ini dapat berkontribusi pada pembentukan campuran kaku. Namun, persentase PET yang tinggi menyebabkan aliran meningkat sementara stabilitas menurun.

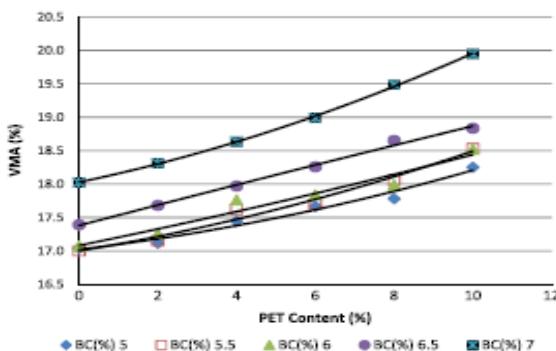
## 3. Marshall Quotinent



**Gambar 2. 22 Nilai Marshall Quotinent versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC)**

Karena Marshall Quotient (MQ) merupakan indikator perlawanannya terhadap deformasi campuran Aspal. Nilai MQ dihitung untuk mengevaluasi ketahanan deformasi spesimen. **Gambar 2.22** menunjukkan, pada kadar PET 2%, 4% dan 6% memiliki MQ yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol campuran. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa karena MQ yang tinggi, campuran aspal dengan PET memiliki kekakuan yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi sebagai akibat dari pembebatan yang berat.

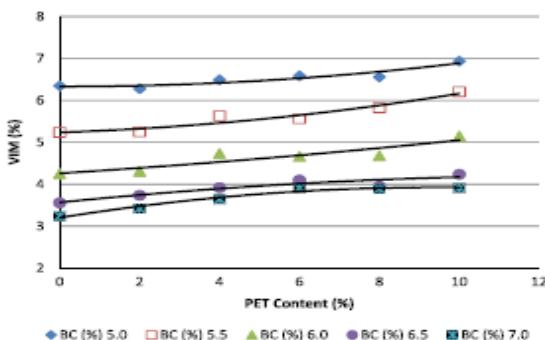
#### 4. VMA



**Gambar 2. 23** Nilai VMA versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC)

*Void in mineral aggregate* (VMA) menyediakan ruang untuk pengikat pada partikel agregat. Ketahanan campuran meningkat dengan ketebalan film pada partikel agregat. Nilai VMA versus PET untuk berbagai persentase konten pengikat diilustrasikan dalam **gambar 2.23**. Semua nilai VMA, meningkat seiring dengan peningkatan kandungan PET dan kadar aspal dalam kombinasi. Nilai VMA juga lebih tinggi dibandingkan dengan campuran kontrol.

## 5. VIM



**Gambar 2. 24 Nilai VIM versus konten PET untuk setiap konten pengikat (BC)**

Pada **gambar 2.24** menunjukkan, meningkatkan kandungan PET dalam hasil campuran dalam lebih banyak rongga udara dalam campuran sebagai akibat dari PET yang dicincang yang digunakan dalam campuran, yang tetap dalam bentuk kristal, juga digunakan untuk mengevaluasi signifikansi peran dan efek dari masing-masing faktor yang terlibat dalam menentukan sifat campuran.

Kesimpulan yang diperoleh melalui studi ini dapat berkontribusi dalam penggunaan kembali bahan limbah dalam industri dengan cara yang ramah lingkungan dan ekonomis untuk membantu tidak hanya membuat konstruksi jalan dan proyek perkerasan lebih ekonomis tetapi juga menyelesaikan beberapa masalah lingkungan seperti pembuangan limbah padat. Jumlah yang tepat dari PET yang ditambahkan ditemukan 6% berat aspal. Persentase ini menghasilkan tingkat stabilitas maksimum dan MQ tinggi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## BAB 3

### METODOLOGI

#### 3.1 Waktu & Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan sejak 05 Maret 2018 sampai dengan 18 Mei 2018 dan diuji pada Laboratorium Trasnportasi Fakultas Vokasi, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Dalam penelitian tugas akhir ini bahan yang digunakan meliputi agregat (20-40) mm, agregat (5-10) mm, agregat (0-5) mm berasal dari pabrik crusher kota Mojokerto, Jawa Timur sedangkan aspal yang digunakan diproduksi oleh Pertamina dengan penetrasi 60/70 dan plastik PET berasal dari sampah botol air mineral.

#### 3.2 Peralatan

##### 3.2.1 Satu set saringan (Sieve)

Digunakan untuk mengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan sehingga memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus. Saringan agregat dapat dilihat pada **gambar 3.1** berikut:



Gambar 3. 1 Satu set saringan agregat

### 3.2.2 Alat Uji Aspal

Digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain seperti uji penetrasi, uji kehilangan berat, uji daktilitas, uji berat jenis, uji titik nyala dan uji titik lembek. Berikut contoh setiap aspal dapat dijelaskan pada **gambar 3.2** berikut:



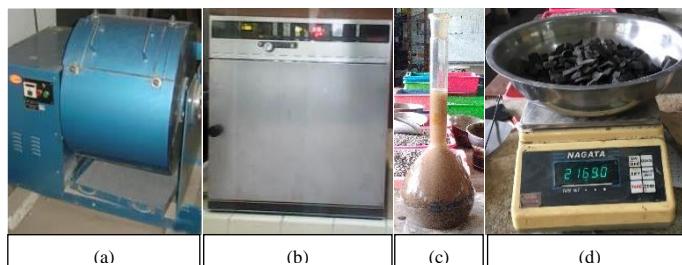
Gambar 3. 2 Pengujian aspal

- a. Uji penetrasi aspal digunakan untuk menentukan nilai penetrasi pada aspal sehingga dapat diketahui mutunya. Pengujian penetrasi aspal ini menggunakan alat yang bernama penetration test, alat inilah yang akan membantu kita untuk menentukan seberapa besar penetrasi aspal yang di uji.
- b. Uji titik lembek aspal dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antar 300 C sampai dengan 2000 C pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada tinggi tertentu, akibat pemanasan.
- c. Uji titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk menentukan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga tidak terbakar. Jika terbakar tentunya akan menyebabkan menurunnya kualitas aspal.
- d. Uji daktilitas digunakan untuk mengetahui kekenyalan aspal. Kekenyalan aspal dapat dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat ditetapkan sebelum putus
- e. Uji kehilangan berat bertujuan untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang serta mengukur perubahan kinerja aspal akibat kehilangan berat. Dalam evaluasi ini dilakukan perbandingan karakteristik sebelum dan sesudah kehilangan berat.
- f. Uji berat jenis aspal bertujuan untuk mengetahui berat jenis aspal keras yang terdapat di laboratorium.

Besarnya berat jenis aspal penting dalam perencanaan campuran agregat dan aspal, karena pada umumnya berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan kadar aspal dalam suatu campuran.

### 3.2.3 Alat Uji Agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = SSD), berat jenis semu (apparent), penyerapan dari agregat halus dan mengetahui tingkat ketahanan aus kerikil/batu pecah dengan menggunakan alat mesin Los Angeles. Pengujian ketahanan aus kerikil dengan cara ini memberikan gambaran yang berhubungan dengan kekerasan dan kekuatan kerikil, serta kemungkinan terjadinya pecah butir-butir kerikil selama penumpukan. Alat yang digunakan antara lain:

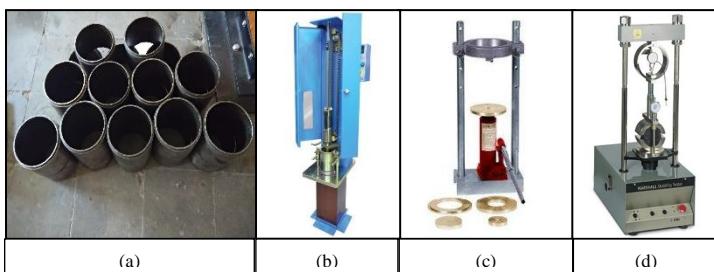


**Gambar 3. 3 Pengujian agregat**

- a. Mesin *Los Angeles* (tes abrasi),  
 b. Alat pengering yaitu oven  
 c. Piknometer  
 d. Timbangan dan bejana.

### 3.2.4 Alat uji karakteristik *Marshall*

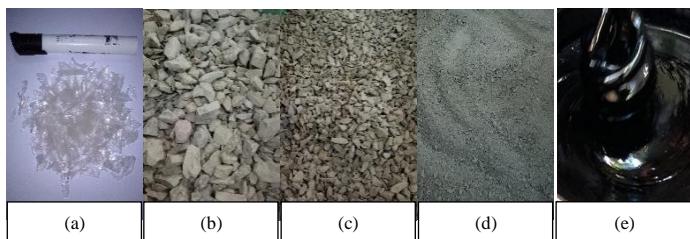
Alat uji yang digunakan yaitu seperangkat alat untuk metode *Marshall* antara lain :



**Gambar 3. 4 Alat uji dan pembuatan benda uji**

- Alat cetak benda uji bentuk silindir, dengan dimensi diameter 4 inc dan tinggi 3 inc
- Marshall automatic compactor*, untuk pemanjangan campuran
- Ejektor, untuk mengeluarkan benda uji setelah pemanjangan
- Alat tekan *Marshall* yaitu kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujian kapasitas (5000 lbs) yang telah dilengkapi arloji pengukur flow meter

### 3.3 Bahan



**Gambar 3. 5 Material**

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan meliputi :

- Limbah botol plastik berjenis Plastik PET Cacah
- Agregat kasar 20-40 mm
- Agregat medium 5-10 mm
- Agregat halus 0-5 mm
- Aspal penetrasi 60/70

### 3.4 Tahapan Penelitian

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

#### 3.4.1 Persiapan

Mengenai tahap persiapan yang perlu dilakukan yaitu menyiapkan bahan dan pengecekan alat-alat yang digunakan. Mendatangkan dan mengecek kembali bahan dan alat yang diperlukan nantinya.

### 3.4.2 Pemeriksaan Material

#### a. Agregat

Agregat sangat diperlukan sebagai komponen utama dari struktur perkerasan jalan termasuk jenis ATB yang meliputi agregat kasar 20-40 mm, agregat medium 5-10 mm dan agregat halus 0-5 mm. Untuk memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan maka perlu dilakukan pengujian yang acuan pengujinya dapat dilihat dalam **tabel 3.2** berikut :

**Tabel 3. 1 Jenis pengujian agregat untuk campuran beraspal panas**

Nomor Standar	Judul Pengujian
SNI 03-2417-1991	Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles
SNI 03-4142-1996	Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)
SNI 03-1968-1990	Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar
SNI 03-4428-1997	Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir
SNI 03-4141-1996	Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat
SNI 03-1969-1990	Metode pengujian Berat jenis dan Penyerapan air aggregat kasar
SNI 03-1970-1990	Metode pengujian Berat jenis dan Penyerapan air aggregat halus
SNI 06-2439-1991	Metode pengujian kelekatan agregat terhadap aspal

**Tabel 3. 2 Jenis pengujian agregat untuk campuran beraspal panas lanjutan**

Pennsylvania DoT Test No. 621	Determining the percentage of crushed fragments in gravel
AASHTO TP-33	Test procedure for finr agregat angularity
BS 812-1975	Pemeriksaan kepipihan dan kelonjongan agregat
SNI 03-3416-1994	Metode pengujian partikel ringan dalam agregat
ASTM D 75-87	Sampling aggregates

*Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*

### b. Aspal Penetrasi. 60/70

Dilakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kadar air, titik nyala, serta kehilangan berat sesuai peraturan yang telah ada yaitu standar nasional Indonesia yang dapat digunakan sebagai acuan untuk metode pengujian aspal dan dapat dilihat dalam **tabel 3.1** berikut :

**Tabel 3. 3 Jenis pengujian aspal untuk aspal campuran panas**

Spesifikasi atau judul pengujian	Metode Pengujian
1. Penetrasi	SNI 06-2456-1991
2. Titik Lembek	SNI 06-2434-1991
3. Daktilitas	SNI 06-2432-1991
4. Titik Nyala	SNI 06-2433-1991
5. Berat Jenis	SNI 06-2488-1991
6. Kehilangan berat	SNI 06-2441-1991

*Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya*



### 3.4.3 Penentuan Gradasi Agregat

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan kemampuan yang optimal maka diperlukan perencanaan campuran yang memenuhi spesifikasi, antara lain :

- c. dilakukan proses mengayak agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan.
- d. Gradasi campuran agregat yang digunakan adalah campuran Asphalt Concrete. Perencanaan campuran aspal AC-Base dilakukan dengan menggunakan batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan Bina Marga 2010.
- e. Menentukan dan menganalisa komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan Bina Marga, sehingga didapat komposisi masing – masing agregat.

### 3.4.4 Merencanakan Campuran Aspal (*Blending Aggregate*)

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

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

Dimana ,

Pb : 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  $\pm 0.5$  untuk Laston)

- b. Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (BJ Max) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
- c. Kemudian menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat, dan menghitung kebutuhan agregat setiap sampel berdasarkan persentase tertahan.

#### 3.4.5 Pembuatan Benda Uji

- a. Menimbang agregat sesuai dengan berat persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak yang dibutuhkan dengan masing-masing variasi kadar aspal.
- b. Memanaskan aspal hingga suhu  $155^{\circ}\text{C}$  agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap terjaga (konstan) maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata. Suhu pencampuran agregat dengan aspal pada suhu  $155^{\circ}\text{C}$  dan pemanasan suhu nya berkisar antara  $145^{\circ}\text{C}$ .
- c. Kemudian melakukan pemanasan standar dengan alat *Marshall Automatic Compactor* dengan jumlah tumbukan 75 kali.
- d. Benda uji didiamkan supaya suhunya turun, setelah itu benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode dengan menggunakan spidol.
- e. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel kemudian ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering.
- f. Benda uji direndam dalam air selama 16 – 24 jam supaya jenuh.
- g. Ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.



- h. 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, SSD*) kemudian ditimbang.

### 3.4.6 Pengujian Dengan Alat *Marshall*

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

- a. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- b. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, 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 pembebahan, arloji kelelahan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- c. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin pengujian, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- d. Pembebahan dilakukan dengan kecepatan tetap (2 inch.) per menit, dibaca pada saat arloji pembebahan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebahan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas *Marshall*.

### 3.4.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Setelah pengujian Marshall selesai serta nilai stabilitas dan flow didapat, selanjutnya menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, dan VFA sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran. Untuk selanjutnya ditentukan kadar aspal optimum yang selanjutnya akan di campurkan dan diuji dengan tambahan plastik PET.

### 3.4.8 Pembuatan benda uji KAO dengan tambahan Plastik PET

- a. Pembersihan dan perajangan plastik dengan mencuci dan membersihkan botol plastik dari lumpur ataupun kotoran yang lain.
- b. Kemudian rajang dengan mesin *plastic crusher*.
- c. Menimbang agregat sesuai dengan berat persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak yang dibutuhkan dengan masing-masing variasi kadar aspal.
- d. Memanaskan aspal hingga suhu 220°C untuk kemudian ditambahkan plastik yang telah dirajang. agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap terjaga (konstan) maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata. Suhu pencampuran agregat dengan aspal pada suhu 200°C dan pemanasan suhunya berkisar antara 180°C-200°C.
- e. Kemudian melakukan pemanasan standar dengan alat *Marshall Automatic Compactor* dengan jumlah tumbukan 75 kali.
- f. Langkah selanjutnya sama dengan langkah sebelumnya pada 3.4.5 dan 3.4.6 sebelumnya.



### 3.4.9 Pengelolahan dan Pembahasan Hasil

Setelah pengujian Marshall selesai serta nilai stabilitas dan flow didapat, selanjutnya menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, dan paremeter lainnya sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

Hasil pengolahan akan diuraikan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, yaitu gambar grafik hubungan antara:

a. Kadar aspal terhadap kepadatan (Density)

Tiga sifat dari benda uji campuran aspal panas ditentukan pada analisa rongga – Density , sifat tersebut antara lain berat isi dan atau berat jenis uji padat, rongga dalam agregat mineral, rongga udara dalam campuran padat. Density atau kadar aspal terhadap kepadatan dapat ditentukan dengan formula sebagai berikut :

$$\text{Density} = \left( \frac{Wb + Ws}{Vmb} \right) \times \gamma w$$

Dengan :

$Wb$  = Berat aspal

$Ws$  = Berat agregat

$Vmb$  = Volume contoh padat

$\gamma w$  = Berat jenis air 1,0 gr/cm<sup>3</sup>

b. Kadar aspal terhadap VMA

VMA dihitung berdasarkan Berat jenis agregat curah (Bulk) dan dinyatakan dalam persentase dari volume curah campuran padat. Jika komposisi campuran

ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dengan :

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb = Berat jenis curah agregat

Ps = agregat, persen berat total campuran

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

- c. Kadar aspal terhadap VFA

$$VFA = \frac{100(VMA - Pa)}{VMA}$$

Dengan :

VFA = Rongga terisi aspal , persen dari VMA

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

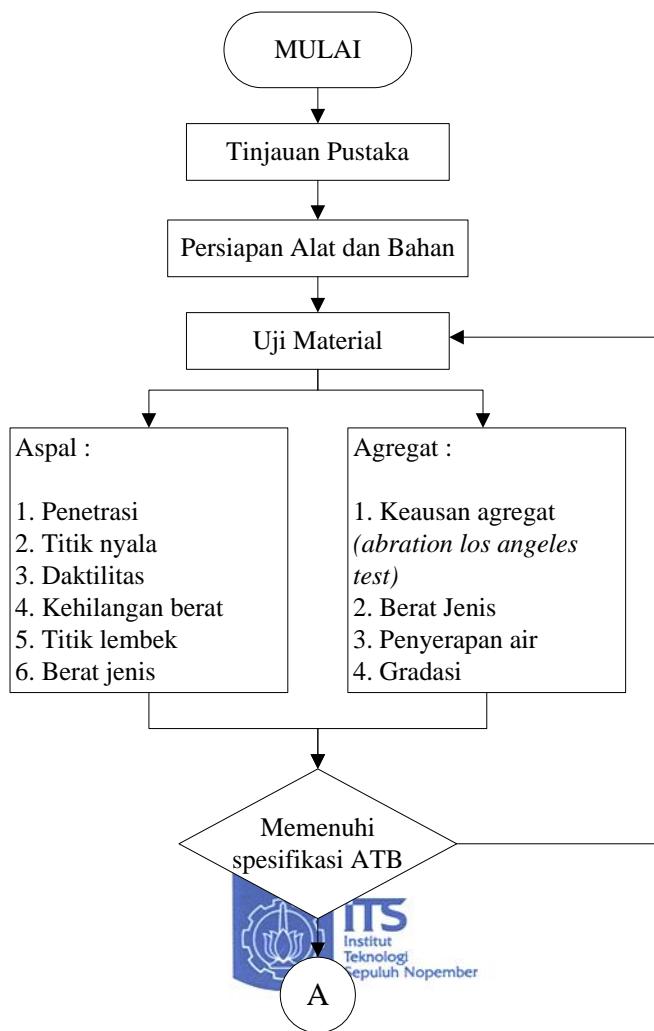
Pa = Rongga udara dalam campuran padat, persen

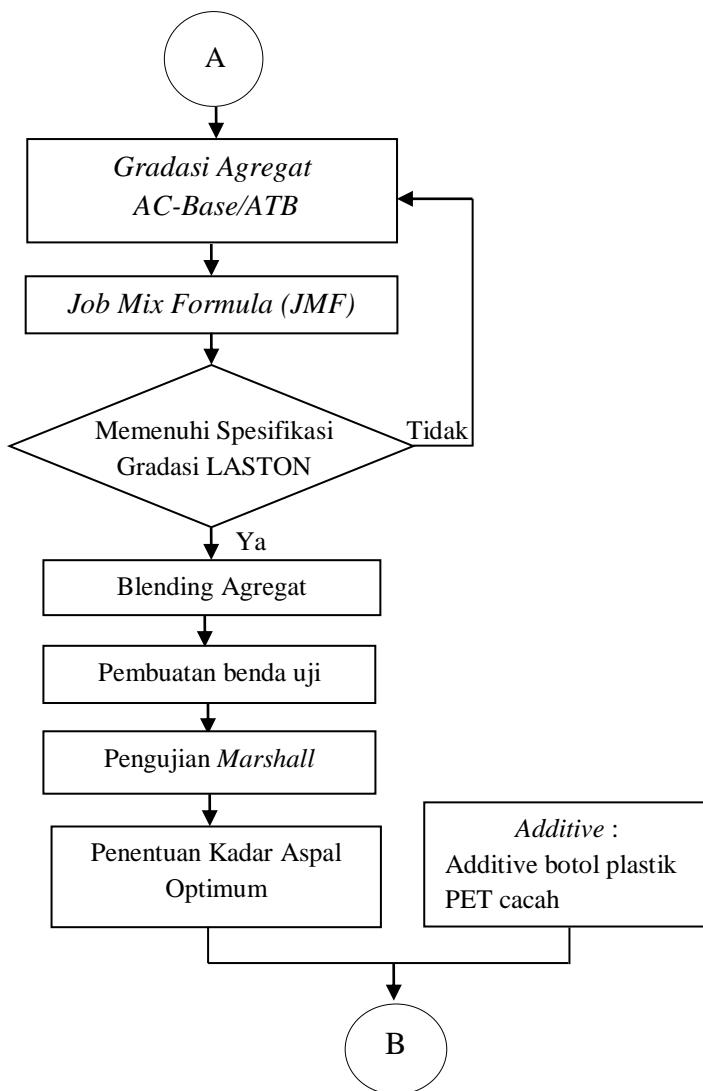


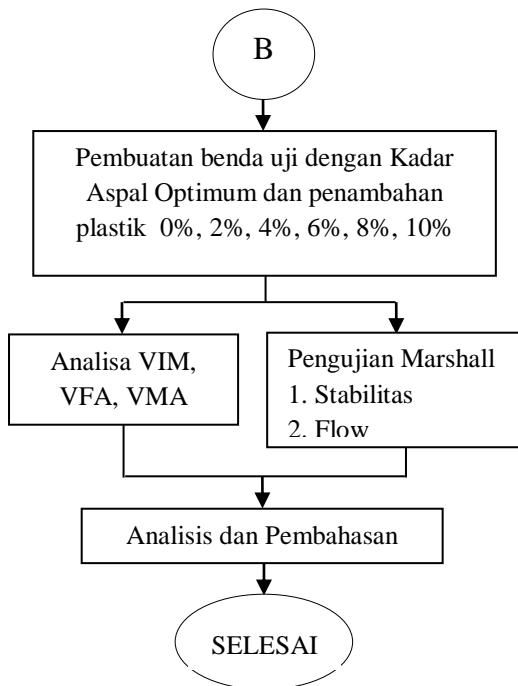
- d. Kadar aspal terhadap stabilitas
- e. Kadar aspal terhadap flow
- f. Kadar aspal terhadap Marshall Quotient (MQ)

### 3.5 Tata Cara Pelaksanaan

Ada dua teknik pencampuran plastik dalam campuran beraspal, yaitu Cara basah, (*wet process*), yaitu suatu cara pencampuran dimana plastic dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, mixer kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional. Cara kering (*dry process*), yaitu suatu cara dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini bisa lebih murah dibandingkan cara basah, lebih mudah hanya dengan memasukkan plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*). Kinerja pencampuran cara basah lebih baik dari cara kering. Stabilitas dinamis campuran basah (lebih tinggi 7,1%) dari pada menggunakan cara kering. Berdasarkan pengaruh temperatur pencampuran dilakukan pada suhu 180°C dan 200°C. Nilai uji daktilitas pada temperatur 200°C lebih tinggi 61% dari nilai daktilitas pada temperatur 180°C, namun pada kedua suhu tersebut masih memenuhi nilai daktilitas minimum [11].

**3.6** Diagram alir perencanaan pencampuran aspal





## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Uji Material

Untuk mendapatkan perkerasan jalan yang memenuhi mutu dan sesuai harapan maka perlu dilakukan pengujian dan pemeriksaan material. Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat yaitu sekitar 90%-95% dari berat campuran perkerasan. Daya dukung lapisan perkerasan ditentukan dari sifat butir agregat dan gradasi agregatnya. Bahan pengikat seperti aspal dan semen digunakan sebagai pengikat agregat agar terbentuk perkerasan kedap air. 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 dan pemeriksaan sifat fisik aspal pen. 60/70.

##### 4.1.1 Agregat

Sifat agregat menjadi salah satu faktor penentuan kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat material agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan meyerap air, berat jenis.

### a. 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 (20-40) mm Percobaan 1**

Saringan		Berat		Jumlah	
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)
1"	25	50	50	2	98
3/4"	19	952,5	1002,5	40,1	59,9
1/2"	12,5	900	1902,5	76,1	23,9
3/8"	9,5	447,5	2350	94	6
No. 4	4,75	135	2485	99,4	0,6
No. 8	2,36	-	-	-	-
No. 16	1,18	-	-	-	-
No. 30	0,600	-	-	-	-
No. 50	0,300	-	-	-	-
No.100	0,150	-	-	-	-
No.200	0,075	-	-	-	-
Total		2485	2485	100	0

**Tabel 4. 2 Analisa saringan agregat kasar (20-40) mm Percobaan 2**

Saringan		Berat		Jumlah		LOLOS RATA- RATA
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	
1"	25	94	94	3,76	96,24	<b>97,12</b>
3/4"	19	783	877	35,08	64,92	<b>62,41</b>
1/2"	12,5	998	1875	75	25	<b>24,45</b>
3/8"	9,5	480,5	2355,5	94,22	5,78	<b>5,89</b>
No. 4	4,75	131,5	2487	99,48	0,52	<b>0,56</b>
No. 8	2,36	-	-	-	-	-
No. 16	1,18	-	-	-	-	-
No. 30	0,600	-	-	-	-	-
No. 50	0,300	-	-	-	-	-
No. 100	0,150	-	-	-	-	-
No.200	0,075	-	-	-	-	-
Total		2487	gram			

Berat sampel agregat kasar (40-20) mm pada percobaan 1 dan 2 tersebut diatas adalah 2500 gram.

Penjelasan dan contoh perhitungan analisa agregat untuk mendapatkan persen lolos rata-rata pada **tabel 4.1** dari beberapa percobaan dapat di hitung seperti dibawah :

Berat tertahan : Jumlah berat agregat yang tertahan

Jumlah berat : Penjumlahan dari berat tertahan tertahan ( $x_i$ ) dan kumulatif berat tertahan selanjutnya ( $x_{i+1}$ )

Contoh pada percobaan 1 :

$$0,0 + 50 = 50 \text{ gr}$$

$$50 + 952,5 = 1002,5 \text{ gr}$$

$$1002,5 + 900 = 1902,5 \text{ gr}$$

$$1902,5 + 447,5 = 2350 \text{ gr}$$

$$2350 + 135 = 2485 \text{ gr}$$

Jumlah tertahan % :  $\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$

$$\frac{50}{2500} \times 100\% = 2\%$$

$$\frac{1002,5}{2500} \times 100\% = 40,1\%$$

$$\frac{1902,5}{2500} \times 100\% = 76,1\%$$

$$\frac{2350}{2500} \times 100\% = 94\%$$

$$\frac{2485}{2500} \times 100\% = 99,4\%$$

**Tabel 4. 3 Analisa saringan agregat kasar (5-10) mm Percobaan 1**

Saringan		Berat		Jumlah	
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,5	0	0	0	100
3/8"	9,5	42	42	2	98
No. 4	4,75	1334	1376	55	45
No. 8	2,36	1070	2446	97,8	2,2
No. 16	1,18	52	2498	99,9	0,1
No. 30	0,600			-	-
No. 50	0,300			-	-
No.100	0,150	-	-	-	-
No.200	0,075	-	-	-	-
Total		2498	gram		



**Tabel 4. 4 Analisa saringan agregat kasar (5-10) mm Percobaan 2**

Saringan		Berat		Jumlah		% Lelos
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lelos (%)	
1"	25	0	0	0	100	100
3/4"	19	0	0	0	100	100
1/2"	12,5	0	0	0	100	100
3/8"	9,5	50	50	2	98	98,2
No. 4	4,75	1392	1442	57,7	42,3	43,6
No. 8	2,36	1002	2444	97,8	2,2	2,2
No. 16	1,18	36	2480	99,2	0,8	0,4
No. 30	0,600	-	-	-	-	-
No. 50	0,300	-	-	-	-	-
No. 100	0,150	-	-	-	-	-
No.200	0,075	-	-	-	-	-
Total		2480	gram			

**Tabel 4. 5 Analisa saringan agregat kasar (0-5) mm Percobaan 1**

Saringan		Berat		Jumlah	
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lelos (%)
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	0	0	0	100
1/2"	12,5	0	0	0	100
3/8"	9,5	0	0	0	100
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	202	202	13,5	86,5
No. 16	1,18	404	606	40,4	59,6
No. 30	0,600	246	852	56,8	43,2
No. 50	0,300	226	1078	71,9	28,1
No.100	0,150	144	1222	81,5	18,5
No.200	0,075	84	1306	87,1	12,9
Total		1306	gram		

**Tabel 4. 6 Analisa saringan agregat kasar (0-5) mm Percobaan 2**

Saringan		Berat		Jumlah		% Lolos  Rata - rata
Nomor	Ukuran	Tertahan (gram)	Tertahan Kumulatif (gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	
1"	25	0	0	0	100	100
3/4"	19	0	0	0	100	100
1/2"	12,5	0	0	0	100	100
3/8"	9,5	0	0	0	100	100
No. 4	4,75	0	0	0	100	100
No. 8	2,36	214	214	14,3	85,7	86,1
No. 16	1,18	422	636	42,4	57,6	58,6
No. 30	0,600	246	882	58,8	41,2	42,2
No. 50	0,300	218	1100	73,3	26,7	27,4
No. 100	0,150	132	1232	82,1	17,9	18,2
No.200	0,075	84	1316	87,7	12,3	12,6
Total		1316	gram			

### b. 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 4.7.** sebagai berikut:



**Tabel 4. 7 Hasil uji sifat fisik agregat**

No.	Pengujian	Metode	Batas	Hasil	Ket.
<b>Agregat kasar (20-40mm)</b>					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	$\leq 3\%$	1,1%	memenuhi
2.	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,79%	memenuhi
3.	Keausan	SNI 03-2417-1991	$\leq 40\%$	28,38%	memenuhi
<b>Agregat Medium (5-10mm)</b>					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	$\leq 3\%$	1,18%	memenuhi
2.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,81%	memenuhi
<b>Agregat Halus (0-5mm)</b>					
1.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	$\leq 3\%$	2,25 %	memenuhi
2.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	$\geq 2,5$	2,67%	memenuhi

### c.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 4.8** sebagai berikut

**Tabel 4. 8 Hasil pengujian karakteristik aspal**

No .	Pengujian	Metode	Syarat		Hasil
			Min.	Max	
1.	Penetrasи	SNI 06-2456-1991	60	70	75
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48		52,5
3.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	232		268
4.	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	100	-	125,5
5.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	-	0,8	0,108
6.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1		1,051

## 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

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

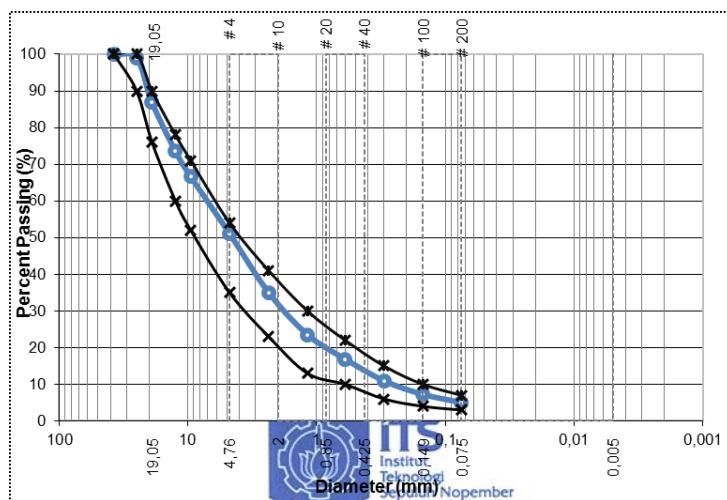
dimana ,

- P = Persen lolos saringan dengan ukuran (mm) yang diinginkan
- A = Persen lolos saringan fraksi agregat kasar ukuran d = ... mm
- B = Persen lolos saringan fraksi agregat medium ukuran d = ... mm
- C = Persen lolos saringan fraksi agregat halus ukuran d = ... mm

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

**Tabel 4. 9 Hasil gabungan (combined aggregate) 3 fraksi**

DIMENSI	NO	CA 20 - 40 mm		MA 5 - 10 mm		Abu Batu (FA) 0-5 mm		HASIL	SPESIFIK ASI
		SARINGAN	% LOLOS	SARINGAN	% LOLOS	SARINGAN	% LOLOS		
37,5	1 1/2'	100	35,00	100	25,00	100,0	40,00	100,00	100
25	1"	97,12	33,99	100	25,00	100,0	40,00	98,99	90 - 100
19	3/4"	62,41	21,84	100	25,00	100,0	40,00	86,84	76 - 90
12,5	1/2"	24,45	8,56	100	25,00	100,0	40,00	73,56	60 - 78
9,5	3/8"	5,89	2,06	98,16	24,54	100,0	40,00	66,60	52 - 71
4,75	No.4	0,56	0,20	43,64	10,91	100,0	40,00	51,11	35 - 54
2,36	No.8	0	0,00	2,2	0,55	86,1	34,45	35,00	23 - 41
1,18	No.16	0	0,00	0,44	0,11	58,6	23,44	23,55	13 - 30
0,600	No.30	0	0,00	0	0,00	42,2	16,88	16,88	10 - 22
0,300	No.50	0	0,00	0	0,00	27,4	10,96	10,96	6 - 15
0,150	No.100	0	0,00	0	0,00	18,2	7,28	7,28	4 - 10
0,075	No.200	0	0,00	0	0,00	12,6	5,04	5,04	3 - 7

**Gambar 4. 1 Hasil gabungan (combined aggregate) 3 fraksi**

Perhitungan hasil gabungan agregat diatas dapat di hitung menggunakan Rumus :

$$\text{Hasil Gabungan} = \text{Hasil CA}_{20-40 \text{ mm}} + \text{Hasil MA}_{5-10 \text{ mm}} + \text{Hasil FA}_{0-5 \text{ mm}}$$

dimana ,

$\text{Hasil CA}_{20-40 \text{ mm}}$  = prosentase lolos saringan agregat kasar (*Coarse Aggregate*) berdasarkan perhitungan *combined agregat*

$\text{Hasil MA}_{5-10 \text{ mm}}$  = prosentase lolos saringan agregat medium (*Medium Aggregate*) berdasarkan perhitungan *combined agregat*

$\text{Hasil FA}_{0-5 \text{ mm}}$  = prosentase lolos saringan agregat halus (*Fine Aggregate*) berdasarkan perhitungan *combined agregat*

Perhitungan hasil gabungan agregat diambil dari contoh saringan ukuran 25 mm atau 1inch maka,

$$\begin{aligned}\text{Hasil CA}_{20-40 \text{ mm}} &= \left( \% \text{ lolos ayakan} \times \frac{\% CA}{100} \right) \\ &= 97,12 \times \frac{35}{100} \\ &= 33,99\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hasil MA}_{5-10 \text{ mm}} &= \left( \% \text{ lolos ayakan} \times \frac{\% MA}{100} \right) \\ &= 100 \times \frac{25}{100} \\ &= 25\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hasil FA}_{0.5 \text{ mm}} &= \left( \% \text{ lolos ayakan} \times \frac{\% FA}{100} \right) \\
 &= 100 \times \frac{40}{100} \\
 &= 40 \\
 \text{Hasil Gabungan} &= (33,99 + 25 + 40) \\
 &= 98,99
 \end{aligned}$$

Spesifikasi AC-Base untuk saringan ukuran 25 mm berkisar antara 90 hingga 100 sehingga, berdasarkan contoh perhitungan diatas hasil gabungan 98,99 memenuhi nilai Spesifikasi. Perhitungan tersebut dilanjutkan hingga ukuran saringan yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

Pada **tabel 4.8** dan **gambar 4.1** tersebut menyatakan bahwa hasil gabungan ( Combined Agregat ) 3 fraksi berada dalam batasan saringan sesuai dengan spesifikasi AC-Base. Dengan prosentase 35% untuk agregat kasar, 25% agregat sedang, dan 40% agregat halus.

### 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. Pemadatan 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 :

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

Dimana,

Pb = Kadar aspal perkiraan

CA = Agregat kasar tertahan saringan no.8

FA = Agregat halus lolos saringan no.8 dan tertahan no.200

FF = Agregat halus lolos saringan no.200

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

- Gradiasi gabungan agregat kasar tertahan no.8 (%CA<sub>1</sub>)

$$\%CA_1 = 100 - CA$$

dimana ,

**CA** = prosentase agregat kasar yang tertahan pada saringan no. 8 berdasarkan perhitungan *combined agregat*

$$\begin{aligned}
 \text{Kasar} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no.8} \times \frac{\% CA}{100} \right) \\
 &= 0 \times \frac{35}{100} \\
 &= 0 \\
 \text{Medium} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no.8} \times \frac{\% CA}{100} \right) \\
 &= 2,2 \times \frac{25}{100} \\
 &= 0,55 \\
 \text{Halus} &= \left( \% \text{ lolos ayakan no.8} \times \frac{\% CA}{100} \right) \\
 &= 86,1 \times \frac{40}{100} \\
 &= 35
 \end{aligned}$$

maka ,

$$\begin{aligned}
 CA &= (0 + 0,56 + 34,44) \\
 &= 35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%CA_1 &= 100 - 35 \\
 &= 65
 \end{aligned}$$

- Gradasi gabungan agregat kasar tertahan no. 200 (%FF<sub>1</sub>)

$$\%FF_1 = FF$$



dimana ,

**FF** = prosentase agregat halus yang lolos pada saringan no.200 yang telah ditentukan berdasarkan *combined*

$$\begin{aligned}
 & \text{agregat} \\
 \text{Kasar} & = \left( \% \text{ lolos ayakan no.} 200 \times \frac{\% FF}{100} \right) \\
 & = 0 \times \frac{35}{100} \\
 & = 0 \\
 \text{Medium} & = \left( \% \text{ lolos ayakan no.} 8 \times \frac{\% CA}{100} \right) \\
 & = 0 \times \frac{25}{100} \\
 & = 0 \\
 \text{Halus} & = \left( \% \text{ lolos ayakan no.} 8 \times \frac{\% CA}{100} \right) \\
 & = 12,6 \times \frac{40}{100} \\
 & = 5,04
 \end{aligned}$$

maka ,

$$\begin{aligned}
 FF & = (0 + 0 + 5,04) \\
 & = 5,04 \\
 \%FF_1 & = 5,04
 \end{aligned}$$

- Gradasi gabungan agregat medium lolos no.8 dan tertahan no.200 (%FA<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned}
 \%FA_1 & = CA - FF \\
 \%FA_1 & = 35 - 5,04 \\
 & = 29,96
 \end{aligned}$$

Sehingga, total nilai fraksi butiran didapat :

$$\begin{aligned} \text{total} &= 65 + 29,96 + 5,04 \\ &= 100 \% \end{aligned}$$

Perkiraan aspal terpakai secara gradasi :

$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + \text{Konstanta} \\ &= (0,035 \times 65) + (0,045 \times 39,96) + (0,18 \times 5,04) + 0,7 \\ &= 5,23 \% \end{aligned}$$

- 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 :

$$\begin{aligned} \text{kasar} &= 65 \times \left( \frac{100 - 5,23}{100} \right) \% \\ &= 61,60 \% \\ \text{sedang} &= 29,96 \times \left( \frac{100 - 5,23}{100} \right) \% \\ &= 30,53 \% \\ \text{halus} &= 5,04 \times \left( \frac{100 - 5,23}{100} \right) \% \\ &= 4,78 \% \\ \text{total} &= 61,60 + 28,40 + 4,78 = 94,77 \end{aligned}$$



Maka nilai fraksi desain butiran campuran didapat sebesar

$$\text{total} \quad 94,77 + 5,23 = 100 \%$$

- Perkiraan awal penyerapan aspal

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

$$\text{Agr. Kasar} = 35\% \times 1,07 = 0,37$$

$$\text{Agr. Sedang} = 25\% \times 1,18 = 0,29$$

$$\text{Agr. Halus} = 40\% \times 2,25 = 0,90$$

$$\text{total} = 1,19$$

Maka, nilai penyerapan aspal didapat sebesar

$$\text{Penyerapan} = \text{kontanta} \times 1,19$$

Aspal

$$= 0,45 \times 1,19$$

$$= 0,54$$

$$\text{Kadar aspal} = 0,54 + 5,23 = 5,77 \%$$

$$= 5,8 \%$$

### 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 dapat dilihat pada **tabel 4.10** hingga **tabel 4.14**.

**Tabel 4. 10 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8 %**

Kadar Aspal Optimum	:	5,80	%
Berat kadar aspal	:	69,60	gr
Berat Agregat Kasar	35 %	: 395,64	gr
Berat Agregat Medium	25 %	: 282,6	gr
Berat Agregat Halus	40 %	: 452,16	gr
Total Campuran	:	1200	gr

Berikut penjelasan mengenai perhitungan variasi campuran KAO pada **tabel 4.10**

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

$$\frac{5,80}{100} \times 1200 = 69,60 \text{ gr}$$

Berat Agr. Halus :  $\frac{40}{100\%} \times 1130,4 = 452,16 \text{ gr}$

Berat Agr. Sedang :  $\frac{25}{100\%} \times 1130,4 = 282,6 \text{ gr}$

Berat Agr. Kasar :  $\frac{35}{100\%} \times 1130,4 = 395,64 \text{ gr}$

**Tabel 4. 11 Variasi campuran sampel aspal KAO 4,8%**

Kadar Aspal Optimum	:	4,80	%
Berat kadar aspal	:	57,60	gr
Berat Agregat Kasar	35 %	: 399,84	gr
Berat Agregat Medium	25 %	: 285,6	gr
Berat Agregat Halus	40 %	: 456,96	gr
Total Campuran	:	1200	gr

**Tabel 4. 12 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,3%**

Kadar Aspal Optimum	:	5,30	%	
Berat kadar aspal	:	63,60	gr	
Berat Agregat Kasar	35 %	:	397,74	gr
Berat Agregat Medium	25 %	:	284,1	gr
Berat Agregat Halus	40 %	:	454,56	gr
Total Campuran	:	1200	gr	

**Tabel 4. 13 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,3%**

Kadar Aspal Optimum	:	6,30	%	
Berat kadar aspal	:	75,60	gr	
Berat Agregat Kasar	35 %	:	393,54	gr
Berat Agregat Medium	25 %	:	281,1	gr
Berat Agregat Halus	40 %	:	449,76	gr
Total Campuran	:	1200	gr	

**Tabel 4. 14 Variasi campuran sampel aspal KAO 6,8 %**

Kadar Aspal Optimum	:	6,80	%	
Berat kadar aspal	:	81,60	gr	
Berat Agregat Kasar	35 %	:	391,44	gr
Berat Agregat Medium	25 %	:	279,6	gr
Berat Agregat Halus	40 %	:	447,36	gr
Total Campuran	:	1200	gr	

#### 4.4 Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal

Beton aspal dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan tambahan, yang dicampur secara homogen pada suhu

tertentu. Campuran kemudian di hamparkan dan dipadatkan sehingga terbentuk beton aspal padat. Secara analitik, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat yang dipadatkan dilaboratorium adalah sebagai berikut :

#### 4.4.1 Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ )

Berat jenis bulk dari beton aspal padat didapatkan hasil pada **tabel 4.15**, berikut:

**Tabel 4. 15 Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (Gmb)**

Kadar Aspal %	Berat (gram)			Volume benda uji ( $cm^3$ )	B.J Bulk Campuran Gmb ( $gr/cm^3$ )
	Udara ( $B_K$ )	Air ( $B_A$ )	SSD ( $B_{SSD}$ )		
6,8	1161,3	693,7	1164,8	471,2	2,465
6,3	1166,8	698,2	1169,8	471,7	2,474
5,8	1169,3	699,5	1173,7	474,2	2,466
5,3	1169,0	698,8	1175,5	476,7	2,453
4,8	1180,7	709,8	1189,0	479,2	2,464

Berat jenis bulk dari beton aspal padat dapat diukur dengan menggunakan hukum Archimedes, yaitu :

$$G_{mb} = \frac{B_K}{B_{SSD} - B_A}$$

$$G_{mb} = \frac{1169,3}{1173,7 - 699,5}$$

$$G_{mb} = 2,466 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

#### 4.4.2 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ )

Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ ) atau Density merupakan berat jenis campuran beton aspal tanpa pori/udara.

Berat jenis bulk dari beton aspal padat dapat diukur dengan,

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}}$$

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{93,2}{2,752} + \frac{6,80}{1,045}} = 2,514$$

Berikut hasil dari perhitungan density rata-rata yang terdapat pada **tabel 4.16** dari percobaan 3 benda uji pada setiap kadar aspal.

**Tabel 4. 16 berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan (Gmm)**

Kadar Aspal %	Persentase (%)		Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		Gmm
	Aspal (Pa)	Agregat (Ps)	Aspal (Ga)	Efektif campuran (Gse)	
6,8	6,80	93,2	1,045	2,752	2,477
6,3	6,30	93,7			2,495
5,8	5,80	94,2			2,514
5,3	5,30	94,7			2,533
4,8	4,80	95,2			2,552

Hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.15 menyatakan bahwa seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai density cenderung menurun. Nilai density tertinggi 2,552 gr/cc pada kadar aspal 4,8 %, sedangkan terendah 2,477 gr/cc dengan kadar aspal 6,8 %. Nilai density ini yang akan menjadi perhitungan sifat volumetrik campuran yang selanjutnya.

#### 4.4.3 Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA)

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji, didapat nilai VMA sebagai berikut dapat dilihat dalam **tabel 4.17** berikut:

**Tabel 4. 17 VMA untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		Ps	VMA	Min. VMA
	Gmb	Gsb			
	gram	%	%		
6,8	2,465	2,693	93,2	16,5	13
6,3	2,474		93,7	15,8	
5,8	2,466		94,2	15,6	
5,3	2,453		94,7	15,6	
4,8	2,464		95,2	14,8	

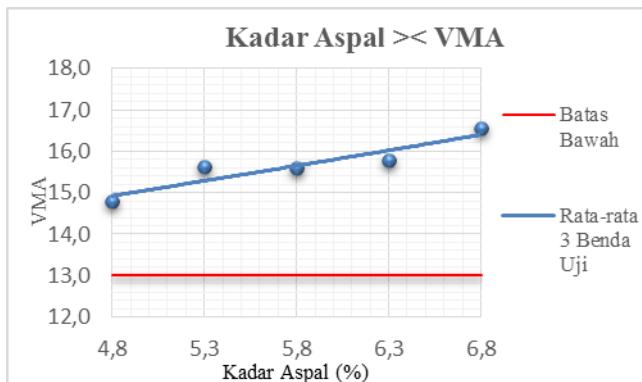
Untuk menentukan persentase VMA seperti yang tertera dalam **tabel 4.16** dapat dihitung dengan :

$$VMA = \frac{100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}}{100}$$

$$VMA = \frac{100 - \frac{2,466 \times 94,2}{2,693}}{100}$$

$$VMA = 15,6 \%$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan pada **gambar 4.2** dibawah :



**Gambar 4. 2 Grafik hasil uji VMA**

Sesuai **gambar 4.2** menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar aspal yang digunakan maka nilai rongga dalam agregat semakin bertambah. Didapat nilai rata-rata tertinggi sebesar 16,5% pada kadar aspal 6,8%, sedangkan terendah sebesar 14,8% pada kadar aspal 4,8%. Dari semua benda uji tersebut memenuhi syarat sifat campuran beton aspal ATB Bina Marga revisi 3 tahun 2010.

#### 4.4.4 Volume pori dalam beton aspal padat (VIM)

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji, didapat nilai *VIM* dapat dilihat dalam **tabel 4.18** berikut:

**Tabel 4. 18 VIM untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Berat Jenis ( $gr/cm^3$ )		VIM	STANDAR VIM	
	Gmm	Gmb		Min.	Maks.
6,8	2,477	2,465	0,492	3	5
6,3	2,495	2,474	0,863		
5,8	2,514	2,466	1,906		
5,3	2,533	2,453	3,165		
4,8	2,552	2,464	3,461		

Untuk menentukan persentase VMA seperti yang tertera dalam **tabel 4.17** dapat dihitung dengan :

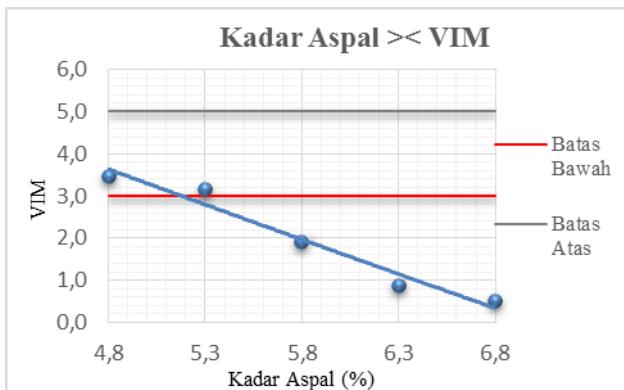
$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

$$VIM = 100 - \frac{2,514 \times 2,466}{2,514}$$

$$VIM = 1,91 \%$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan pada **gambar 4.3** berikut :





**Gambar 4. 3 Grafik hasil uji VIM**

Sesuai **gambar 4.3** menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar aspal yang digunakan maka nilai rongga dalam agregat semakin sedikit. Didapat nilai rata-rata tertinggi sebesar 3,461% pada kadar aspal 4,8%, sedangkan terendah sebesar 0,492% pada kadar aspal 6,8%. Dari semua benda uji tersebut yang memenuhi syarat sifat campuran beton aspal ATB Bina Marga revisi 3 tahun 2010 adalah antara kadar aspal 4,8% hingga 5,15%.

#### 4.4.5 Volume pori antar butir agregat terisi aspal (VFA)

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji, didapat nilai VFA dapat dilihat dalam **tabel 4.18** berikut:

**Tabel 4. 19 VFA untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Persen rongga, %		VFA	Min VFA %
	VMA	VIM		
	%	%		
6,8	16,5	0,492	97,1	65
6,3	15,8	0,863	94,6	
5,8	15,6	1,906	87,8	
5,3	15,6	3,165	80,0	
4,8	14,8	3,461	76,7	

Untuk menentukan persentase VFA seperti yang tertera dalam **tabel 4.17** dapat dihitung dengan :

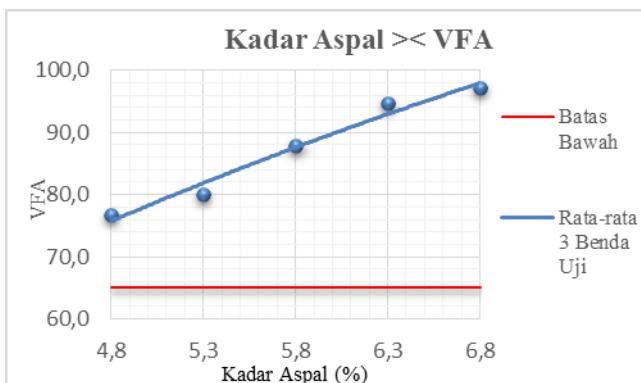
$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA}$$

$$VFA = \frac{100(15,6 - 1,906)}{15,6}$$

$$VFA = 87,8 \%$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada grafik yang telah disajikan pada **gambar 4.4** berikut :





Gambar 4. 4 Grafik hasil uji VFA

Sesuai **gambar 4.4** menunjukkan bahwa seiring penambahan kadar aspal yang digunakan maka nilai rongga dalam agregat semakin bertambah. Didapat nilai rata-rata tertinggi sebesar 97,1% pada kadar aspal 6,8%, sedangkan terendah sebesar 76,7 pada kadar aspal 4,8%. Dari semua benda uji tersebut memenuhi syarat sifat campuran beton aspal ATB Bina Marga revisi 3 tahun 2010 dengan syarat minimal VFA sebesar 65%.

## 4.5 Hasil Uji Marshall

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 3 sampel sehingga dapat ditentukan rata-rata dari 3 sampel tersebut sebagai berikut:

### 4.5.1 Flow

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *flow* dalam **tabel 4.20** sebagai berikut:

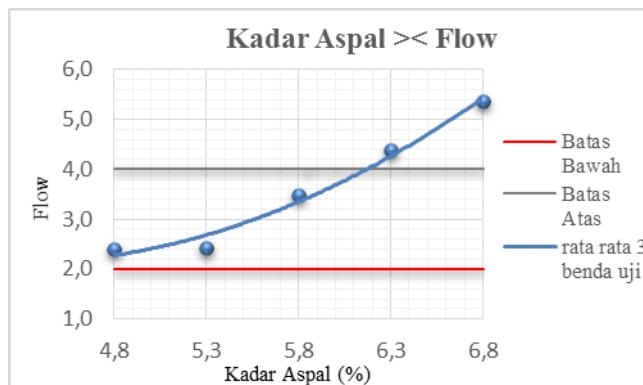
**Tabel 4. 20 Nilai Flow untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Bacaan	Konversi	Flow	Standar	
		mm	mm	min.	maks.
6,8	536	0,01	5,4	2	4
6,3	437		4,4		
5,8	347		3,5		
5,3	242		2,4		
4,8	238		2,4		

Flow merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca

$$\begin{aligned}
 \text{flow} &= \text{Angka bacaan} \times 0,01 (\text{mm}) \\
 &= 347 \times 0,01 (\text{mm}) \\
 &= 3,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

**Gambar 4. 5 Grafik hasil uji VFA**

Berdasarkan grafik **gambar 4.5** 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%.

#### 4.5.2 Stabilitas

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai stabilitas pada **tabel 4.21** sebagai berikut:

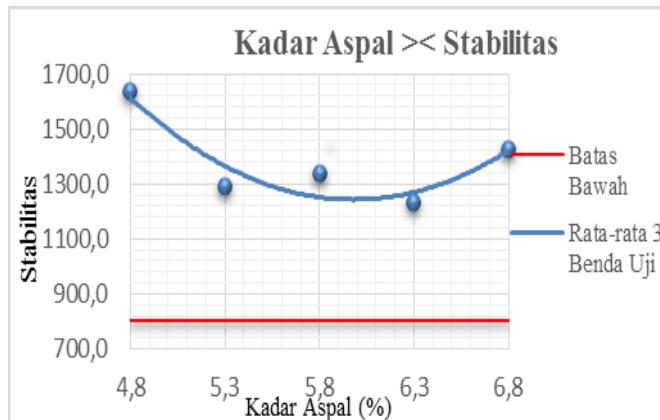
**Tabel 4. 21 Nilai stabilitas untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Bacaan	Kalibrasi	Stabilitas	Min. Stabilitas
				kg
6,8	102,7	13,90	1427,1	800
6,3	88,7		1232,5	
5,8	96,0		1334,4	
5,3	93,0		1292,7	
4,8	117,7		1635,6	

Stabilitas merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca yang dikalikan dengan angka kalibrasi dan angka koreksi volume maka nilai yang diberikan **tabel 4.20** dapat dihitung dengan,

$$\begin{aligned}
 \text{stabilitas} &= \text{Angka bacaan} \times \text{kalibrasi} \\
 &= 96 \times 13,902 \\
 &= 1334,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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



**Gambar 4. 6 Grafik hasil uji Stabilitas**

Pada **gambar 4.6** menunjukkan bahwa stabilitas cenderung berbentuk parabola yang melengkung kebawah. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi didapat sebesar 1635,6 kg pada kadar aspal 4,8% , dan terendah sebesar 1232,5 kg pada kadar aspal 6,3% dan kemudian meningkat kembali pada kadar aspal 6,8%. Namun, dari semua benda uji masih memenuhi ketentuan sifat campuran Bina Marga revisi 3 tahun 2010 sebesar 800 kg.

#### 4.5.3 *Marshall Quotient*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *marshall quotient* pada **tabel 4.22** sebagai berikut:

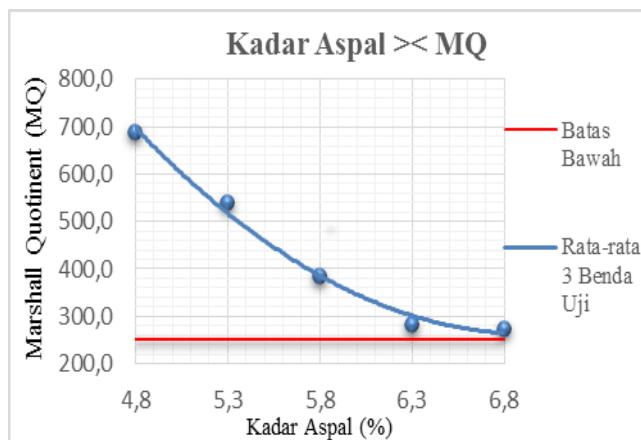
**Tabel 4. 22 Nilai MQ untuk menentukan KAO**

Kadar Aspal %	Stabilitas	Flow	Marshall Quotinent	Standar
	kg	mm	kg/mm	min.
6,8	1427,1	5,4	266,24	250
6,3	1232,5	4,4	282,24	
5,8	1334,4	3,5	384,92	
5,3	1292,7	2,4	534,91	
4,8	1635,6	2,4	686,25	

*Marshall quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow. maka nilai yang diberikan **tabel 4.21** dapat dihitung dengan

$$\begin{aligned}
 MQ &= \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \\
 &= \frac{1334,4}{3,5} \\
 &= 384,92 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$

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



**Gambar 4. 7 Grafik hasil uji marshall quotient**

Hasil grafik pada **gambar 4.7** diatas menunjukkan bahwa nilai *MQ* menurun seiring bertambahnya kadar aspal yang digunakan. Dengan nilai tertinggi pada kadar aspal 4,8% sebesar 686,25 kg/mm dan nilai terendah 266,24 kg/mm pada kadar aspal 6,8%. Namun dari semua benda uji masih memenuhi batas minimal dalam peraturan Bina Marga revisi 3 tahun 2010.

Pengujian	syarat	4,80	5,30	5,80	6,30	6,80
<b>STABILITAS</b>	>800 Kg					
<b>FLOW</b>	(2-4) mm					
<b>VIM</b>	3% - 5%					
<b>VMA</b>	>14%					
<b>VFA</b>	>65%					
<b>QM</b>	>250Kg/mm					
<b>Kadar Aspal Optimum :</b>		<b>5,00</b>				

**Gambar 4. 8 Penentuan nilai kadar aspal optimum**

Berdasarkan hasil penentuan volumetrik campuran dan uji marshall pada rata-rata 3 benda uji yang telah dilakukan pada

**gambar 4.8** diatas, didapat nilai kadar aspal optimum sebesar 5,00 % dan nantinya sebagai dasar atau acuan untuk kadar aspal yang digunakan pada aspal plastik.

#### 4.6 Pembuatan Sampel Aspal Plastik

Untuk prosentase plastik digunakan beberapa variasi, yaitu 2%, 4%, 6%, dan 8%. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **tabel 4.22** hingga **tabel 4.25** berikut:

**Tabel 4. 23 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan plastik 2%**

Kadar Aspal Optimum	:	5,80	%
Kadar Plastik PET	:	2,00	%
Berat kadar plastik PET	:	1,39	gr
Berat kadar aspal	:	68,21	gr
Berat Agregat Kasar	35 % :	395,64	gr
Berat Agregat Medium	25 % :	282,60	gr
Berat Agregat Halus	40 % :	452,16	gr
Total Campuran	:	1200	gr

Berikut penjelasan mengenai perhitungan variasi campuran KAO dengan plastik

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

$$\frac{5,80}{100} \times 1200 = 69,60 \text{ gr}$$

$$\text{Berat plastik : } \frac{2}{100\%} \times 68,21 = 1,39 \text{ gr}$$

Berat kadar aspal :  $69,60 - 1,39 = 68,21 \text{ gr}$   
 yang digunakan

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

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

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

**Tabel 4. 24 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 4%**

Kadar Aspal Optimum	:	5,80	%
Kadar Plastik PET	:	4,00	%
Berat kadar plastik PET	:	2,784	gr
Berat kadar aspal	:	66,82	gr
Berat Agregat Kasar	35 % :	395,64	gr
Berat Agregat Medium	25 % :	282,6	gr
Berat Agregat Halus	40 % :	452,16	gr
Total Campuran	:	1200	gr

**Tabel 4. 25 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 6%**

Kadar Aspal Optimum	:	5,80	%
Kadar Plastik PET	:	6,00	%
Berat kadar plastik PET	:	4,176	gr
Berat kadar aspal	:	65,42	gr
Berat Agregat Kasar	35 % :	395,64	gr
Berat Agregat Medium	25 % :	282,6	gr
Berat Agregat Halus	40 % :	452,16	gr
Total Campuran	:	1200	gr

**Tabel 4. 26 Variasi campuran sampel aspal KAO 5,8% dengan kadar plastik 8%**

Kadar Aspal Optimum	:	5,80	%
Kadar Plastik PET	:	8,00	%
Berat kadar plastik PET	:	5,568	gr
Berat kadar aspal	:	64,03	gr
Berat Agregat Kasar	35 %	:	395,64 gr
Berat Agregat Medium	25 %	:	282,6 gr
Berat Agregat Halus	40 %	:	452,16 gr
Total Campuran		:	1200 gr

#### 4.7 Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal Plastik

##### 4.7.1 Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA)

Berdasarkan perhitungan banyaknya pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase didapatkan nilai pada tabel 4.27, sebagai berikut:

**Tabel 4. 27 Nilai VMA pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET**

Kadar Plastik %	No Benda Uji	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		Ps	VMA	Ket
		Gmb	Gsb			syarat >13%
0	1	2,455	2,693	95	15,2	OK
	2	2,468			14,8	OK
	3	2,465			14,9	OK
2	1	2,439	2,693	95	15,8	OK
	2	2,450			15,4	OK
	3	2,451			15,4	OK
4	1	2,439	2,693	95	15,8	OK
	2	2,440			15,8	OK
	3	2,434			16,0	OK
6	1	2,445	2,693	95	15,6	OK
	2	2,438			15,8	OK
	3	2,429			16,2	OK
8	1	2,427	2,693	95	16,2	OK
	2	2,423			16,4	OK
	3	2,413			16,7	OK

Contoh perhitungan VMA dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat di hitung dengan rumus:

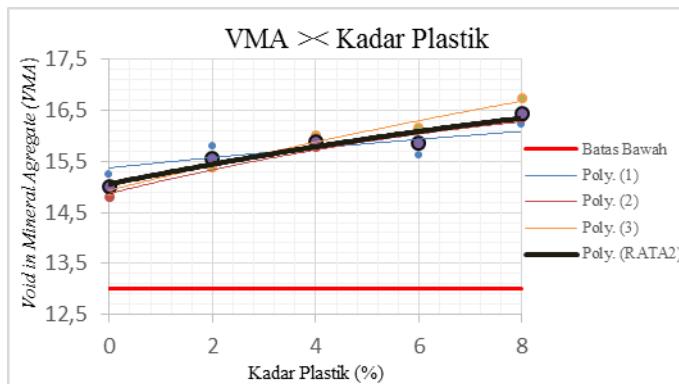
$$VMA = \frac{100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}}{100}$$

$$VMA = \frac{100 - \frac{2,455 \times 95}{2,693}}{100}$$

$$VMA = 15,2 \%$$



Penjelasan lebih lengkap dapat di sajikan dalam grafik berikut :



Gambar 4. 9 Grafik VMA pada tiap kadar plastik PET

Sesuai hasil perhitungan dari ketiga benda uji seperti pada **gambar 4.9** pada setiap kadar plastik yang telah ditentukan didapatkan nilai VMA yang semakin besar yang sejalan dengan penambahan kadar plastik. Dari semua benda uji tersebut telah memenuhi batas minimal VMA dari peraturan Bina Marga 2010 Revisi 3 yaitu 14%. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Prameswari, dkk, 2016) dalam jurnalnya menyatakan nilai VMA yang didapatkan dengan penambahan plastik PET cenderung meningkat dan memenuhi syarat peraturan Bina Marga 2010.

#### 4.7.2 Volume pori dalam beton aspal padat (VIM)

Banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal yang dinyatakan dalam persentase beton aspal padat didapatkan nilai pada **tabel 4.28**, sebagai berikut:

**Tabel 4. 28 Nilai VIM pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET**

Kadar Plastik %	No Benda Uji	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )		VIM	Ket syarat 3%-5%
		Gmm	Gmb		
0	1	2,544	2,455	3,5	OK
	2		2,468	3,0	OK
	3		2,465	3,1	OK
	1		2,439	4,1	OK
	2		2,450	3,7	OK
	3		2,451	3,7	OK
	1		2,439	4,2	OK
	2		2,440	4,1	OK
	3		2,434	4,4	OK
6	1	2,544	2,445	3,9	OK
	2		2,438	4,2	OK
	3		2,429	4,5	OK
	1		2,427	4,6	OK
	2		2,423	4,8	OK
	3		2,413	5,2	OK

Contoh perhitungan VIM dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat di hitung dengan rumus:

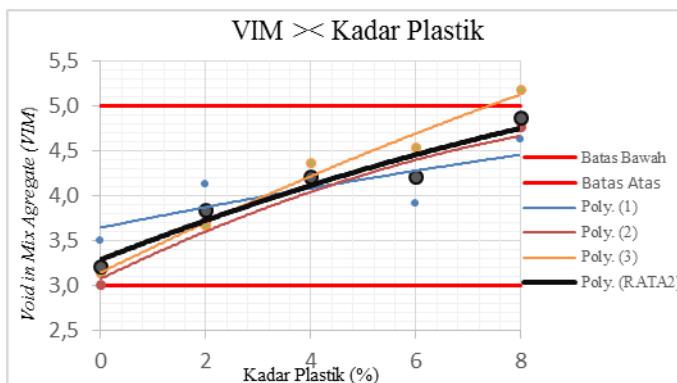
$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$



$$VIM = 100 - \frac{2,544 - 2,455}{2,544}$$

$$\text{VIM} = 3,5 \%$$

Penjelasan lebih lengkap dapat di sajikan dalam **gambar 4.10** berikut :



**Gambar 4. 10 Grafik VIM pada tiap kadar plastik PET**

Berdasarkan hasil VIM dari ketiga benda uji juga cenderung mengalami kenaikan persentase kadar rongga dan terdapat 1 benda uji dengan kadar plastik 8% nomor 3 tidak memenuhi persyaratan bina marga 2010. Namun, jika di rata-rata dengan benda uji yang lain masih dapat dinyatakan memenuhi. Namun, menurut penelitian yang dilakukan oleh (Prameswari,dkk, 2016) menyatakan bahwa nilai VIM yang memenuhi standar adalah pada penambahan kadar plastik sebesar 2%. Sehingga, semakin besar persen kadar VIM menunjukkan semakin rendah kekuatan campuran aspal tersebut.

#### 4.7.3 Volume pori antar butir agregat terisi aspal (VFA)

Volume aspal yang menyelimuti butir agregat yang dinyatakan dalam persentase didapatkan nilai pada **tabel 4.29**, sebagai berikut :

**Tabel 4. 29 Nilai VFA pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET**

Kadar Plastik %	No Benda Uji	Persen rongga, %		VFA	Ket
		VMA	VIM		syarat >65%
		%			
0	1	15,2	3,5	77,1	OK
	2	14,8	3,0	79,8	OK
	3	14,9	3,1	79,0	OK
2	1	15,8	4,1	73,9	OK
	2	15,4	3,7	75,9	OK
	3	15,4	3,7	76,2	OK
4	1	15,8	4,2	73,7	OK
	2	15,8	4,1	73,9	OK
	3	16,0	4,4	72,8	OK
6	1	15,6	3,9	74,9	OK
	2	15,8	4,2	73,7	OK
	3	16,2	4,5	71,9	OK
8	1	16,2	4,6	71,5	OK
	2	16,4	4,8	70,9	OK
	3	16,7	5,2	69,0	OK

Contoh perhitungan VFA dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat di hitung dengan rumus:

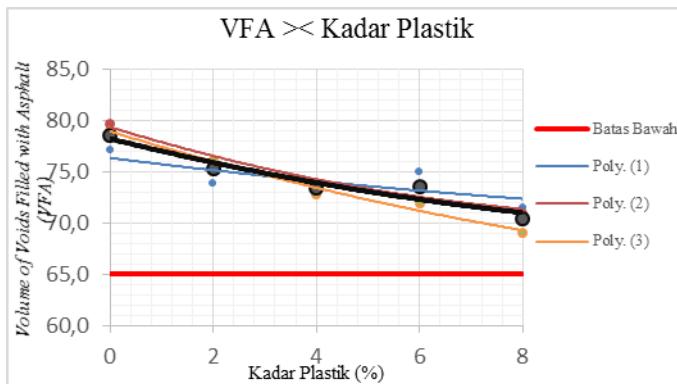
$$\text{VFA} = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA}$$

$100(15,2 - 3,5)$ 
  
 $15,2$

$$\text{VFA} =$$

$$\text{VFA} = 77,1 \%$$

Penjelasan lebih lengkap dapat di sajikan dalam **gambar 4.11** berikut :



**Gambar 4. 11 Grafik VFA pada tiap kadar plastik PET**

Berdasarkan **gambar 4.11** persentase dari 3 benda uji VFA mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar plastik namun masih memenuhi batas minimal VFA yang disyaratkan Bina Marga 2010 revisi 3 sebesar 65%. Grafik VFA yang ditunjukkan oleh (Prameswari,dkk, 2016) juga mengalami penurunan namun, pada batas atas benda uji yang ditunjukkan tidak memenuhi persyaratan. Nilai VFA yang semakin mengecil disebabkan campuran plastik dan aspal yang kurang mengisi rongga-rongga yang ada.

## 4.8 Pengujian *Marshall* Campuran Aspal Plastik

### 4.8.1 Flow

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *flow* pada **tabel 4.30** sebagai berikut:

**Tabel 4. 30 Nilai Flow pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET**

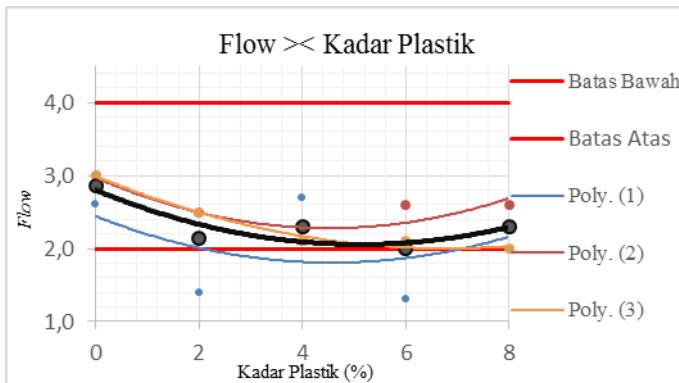
Kadar Plastik %	No Benda Uji	Bacaan	Konversi	Flow	Ket
					Syarat 2-4 mm
0	1	260	0,01	2,6	OK
	2	300		3	OK
	3	300		3	OK
2	1	140	0,01	1,4	TIDAK OK
	2	250		2,5	OK
	3	250		2,5	OK
4	1	270		2,7	OK
	2	210		2,1	OK
	3	210		2,1	OK
6	1	130		1,3	TIDAK OK
	2	260		2,6	OK
	3	210		2,1	OK
8	1	230		2,3	OK
	2	260		2,6	OK
	3	200		2	OK

Contoh perhitungan *Flow* yang merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca pada benda uji dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat dihitung dengan,

$$\begin{aligned}
 \text{flow} &= \text{Angka bacaan} \times 0,01(\text{mm}) \\
 &= 260 \times 0,01(\text{mm}) \\
 &= 2,6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada **gambar 4.12** yang telah disajikan dibawah :



**Gambar 4. 12 Grafik Flow pada tiap kadar plastik PET**

Berdasarkan **gambar 4.12** nilai flow dari ketiga benda uji yang ditunjukkan berbentuk parabola yang melengkung kebawah. Nilai flow benda uji 1 tidak memenuhi persyaratan minimal namun, untuk rata-rata hasil flow yang didapatkan masih memenuhi syarat batas atas dan batas bawah dari Bina Marga 2010 revisi 3. hal ini sejalan dengan percobaan yang dilakukan oleh (Prameswari,dkk, 2016).

#### 4.8.2 Stabilitas

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai stabilitas pada **tabel 4.31** sebagai berikut:

**Tabel 4. 31 Nilai stabilitas pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET**

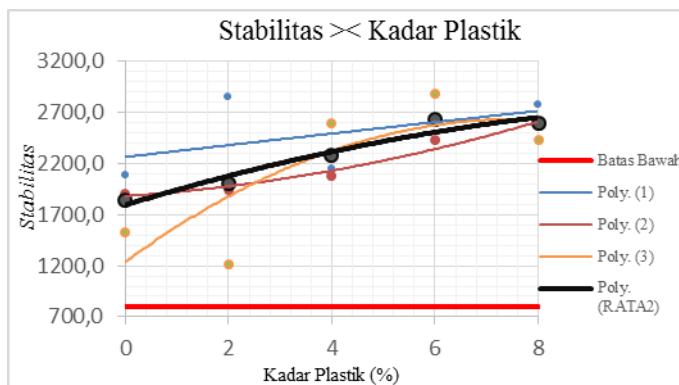
Kadar Plastik %	No Benda Uji	Bacaan	Kalibrasi	Stabilitas	Ket
					kg
0	1	150	13,9	2085	OK
	2	137		1904	OK
	3	110		1529	OK
2	1	205	13,9	2850	OK
	2	140		1946	OK
	3	87		1209	OK
4	1	155	13,9	2155	OK
	2	150		2085	OK
	3	187		2599	OK
6	1	186	13,9	2585	OK
	2	175		2433	OK
	3	207		2877	OK
8	1	200	13,9	2780	OK
	2	185		2572	OK
	3	175		2433	OK

Contoh perhitungan Stabilitas yang merupakan hasil bacaan pada jarum pembaca yang dikalikan dengan angka kalibrasi pada benda uji dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat dihitung dengan,

$$\begin{aligned}
 \text{stabilitas} &= \frac{\text{Angka bacaan} \times \text{kalibrasi}}{\text{Institut}} \\
 &= \frac{150 \times 13,902}{\text{ITS}\\ \text{Institut}\\ \text{Teknologi}\\ \text{Sepuluh Nopember}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2085 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat pada **gambar 4.13** yang telah disajikan berikut:



**Gambar 4. 13 Grafik stabilitas pada tiap kadar plastik PET**

Pada **gambar 4.13** menunjukkan bahwa stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya kadar plastik PET yang digunakan. Nilai rata-rata stabilitas tertinggi didapat sebesar 2595 kg pada kadar aspal sebesar 8%, dan terendah sebesar 1839 kg dengan benda uji tanpa penambahan plastik PET. Berbeda dengan hasil yang di tunjukkan oleh Prameswari,dkk, 2016 yang menunjukkan grafik parabola dengan hasil maksimum terdapat pada penambahan PET sebesar 2%. Namun, dari beberapa hasil percobaan yang ditunjukkan penambahan plastik PET terbukti mampu meningkatkan stabilitas beton aspal.

#### 4.8.3 *Marshall Quotient*

Sesuai perhitungan rencana dan hasil uji tes *marshall*, didapat nilai *marshall quotient* pada **tabel 4.31** sebagai berikut:

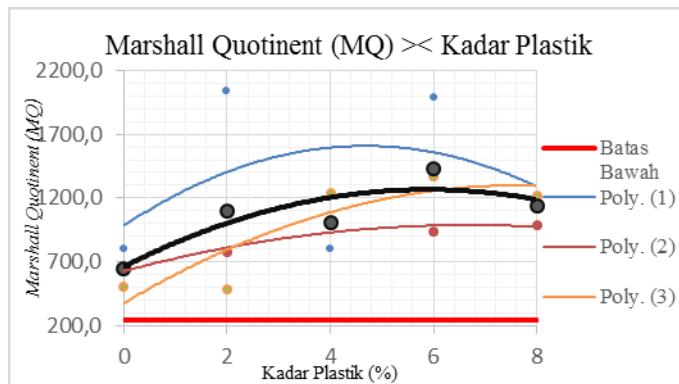
Tabel 4. 32 Nilai MQ pada tiap sampel KAO 5,8% dengan PET

Kadar Plastik %	No Benda Uji	Stabilitas kg	Flow mm	Marshall Quotinent kg/mm	Ket
					syarat >250
0	1	2085	2,6	801,9	OK
	2	1904	3	634,8	OK
	3	1529	3	509,7	OK
2	1	2850	1,4	2035,4	OK
	2	1946	2,5	778,4	OK
	3	1209	2,5	483,7	OK
4	1	2155	2,7	798,0	OK
	2	2085	2,1	992,9	OK
	3	2599	2,1	1237,8	OK
6	1	2585	1,3	1988,8	OK
	2	2433	2,6	935,6	OK
	3	2877	2,1	1370,1	OK
8	1	2780	2,3	1208,7	OK
	2	2572	2,6	989,0	OK
	3	2433	2	1216,3	OK

Contoh perhitungan Marshall quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow pada benda uji dengan kadar plastik 0% dan benda uji nomor 1 dapat dihitung dengan,

$$\begin{aligned}
 MQ &= \frac{\text{stabilitas}}{\text{flow}} \\
 &= \frac{2085}{4,5} \\
 &= 252,1 \text{ kg/mm}
 \end{aligned}$$


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



Gambar 4. 14 Grafik MQ pada tiap kadar plastik PET

Hasil pada **gambar 4.14** diatas menunjukkan bahwa nilai  $MQ$  mengalami peningkatan dan penurunan seiring bertambahnya kadar aspal yang digunakan dan cenderung meningkat dibandingkan benda uji tanpa penambahan plastik PET. Namun dari semua hasil percobaan benda uji masih memenuhi batas minimal yang disyaratkan Bina Marga 2010 revisi 3. Sedangkan, grafik MQ yang ditunjukkan oleh Prameswari,dkk, 2016 berbentuk parabola yang cenderung menurun dibandingkan dengan benda uji tanpa penambahan plastik PET.

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

#### 4.9 Perbandingan Campuran Aspal

Hasil akhir dari uji sampel aspal beton dengan tambahan plastik dan tanpa penambahan plastik yaitu nilai parameter – parameter marshall antara lain, VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow* (kelelahan), dan *marshall quotient* dapat dilihat pada **tabel 4.33 dan tabel 4.34**. Semua hasil yang didapat harus sesuai dengan peraturan Bina Marga Umum 2010, revisi 6 revisi 3.

**Tabel 4. 33 Rangkuman Perbandingan Uji Marshall**

Benda uji (kadar plastik; nomor)	B.J bulk camp. <b>DENSITY</b> (gr/cm <sup>3</sup> )	% Volume dari total campuran		% Rongga			Stabilitas (kg)  min. 800 kg	<b>flow</b> (mm)	<b>MQ</b> (kg/mm)
		Aspal thd campur an	agr. Efektif thd campura n	thd agregat	thd campuran	terisi aspal			
				VMA	VIM	VFA			
				Min. 13%	3% - 5%	Min. 65%			
0%; 1	2,46	11,749	84,76	15,243	3,495	77,075	2085	260	8,019
0%; 2	2,47	11,810	85,20	14,805	2,995	79,769	1904	300	6,348
0%; 3	2,46	11,793	85,07	14,927	3,134	79,003	1529	300	5,097
Rata-rata	<b>2,463</b>	<b>11,784</b>	<b>85,008</b>	<b>14,992</b>	<b>3,208</b>	<b>78,616</b>	<b>1839</b>	<b>287</b>	<b>6,488</b>

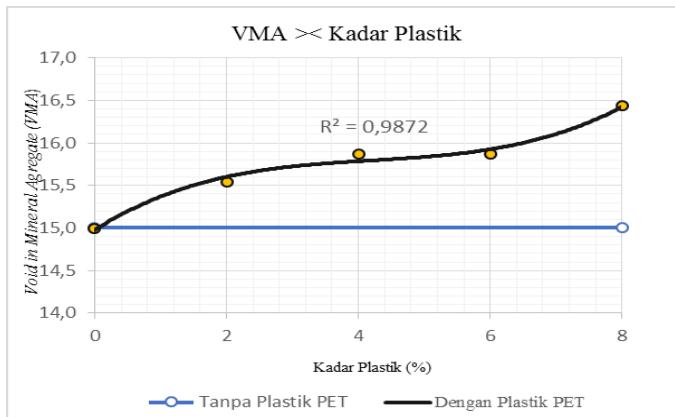
**Tabel 4. 34 Rangkuman Perbedangan Uji Marshall Lanjutan**

2%; 1	2,44	11,671	84,20	15,802	4,131	73,859	2850	140	20,354
2%; 2	2,45	11,721	84,56	15,442	3,720	75,907	1946	250	7,784
2%; 3	2,45	11,728	84,61	15,390	3,661	76,209	1209	250	4,837
Rata-rata	<b>2,447</b>	<b>11,707</b>	<b>84,456</b>	<b>15,544</b>	<b>3,837</b>	<b>75,325</b>	<b>2002</b>	<b>213</b>	<b>10,992</b>
4%; 1	2,44	11,669	84,18	15,822	4,153	73,749	2155	270	7,980
4%; 2	2,44	11,673	84,21	15,786	4,113	73,946	2085	210	9,929
4%; 3	2,43	11,644	84,00	16,001	4,357	72,769	2599	210	12,378
Rata-rata	<b>2,437</b>	<b>11,662</b>	<b>84,130</b>	<b>15,870</b>	<b>4,208</b>	<b>73,488</b>	<b>2280</b>	<b>230</b>	<b>10,095</b>
6%; 1	2,44	11,698	84,39	15,609	3,911	74,946	2585	130	19,888
6%; 2	2,44	11,666	84,16	15,838	4,171	73,663	2433	260	9,356
6%; 3	2,43	11,622	83,84	16,157	4,535	71,931	2877	210	13,701
Rata-rata	<b>2,437</b>	<b>11,662</b>	<b>84,132</b>	<b>15,868</b>	<b>4,206</b>	<b>73,513</b>	<b>2632</b>	<b>200</b>	<b>14,315</b>
8%; 1	2,43	11,612	83,77	16,233	4,621	71,531	2780	230	12,087
8%; 2	2,42	11,594	83,64	16,358	4,764	70,878	2572	260	9,890
8%; 3	2,41	11,544	83,28	16,724	5,180	69,025	2433	200	12,163
Rata-rata	<b>2,421</b>	<b>11,583</b>	<b>83,562</b>	<b>16,438</b>	<b>4,855</b>	<b>70,478</b>	<b>2595</b>	<b>230</b>	<b>11,380</b>

Sehingga perbandingan setiap parameter marshall dapat dijelaskan dengan grafik berikut ini:

#### 4.9.1 VMA

Perbandingan nilai VMA antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.15** sebagai berikut:

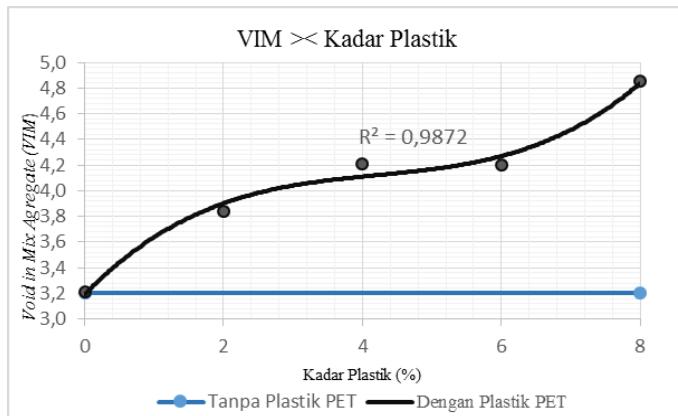


**Gambar 4. 15 Grafik hasil benda uji pada parameter VMA dengan dan tanpa plastik PET**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai grafik pada gambar 4.15 yang meningkat secara signifikan. Volume pori antar butir agregat paling tinggi sebesar 16,4% meningkat sebesar 10% dari besar volume pori pada benda uji tanpa penambahan plastik PET. Semakin besar kadar VMA menunjukkan semakin besar rongga antar agregat dan semakin rendah kekuatan campuran beton aspal tersebut yang akan memperpendek umur campuran.

#### 4.9.2 VIM

Perbandingan nilai VIM antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.16** sebagai berikut:

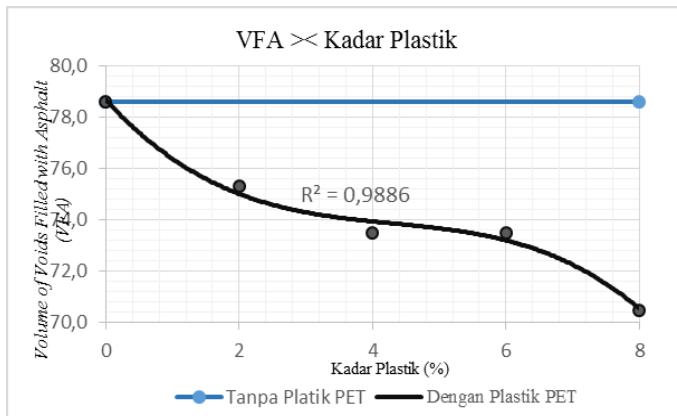


**Gambar 4. 16** Grafik hasil benda uji pada parameter VIM dengan dan tanpa PET

Banyak pori dalam beton aspal dengan penambahan plastik PET meningkat secara signifikan seperti grafik yang ditunjukkan pada VMA. Kenaikannya sebesar 51% dari benda uji tanpa penambahan plastik PET. Semakin tinggi nilai VIM membuat lapisan aspal semakin rapuh karena rongga yang semakin besar akan dapat terisi oleh udara maupun air yang membuat daya rekat antar agregat semakin lemah.

### 4.9.3 VFA

Perbandingan nilai VFA antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.17** sebagai berikut:

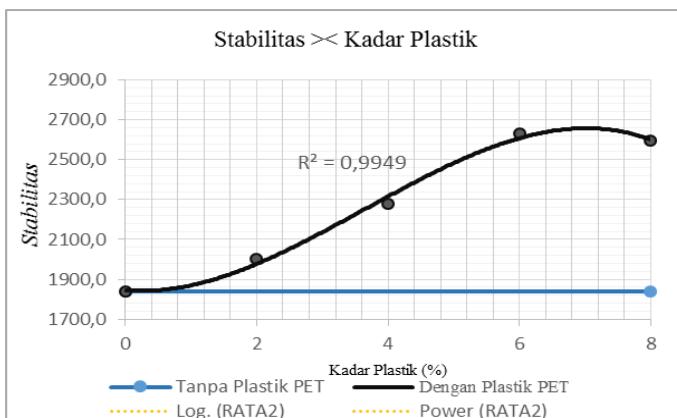


**Gambar 4. 17** Grafik hasil benda uji pada parameter VFA dengan dan tanpa PET

Berdasarkan **gambar 4.17** grafik tersebut menunjukkan aspal yang mengisi rongga semakin rendah nilai ini berbanding terbalik dengan VMA. Penurunan VFA paling tinggi sebesar 10% dari benda uji tanpa penambahan plastik PET. Penurunan nilai VFA dapat disebabkan karena suhu pemadatan yang jauh lebih rendah dari titik leleh aspal. Sehingga volume pori dengan kadar plastik yang lebih besar mengisi pori lebih kecil.

### 4.9.4 Stabilitas

Perbandingan nilai stabilitas antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.18** sebagai berikut:

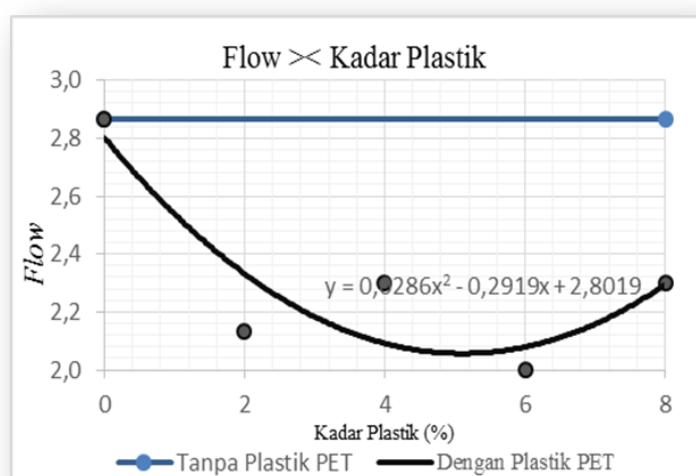


**Gambar 4. 18 Grafik hasil benda uji pada parameter Stabilitas dengan dan tanpa PET**

Berdasarkan **gambar 4.18** nilai stabilitas mengalami peningkatan hingga 43% dimulai dari benda uji tanpa penambahan plastik hingga penambahan plastik sebanyak 6% dari kadar aspal dengan hasil maksimal yang didapat pada benda uji yaitu sebesar 2631,7 kg. Sedangkan pada campuran 8% mengalami sedikit penurunan nilai menjadi 2594, kg. Berdasarkan grafik nilai stabilitas tersebut penambahan plastik PET kedalam campuran dapat memberikan daya tahan lebih baik pada beban lalu lintas.

#### 4.9.5 Flow

Perbandingan nilai Flow antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.19** sebagai berikut:

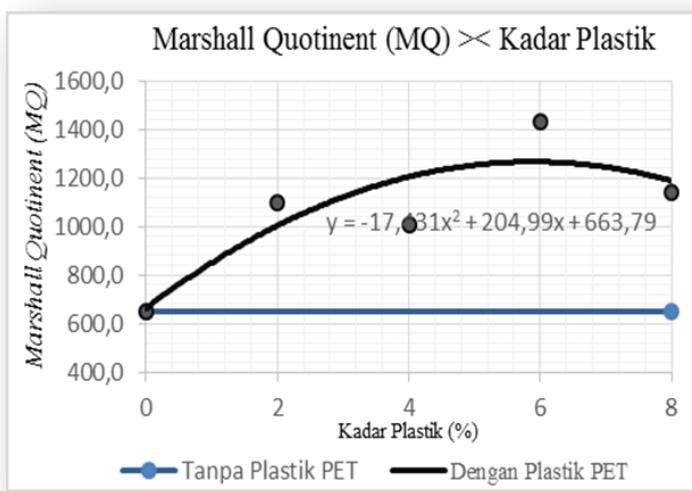


**Gambar 4. 19 Grafik hasil uji flow berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji tanpa dan dengan PET**

Nilai hasil flow sesuai dengan grafik yang ditunjukkan pada **gambar 4.19**, terjadi penurunan hingga 30% dari nilai flow benda uji tanpa penambahan plastik PET. Penurunan nilai flow dapat disebabkan karena suhu titik leleh plastik yang lebih tinggi di bandingkan dengan suhu titik leleh plastik PET. Sehingga dapat menurunkan tingkat kelenturan atau Fleksibilitas beton aspal. Namun, nilai flow tersebut masih memenuhi dalam batas maksimum dan minimum peraturan bina marga tahun 2010 revisi 3.

#### 4.9.6 *Marshall Quotient*

Perbandingan nilai Flow antara benda uji yang telah ditambahkan plastik PET dengan benda uji tanpa penambahan aditif dapat dijelaskan pada **gambar 4.20** sebagai berikut:



**Gambar 4. 20 Grafik hasil uji MQ berdasarkan hasil uji Marshall pada benda uji tanpa dan dengan PET**

Nilai marshall quotient memiliki grafik yang membentuk parabola yang cenderung naik karena nilai marshall quotient berbanding terbalik dengan flow dengan grafik yang cenderung turun. Nilai marshall tertinggi terdapat pada penambahan plastik sebesar 6% dengan kenaikan hingga 139% dari benda uji tanpa penambahan plastik PET atau naik sebesar 2,4 kali. Kemudian turun pada penambahan kadar plastik PET 8% sebesar 27% dari nilai MQ kadar plastik PET 6%. Dengan nilai Marshall quotient yang tinggi menunjukkan perubahan bentuk (*deformasi plastis*) akibat pembebanan yang rendah sehingga menyebabkan campuran beton aspal semakin getas.

#### 4.10 Analisa Anggaran Biaya

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui selisih antara besarnya biaya beton aspal dengan tambahan plastik PET

dan tanpa tambahan plastik PET. Analisa anggaran biaya ini dapat di jelaskan, sebagai berikut :

Apabila harga plastik PET didapatkan dari limbah dan menyewa alat pencacah dengan harga Rp 50.000/hari dan dalam satu hari mampu menghancurkan limbah botol plastik PET sebanyak 50 kg. Sehingga harga bahan baku pembuatan beton aspal ATB yang lain dapat dilihat pada **tabel 4.33** berikut:

**Tabel 4. 35 Harga satuan bahan**

No	Uraian Bahan	Berat Jenis	Satuan	Harga Satuan	Harga
					Rupiah/ gr
1	Batu Pecah 20/40	2,757	m3	Rp 230.000,00	0,63
2	Batu Pecah 5/10	2,766	m3	Rp 230.000,00	0,64
3	Batu Pecah 0/5	2,596	m3	Rp 230.000,00	0,60
4	Aspal Cair	1,03	drum	Rp 935.000,00	6,07
5	Plastik PET Cacah	1,34	karung	Rp 50.000,00	1,00

Sumber : Survei harga lapangan, 2018

Untuk menghitung harga bahan per gram dapat dijelaskan dalam perhitungan berikut:

$$W = \gamma \times V$$

$$= \frac{BJ \text{ agregat} \times \frac{\text{Harga satuan}}{10^6}}{\text{Sepuluh Nopember}}$$



$$\text{Batu Pecah 20/40} = 2,757 \times \frac{230.000}{10^6} = 0,63$$

$$\text{Batu Pecah 5/10} = \frac{2,766 \times \frac{230.000}{10^6}}{} = 0,64$$

$$\text{Batu Pecah 5/10} = \frac{2,596 \times \frac{230.000}{10^6}}{} = 0,60$$

Untuk aspal cair 1 drum = 155 kg, maka :

$$\text{Aspal Cair} = \frac{\frac{935.000}{155 \times 10^3}}{} = 6,07$$

$$\text{Plastik PET Cacah} = \frac{\frac{50.000}{50 \times 10^3}}{} = 1,00$$

Perhitungan anggaran biaya untuk beton aspal ATB tanpa penambahan plastik PET dapat ditunjukkan dalam **tabel 4.34** dengan total bahan akhir dalam satuan rupiah per ton, berikut:

**Tabel 4. 36 Total harga bahan beton aspal ATB tanpa PET**

No	URAIAN BAHAN	MASSA (gr)	HARGA SATUAN	JUMLAH
			Rupiah/gr	/ton
1	Batu Pecah 20/40	395,6	0,63	Rp 209.102,44
2	Batu Pecah 5/10	282,6	0,64	Rp 149.834,02
3	Batu Pecah 0/5	452,2	0,60	Rp 225.019,62
4	Aspal Cair	69,6	6,07	Rp 352.142,86
Total		1200,0		Rp 936.098,95

Contoh perhitungan anggaran biaya beton aspal ATB tanpa tambahan platik PET dapat dijelaskan,

$$\text{Nama bahan} = \frac{\text{Massa}}{1200} \times 10^6 \times \text{Harga Satuan}$$

$$\text{Batu Pecah 20/40} = \frac{395,6}{1200} \times 10^6 \times 0,63 = \text{Rp } 209.102,44$$

$$\text{Batu Pecah 5/10} = \frac{282,6}{1200} \times 10^6 \times 0,64 = \text{Rp } 149.834,02$$

$$\text{Batu Pecah 0/5} = \frac{452,2}{1200} \times 10^6 \times 0,60 = \text{Rp } 225.019,62$$

$$\text{Aspal Cair} = \frac{69,6}{1200} \times 10^6 \times 6,07 = \text{Rp } 352.142,86$$

Harga total = Rp. 936.098,95/ ton

**Tabel 4. 37 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 2% ke 2**

No	URAIAN BAHAN	MASSA (gr)	HARGA SATUAN	JUMLAH
			Rupiah/gr	/ton
1	Batu Pecah 20/40	395,6	0,63	Rp 209.102,44
2	Batu Pecah 5/10	282,6	0,64	Rp 149.834,02
3	Batu Pecah 0/5	452,2	0,60	Rp 225.019,62
4	Aspal Cair	68,2	6,07	Rp 345.100,00
5	Plastik PET Cacah	1,392	1,00	Rp 8.120,00
Total		1200,0		Rp 930.216,09

Contoh perhitungan anggaran biaya beton aspal ATB tanpa tambahan plastik PET dapat dijelaskan,

$$\text{Nama bahan} = \frac{\text{Massa}}{1200} \times 10^6 \times \text{Harga Satuan}$$

$$\text{Batu Pecah 20/40} = \frac{282,6}{1200} \times 10^6 \times = \text{Rp } 209.102,44$$

$$\text{Batu Pecah 5/10} = \frac{0,64}{1200} \times 10^6 \times = \text{Rp } 149.834,02$$

$$\text{Batu Pecah 0/5} = \frac{0,60}{1200} \times 10^6 \times = \text{Rp } 225.019,62$$

$$\text{Aspal Cair} = \frac{68,2}{1200} \times 10^6 \times 6,07 = \text{Rp } 345.100,00$$

$$\text{PET Cacah} = \frac{1,392}{1200} \times 10^6 \times 1,00 = \text{Rp } 1.160,00$$

Harga total = Rp. 930.216,09/ ton

**Tabel 4. 38 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 4%**

No	URAIAN BAHAN	MASSA (gr)	HARGA SATUAN	JUMLAH
			Rupiah/gr	/ton
1	Batu Pecah 20/40	395,6	0,63	Rp 209.102,44
2	Batu Pecah 5/10	282,6	0,64	Rp 149.834,02
3	Batu Pecah 0/5	452,2	0,60	Rp 225.019,62
4	Aspal Cair	66,8	6,07	Rp 338.057,14
5	Plastik Cacah	2,784	1,00	Rp 2.320,00
Total		1200,0		Rp 924.333,23

**Tabel 4. 39 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 6%**

No	URAIAN BAHAN	MASSA (gr)	HARGA SATUAN	JUMLAH
			Rupiah/gr	/ton
1	Batu Pecah 20/40	395,6	0,63	Rp 209.102,44
2	Batu Pecah 5/10	282,6	0,64	Rp 149.834,02
3	Batu Pecah 0/5	452,2	0,60	Rp 225.019,62
4	Aspal Cair	65,4	6,07	Rp 331.014,29
5	Plastik Cacah	4,176	1,00	Rp 3.480,00
Total		1200,0		Rp 918.450,38



**Tabel 4. 40 Total harga bahan beton aspal ATB dengan tambahan PET 8%**

No	URAIAN BAHAN	MASSA (gr)	HARGA SATUAN	JUMLAH
			Rupiah/gr	/ton
1	Batu Pecah 20/40	395,6	0,63	Rp 209.102,44
2	Batu Pecah 5/10	282,6	0,64	Rp 149.834,02
3	Batu Pecah 0/5	452,2	0,60	Rp 225.019,62
4	Aspal Cair	64,0	6,07	Rp 323.971,43
5	Plastik Cacah	5,568	1,00	Rp 4.640,00
Total		1200,0		Rp 912.567,52

Dalam uraian tabel tersebut didapatkan harga beton aspal ATB tanpa penambahan plastik PET sebesar Rp 936.098,95/ton sedangkan harga beton aspal ATB dengan penambahan plastik PET 2% sebesar Rp 930.216,09/ton dan beton aspal ATB dengan penambahan plastik tertinggi sebesar 8% sebesar Rp 912.567,52/ton perbedaan harga pada setiap 2% kadar plastik sebesar Rp 5882,86/ton sehingga persentase beton aspal ATB dengan penambahan plastik PET 2% sebesar 0,62% lebih murah dibandingkan harga beton aspal, sedangkan perbedaan harga beton aspal ATB antara penambahan plastik 8% dengan tanpa plastik sebesar Rp 23.531,43/ton dan persentase perbedaan harga lebih murah 2,51%.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB 5 BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Sesuai dengan hasil percobaan yang telah dilakukan terhadap tujuan penelitian dari campuran plastik PET terhadap perkerasan ATB (*Asphalt Treated Base*) dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Pengaruh yang didapat mengenai karakteristik campuran kadar plastik pada jenis perkerasan *ATB* berdasarkan parameter marshall menyebabkan terjadinya peningkatan persentase stabilitas sebesar 43% sedangkan flow mengalami penurunan sebesar 30% pada penambahan kadar plastik PET terbanyak sebesar 8%. Sehingga nilai marshall mengalami peningkatan dari 648,8 kg/mm menjadi 1138 kg/mm.

Berdasarkan volumetrik campuran Void In Mix meningkat dari 3,2% menjadi 4,9%, Void In the Mineral Aggregate meningkatkan dari 15% menjadi 16,4%. Dan Void Filled with Asphalt menurun dari 78,6 menjadi 70,5.

2. Dari semua percobaan beton aspal ATB dengan penambahan plastik PET dengan kadar 2%, 4%, 6%, dan 8% telah memenuhi ketentuan sifat campuran dari peraturan Bina Marga revisi 3 tahun 2010. Sehingga pengurangan kadar aspal yang maksimal terdapat pada kadar plastik PET sebesar 8%.
3. Dari perhitungan anggaran biaya harga beton aspal ATB dengan penambahan plastik PET 8% dan tanpa plastik adalah sebesar Rp 23.531,43/ton. Jadi diperoleh dengan harga dengan penambahan plastik, terjadi penurunan harga sebesar 2,51% dari harga semula.

## 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian tersebut peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. 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.
2. Untuk percobaan selanjutnya perlu melakukan penelitian lanjutan pada kadar plastik diatas 8% untuk jenis beton aspal ATB.
3. Perlu dilakukan uji karakteristik aspal setelah di campur plastik sehingga dapat diketahui perbandingannya.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] E. Sutriyanto, “Sampah Indonesia, Sebanyak 14 Persennya Sampah Plastik,” 2017.
- [2] D. Oktara, “10 Persen Jalan Nasional Rusak,” 2017.
- [3] Kementrian PUPR, “Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Aspal,” Litbang PU, 2017.
- [4] DIRJEN BINA MARGA, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3, Indonesia: Kementrian Pekerjaan Umum, 2010.
- [5] U. A. Pratama, Pengaruh Variasi Lama Perendaman Beton Aspal Menggunakan Bahan Limbah Botol Plastik Pada Aspal Dan Filler Batubara, Banda Aceh: Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, 2017.
- [6] I. Mujiarto, “Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif,” vol. 3, no. 2, 2005.
- [7] P. E. Purnamasari dan F. Suryaman, “Pengaruh Penggunaan Limbah Botol Plastik sebagai Bahan Tambahan Terhadap Karakteristik Lapis Aspal Beton (LASTON),” dalam *Konferensi Nasional Teknik Sipil 4*, Yogyakarta, 2010.
- [8] Soehartono, Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan, Yogyakarta: Andi Yogyakarta, 2015.
- [9] Aryanto, “RECYCLING (Teknologi Daur Ulang Perkerasan Jalan),” 2012.

- [10] E. Ahmadinia, M. Zargar, M. R. Karim, M. Abdelaziz dan P. Shafiqh, “Using waste plastic bottles as additive for stone mastic asphalt,” *Material and Design*, vol. 32, no. 10, pp. 4844-4849, 2011.
- [11] S. Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, Jakarta: Granit, 2012.
- [12] P. A. Prameswari, P. Pratomo dan D. Herianto, “Pengaruh Pemanfaatan Pet Pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall,” vol. 4, no. 2, pp. 294-305, 2016.
- [13] M. F. Iqbal, Penggunaan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Lapis Aspal Beton (LASTON), 2018.
- [14] T. W. Suroso, “Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Ethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Aspal,” no. 3, pp. 208-222, 2008.



## **LAMPIRAN**

ANALISA SARINGAN

(ASTM C - 136 - 46) - (SNI 03-1968-1990)

JOB MIXFORMULA : Asphalt Concrete (AC)

MATERIAL : Agregat Kasar (CA) 20-40 mm

TANGGAL : 23 Februari 2018

Dikerjakan : Derina Septia P.

Berat sample : 2500 gram Berat sample : 2500 gram

Nomor Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Brt Tertahan (gram)	Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos	% Lolos Rata - rata	Nomor Saringan	Berat Tertahan (gram)	Jumlah Brt Tertahan (gram)	Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos	Spesifikasi
1"	94,0	94,0	3,76	96,24	<b>97,12</b>	1"	50,0	50,0	2,00	98,00	
3/4"	783,0	877,0	35,08	64,92	<b>62,41</b>	3/4"	952,5	1002,5	40,10	59,90	
1/2"	998,0	1875,0	75,00	25,00	<b>24,45</b>	1/2"	900,0	1902,5	76,10	23,90	
3/8"	480,5	2355,5	94,22	5,78	<b>5,89</b>	3/8"	447,5	2350,0	94,00	6,00	
No. 4	131,5	2487,0	99,48	0,52	<b>0,56</b>	No. 4	135,0	2485,0	99,40	0,60	
No. 8	-	-	-	-	-	No. 8	-	-	-	-	
No. 16	-	-	-	-	-	No. 16	-	-	-	-	
No. 30	-	-	-	-	-	No. 30	-	-	-	-	
No. 50	-	-	-	-	-	No. 50	-	-	-	-	
No. 100	-	-	-	-	-	No. 100	-	-	-	-	
No.200	-	-	-	-	-	No.200	-	-	-	-	

**ANALISA SARINGAN**

(ASTM C - 136 - 46) - (SNI 03-1968-1990)

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
 MATERIAL : Agregat Medium 5-10 mm  
 TANGGAL : 23 Februari 2018,

Dikerjakan : Derina Septia P.

Nomor Saringan	Berat	sample :	2500	gram	<b>% Lolos Rata - rata</b>	Nomor Saringan	Berat	sample :	2500	gram	<b>Specifikasi</b>
	Tertahan (gram)	Jumlah Brt Tertahan (gram)	Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos			Tertahan (gram)	Jumlah Brt Tertahan (gram)	Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos	
1"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	1"	0,0	0,0	0,00	100,00	
3/4"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	3/4"	0,0	0,0	0,00	100,00	
1/2"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	1/2"	0,0	0,0	0,00	100,00	
3/8"	50,0	50,0	2,00	98,00	<b>98,16</b>	3/8"	42,0	42,0	1,68	98,32	
No. 4	1392,0	1442,0	57,68	42,32	<b>43,64</b>	No. 4	1334,0	1376,0	55,04	44,96	
No. 8	1002,0	2444,0	97,76	2,24	<b>2,20</b>	No. 8	1070,0	2446,0	97,84	2,16	
No. 16	36,0	2480,0	99,20	0,80	<b>0,44</b>	No. 16	52,0	2498,0	99,92	0,08	
No. 30	-	-	-	-	-	No. 30	-	-	-	-	
No. 50	-	-	-	-	-	No. 50	-	-	-	-	
No. 100	-	-	-	-	-	No. 100	-	-	-	-	
No.200	-	-	-	-	-	No.200	-	-	-	-	

**ANALISA SARINGAN**

(ASTM C - 136 - 46) - (SNI 03-1968-1990)

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)

Dikerjakan : Derina Septia P.

MATERIAL : Agregat Halus 0-5 mm

TANGGAL : 23 Februari 2018,

Nomor Saringan	Berat Tertahan (gram)	Berat sample : 2500 gram					Nomor Saringan	Berat Tertahan (gram)	Berat sample : 2500 gram				
		Jumlah Brt Tertahan (gram)	Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos	% Lolos Rata - rata	Jumlah Brt Tertahan (gram)			Jumlah % Tertahan	Jumlah % Lolos	Specifikasi		
1"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	1"	0,0	0,0	0,00	100,00			
3/4"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	3/4"	0,0	0,0	0,00	100,00			
1/2"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	1/2"	0,0	0,0	0,00	100,00			
3/8"	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	3/8"	0,0	0,0	0,00	100,00			
No. 4	0,0	0,0	0,00	100,00	<b>100,00</b>	No. 4	0,0	0,0	0,00	100,00			
No. 8	214,0	214,0	14,27	85,73	<b>86,13</b>	No. 8	202,0	202,0	13,47	86,53			
No. 16	422,0	636,0	42,40	57,60	<b>58,60</b>	No. 16	404,0	606,0	40,40	59,60			
No. 30	246,0	882,0	58,80	41,20	<b>42,20</b>	No. 30	246,0	852,0	56,80	43,20			
No. 50	218,0	1100,0	73,33	26,67	<b>27,40</b>	No. 50	226,0	1078,0	71,87	28,13			
No. 100	132,0	1232,0	82,13	17,87	<b>18,20</b>	No. 100	144,0	1222,0	81,47	18,53			
No.200	84,0	1316,0	87,73	12,27	<b>12,60</b>	No.200	84,0	1306,0	87,07	12,93			

**GRADASI AGREGAT GABUNGAN (*COMBINED AGGREGATE*)**  
**JENIS CAMPURAN ATB**

**JOB MIX FORMULA**

: Asphalt Concrete (AC)

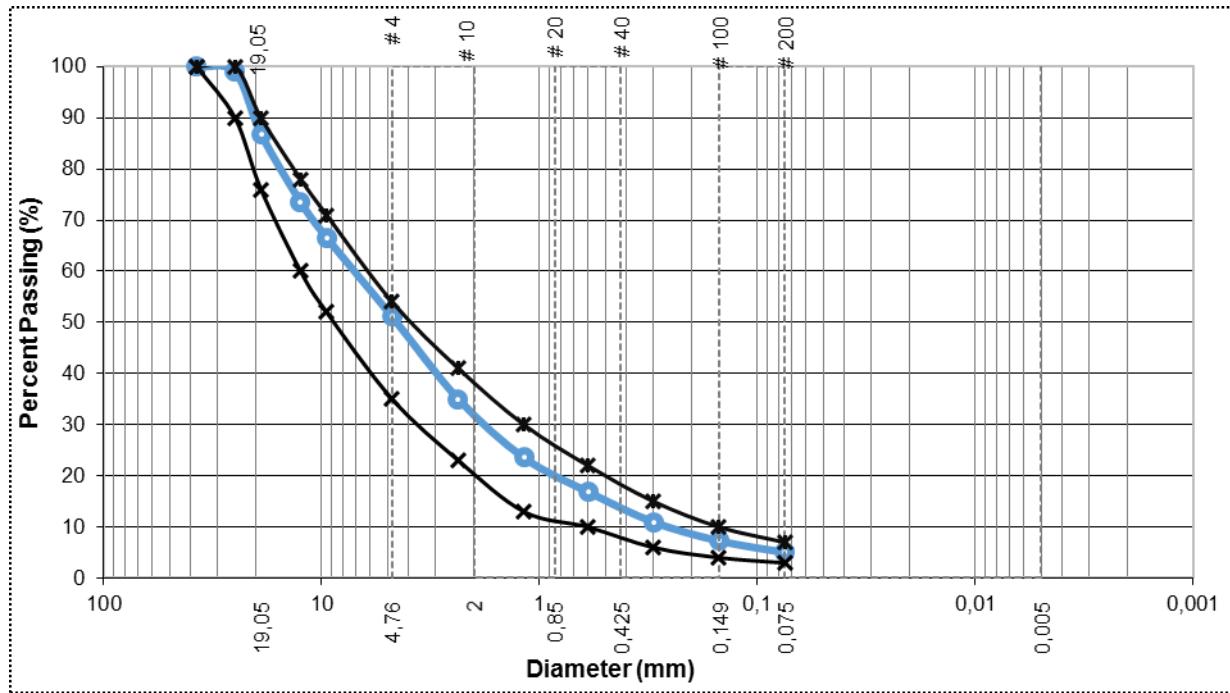
**MATERIAL**

: AC-BASE/ ATB

**TANGGAL**

: 26 Februari 2018

DIMENSI	NO	CA 20 - 40 mm		MA 5 - 10 mm		FA 0-5 mm		HASIL	SPESIFIKASI
SARINGAN	SARINGAN	% LOLOS	35	% LOLOS	25	% LOLOS	40		
37,5	1 1/2'	100	35,00	100	25,00	100,0	40,00	100,00	100
25	1"	97,12	33,99	100	25,00	100,0	40,00	98,99	90 - 100
19	3/4"	62,41	21,84	100	25,00	100,0	40,00	86,84	76 - 90
12,5	1/2"	24,45	8,56	100	25,00	100,0	40,00	73,56	60 - 78
9,5	3/8"	5,89	2,06	98,16	24,54	100,0	40,00	66,60	52 - 71
4,75	No.4	0,56	0,20	43,64	10,91	100,0	40,00	51,11	35 - 54
2,36	No.8	0	0,00	2,2	0,55	86,1	34,45	35,00	23 - 41
1,18	No.16	0	0,00	0,44	0,11	58,6	23,44	23,55	13 - 30
0,600	No.30	0	0,00	0	0,00	42,2	16,88	16,88	10 - 22
0,300	No.50	0	0,00	0	0,00	27,4	10,96	10,96	6 - 15
0,150	No.100	0	0,00	0	0,00	18,2	7,28	7,28	4 - 10
0,075	No.200	0	0,00	0	0,00	12,6	5,04	5,04	3 - 7



**GRADASI AGREGAT GABUNGAN & VARIASI KOMPOSISI  
JENIS CAMPURAN ATB**

JOB MIX FORMULA

MATERIAL : Asphalt Concrete (AC)  
 TANGGAL : AC-BASE/ ATB  
 TANGGAL : 26 Februari 2018

Ukuran saringan		Hasil Analisa saringan			GRADASI GABUNGAN			Faktor luas perm.agregat ( M2 / Kg )	SPESIFI KASI Gradasi Gabungan
Inchi	Mm	a	b	c	I	II	III		
1 1/2"	38,1	100,0	100,0	100,0	100,0			{ } 1 X 0,41	100
1"	25,4	97,1	100,0	100,0	99,0				90-100
3/4"	19,1	62,4	100,0	100,0	86,8				76-90
1/2"	12,7	24,5	100,0	100,0	73,6				60-78
3/8"	9,5	5,9	98,2	100,0	66,6				52-71
# 4	4,75	0,6	43,6	100,0	51,1				35-54
# 8	2,36	-	2,2	86,1	35,0				23-41
# 16	1,18	-	0,4	58,6	23,6				13-30
# 30	0,553	-	-	42,2	16,9				10-22
# 50	0,300	-	-	27,4	11,0				6-15
# 100	0,150	-	-	18,2	7,3				4-10
# 200	0,075	-	-	12,6	5,0				3-7
a	Coarse aggregate ( 40-20 mm )				35,0				
c	Medium Aggregate ( 5-10mm )				25,0				
d	Fine Aggregate ( Abu batu )				40,0				
Total luas permukaan agregat (M2/Kg)					4,99				

<u>Fraksi desain butiran agregat :</u>	CA1	65,00	
	FA1	29,96	
	FF1	5,04	
	<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	
<u>Perkiraaan aspal terpakai secara gradasi</u>		5,23	
<u>Fraksi desain butiran campuran :</u>	CA2	61,60	
	FA2	28,40	
	FF2	4,78	
	<b>Bitumen</b>	<b>5,23</b>	+
	<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	

Perkiraaan awal penyerapan aspal

Agregat kasar =	0,35	x	1,07	=	0,37
Agregat Sedang =	0,25	x	1,18	=	0,29
Agregat halus =	0,40	x	2,25	=	0,90
				=	1,19

$$\text{Penyerapan aspal} = 0,45 \quad x \quad 1,19 \quad = \quad 0,54$$

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta} = 5,23$$

$$\text{Kadar aspal} = \text{Aspal sesungguhnya} + \text{Aspal terabsorbsi} = 5,77$$

$$\text{Dibulatkan} = 5,8$$

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN ABU BATU 0/5**

**JOB MIX**

FORMULA : Asphalt Concrete - Base (AC-Base)  
MATERIAL : Agregat Halus (0-5) mm  
TANGGAL : 16-19 Maret 2018

**PENGUJIAN :**

Jenis Pengujian	I	II	III	Rata2	satuan
Berat benda Uji kering permukaan jenuh (SSD) :	500	500	500	500	gram
Berat picnometer diisi air (B) :	654	653	653	653	gram
Berat picnometer + Benda uji + Air (Bt) :	964	964	962	965	gram
Berat benda uji kering oven (Bk) :	488	484	488	489	gram

**PERHITUNGAN :**

Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{B_k}{(B + SSD) - B_t} : \frac{489,0}{(653 + 500) - 965,0} = 2,60 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{SSD}{(B + SSD) - B_t} : \frac{500}{(653 + 500) - 965,0} = 2,65 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{B_k}{(B + B_k) - B_t} : \frac{489,0}{(653 + 489) - 965,0} = 2,76 \text{ g/cm}^3$$

Penyerapan Air

$$\frac{SSD - B_k}{B_k} \times 100\% : \frac{500 - 489}{489} \times 100\% = 2,25\% \text{ g/cm}^3$$

$$BJ \text{ Efektif} : \frac{2,60 + 2,76}{2} = 2,677 \text{ g/cm}^3$$

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT MEDIUM**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete - Base (AC-Base)

MATERIAL : Agregat Medium (5-10) mm

TANGGAL : 16-19 Maret 2018

**PENGUJIAN :**

Jenis Pengujian	I	II	III	rata2	satuan
Berat benda Uji direndam selama :	124	124	124	124	jam
Berat benda uji kering oven tert. Sar. (BK) :	2000	2000	2000	2000	gram
Berat benda uji kering permukaan jen (BJ) :	2022	2016	2020	2023,5	gram
Berat benda uji dalam air (BA) :	1308	1308	1310	1300,5	gram

**PERHITUNGAN :**

Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{Bk}{(BJ - BA)} : \frac{2000}{(2024 - 1301)} = 2,77 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{BJ}{(BJ - BA)} : \frac{2024}{(2024 - 1301)} = 2,80 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{Bk}{BK - BA} : \frac{2000}{(2000 - 1301)} = 2,86 \text{ g/cm}^3$$

Penyerapan Air

$$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% : \frac{2024 - 2000}{2000} \times 100\% = 1,18\% \text{ g/cm}^3$$

$$\text{BJ Efektif} : \frac{2,77 + 2,86}{2} = 2,813 \text{ g/cm}^3$$

**PEMERIKSAAN**  
**BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete - Base (AC-Base)  
MATERIAL : Agregat Kasar (20-40) mm  
TANGGAL : 16-19 Maret 2018

**PENGUJIAN** :

Jenis Pengujian	I	II	III	rata2	satuan
Berat benda Uji direndam selama	141	141	141	141	jam
Berat benda uji kering oven tert. Sar. no.4 (BK)	2000	2000	2000	2000	gram
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	2022	2016	2018	2021,3	gram
Berat benda uji dalam air (BA)	1295	1293	1292	1296	gram

PERHITUNGAN

Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{Bk}{(BJ - BA)} : \frac{2000}{(2021 - 1296)} = 2,76 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Permukaan (SSD)

$$\frac{BJ}{(BJ - BA)} : \frac{2021}{(2021 - 1296)} = 2,79 \text{ g/cm}^3$$

Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{Bk}{BK - BA} : \frac{2000}{2000 - 1296} = 2,84 \text{ g/cm}^3$$

Penyerapan Air

$$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% : \frac{2021 - 2000}{2000} \times 100\% = 1,1\% \text{ g/cm}^3$$

$$\text{BJ Efektif} : \frac{2,76 + 2,84}{2} = 2,799 \text{ g/cm}^3$$

**LOS ANGELES ABRATION TEST**  
**(SNI 03-2417-1991)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
 MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
 TANGGAL : 23 Maret 2018,

Grading of test 500 Putaran

Lolos	Tertahan	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
		(a)	(b)	(a)	(b)
1 1/2"	1"	1250		1250	
1"	3/4"	1250		1250	
3/4"	1/2"	1250		1250	
1/2"	3/8"	1250		1250	
3/8"	No.4				
No.4	No.8				
No.8	No.16		3592		3570
No.16	No.30				
No.30	No.50				
No.50	No.100				
No.100	No.200				
No.200	PAN				
Jumlah Berat		5000	3592	5000	3570

Nilai Keausan A

$$\begin{array}{ll}
 a & : 5000 \text{ gram} \\
 b & : 3592 \text{ gram} \\
 c = a - b & : \underline{1408 \text{ gram}}
 \end{array}$$

Nilai Keausan B

$$\begin{array}{ll}
 a & : 5000 \text{ gram} \\
 b & : 3570 \text{ gram} \\
 c = a - b & : \underline{1430 \text{ gram}}
 \end{array}$$

Abrasi :

$$c/a \times 100\% = 28,16 \%$$

Abrasi :

$$c/a \times 100\% = 28,60 \%$$

**Abrasi Rata-rata = 28,38 %**

**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL**  
**(AASHTO T 49 - 86)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
TANGGAL : 23 Maret 2018,

Penetrasi pada 25 - 50 gram -5 detik

Pengujian nomor	Contoh Benda Uji		Keterangan
	1	2	
1	72	78	
2	78	74	
3	77	76	
4	69	77	
5	74	74	
6	76	75	
rata- rata	74,33	75,67	Batasan aspal penetrasi 60/70, 60 sampai 79
Keausan rata-rata		75	

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL**  
**(AASHTO T 100)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
 MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
 TANGGAL : 23 Maret 2018,

		I	II		satuan
Berat Piknometer + Contoh aspal		113,67	111,27		gram
Berat piknometer		79,46	80,15		gram
1.	Berat contoh aspal	35,68	32,94		gram
	Berat piknometer + air	228,14	227,61		gram
	Berat piknometer	79,46	80,15		gram
2.	Berat air	148,67	147,46		gram
	Berat piknometer + contoh + air	229,12	228,53		gram
	Berat piknometer + contoh	113,67	111,27		gram
3.	Volume air	115,45	117,26		cc
4.	Volume contoh (2-3)	34,21	31,12		cc
BJ Aspal (Berat contoh/vol. Contoh)		1,043	1,059		gr/cc
BJ Aspal rata-rata		1,051			gr/cc

**Keterangan : BJ Aspal minimal 1,00**

**PEMERIKSAAN KEHILANGAN BERAT**  
**(AASSHTO T 179)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
TANGGAL : 23 Maret 2018,

Pemeriksaan pada 163 C selama 5 jam

Pengujian	Kehilangan Berat			Keterangan
	Contoh 1	Contoh 2		
	gram	gram		
Berat Cawan + Contoh	103,517	101,889		
Berat Cawan	46,992	46,287		
Berat Sebelum Pengujian (A)	56,525	55,602		
Berat setelah Pengujian (B)	56,465	55,541		
Kehilangan Berat (%) ((A-B)/A) X 100%	0,106	0,11		Aspal Memenuhi Syarat < dari 0,4%
Kehilangan Berat rata-rata (%)	0,108			

**PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK**  
**(AASHTO T 53 - 74)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
 MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
 TANGGAL : 23 Maret 2018,

Suhu yang diamati (C)	Waktu (det)	<b>Pengamatan Titik Lembek (C)</b>		Keterangan
		1	2	
30	60			Persyaratan Pen. 60 antara 48 s/d 58 C
35	60			
40	60			
45	60			
50	60			
		52	53	
Titik Lembek rata rata (C)		52,5		

**PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL**  
**(AASHTO T 51 - 74)**

JOB MIX FORMULA : Asphalt Concrete (AC)  
MATERIAL : AC-BASE/ ATB  
TANGGAL : 23 Maret 2018,

Pemeriksaan Daktilitas pada 25 C

Pengamatan Benda Uji	Pembacaan Pengukur pada alat	Keterangan
I	126	
II	125	
Rata-rata	125,5	Persyaratan minimal 100 cm