

## TESIS

### **PENGARUH SUHU PENCAAMPURAN LASTON AC-WC MENGGUNAKAN MATERIAL KAMPAR DENGAN BAHAN TAMBAH PLASTIK JENIS LDPE (*LOW DENSITY POLY ETHILEN*) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Dalam Mencapai Derajat Magister  
Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Islam Riau*



Oleh :

**RONALD PORWADI**  
NPM. 183122011

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2021**

**PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP  
KEKUATAN BETON MUTU SEDANG  
UNTUK KONSTRUKSI JALAN**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

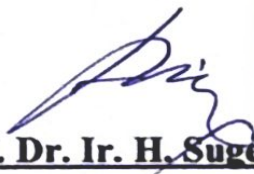
**RIDUAN**

NPM. 183 122 012

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 5 Februari 2021

Dewan Penguji :

Pembimbing Utama,



**Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT**

Penguji,



**Dr. Elizar, ST., MT**

Pembimbing Pendamping,



**Dr. Anas Puri, ST., MT**

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
Tanggal : .....



**Dr. Elizar, ST., MT**

Ketua Program Magister Teknik Sipil  
Universitas Islam Riau

# LEMBAR PENGESAHAN

## TESIS PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

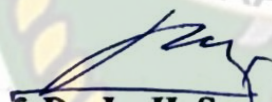
**RIDUAN**

NPM. 183 122 012

Program Studi : Teknik Sipil  
Bidang Kajian : Beton

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji  
Pada Tanggal 5 Februari 2021  
Dan dinyatakan LULUS

**DEWAN PENGUJI :**  
Ketua Penguji,

  
**Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT**

Anggota Penguji I,



**Dr. Anas Puri, ST.,MT**

Anggota Penguji II,



**Dr. Elizar, ST.,MT**

Mengetahui

Direktur



Program Pascasarjana Universitas Islam Riau

  
**Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H.,M.Hum**

**SURAT KEPUTUSAN DIREKTUR PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

NOMOR : 781 /KPTS/PPS/2020

**TENTANG**

**PENUNJUKAN PEMBIMBING PENULISAN TESIS MAHASISWA  
PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL**

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

- yang :
1. Bahwa penulisan tesis merupakan tugas akhir dan salah satu syarat bagi mahasiswa dalam menyelesaikan studinya pada Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS – UIR.
  2. Bahwa dalam upaya meningkatkan mutu penulisan dan penyelesaian tesis, perlu ditunjuk pembimbing yang akan memberikan bimbingan kepada mahasiswa tersebut.
  3. Bahwa nama – nama dosen yang ditetapkan sebagai pembimbing dalam Surat Keputusan ini dipandang mampu dan mempunyai kewenangan akademik dalam melakukan pembimbingan yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau.

- ingat :
1. Undang – Undang Nomor : 12 Tahun 2012 Tentang : Pendidikan Tinggi
  2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor : 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
  3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
  4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
  5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor : 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjamin Mutu Pendidikan
  6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor : 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
  7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
  8. Peraturan Universitas Islam Riau Tahun Nomor : 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

**MEMUTUSKAN**

- anjuk
1. Menunjuk

No	Nama	Jabatan Fungsional	Bertugas Sebagai
1	Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT	Guru Besar	Pembimbing I
2	Dr. Anas Puri, ST., MT	Lektor Kepala	Pembimbing II


Untuk Penulisan Tesis Mahasiswa :

Nama : RIDUAN  
N P M : 183122012  
Program Studi : MAGISTER TEKNIK SIPIL  
Judul Proposal Tesis : PENGARUH SUHU AGREGAT KASAR TERHADAP KEKUATAN BETON MUTU SEDANG UNTUK KONSTRUKSI JALAN

2. Tugas – tugas pembimbing adalah memberikan bimbingan kepada mahasiswa Program Magister (S2) Teknik Sipil dalam penulisan tesis.
  3. Dalam pelaksanaan bimbingan supaya diperhatikan usul dan saran dari forum seminar proposal dan ketentuan penulisan tesis sesuai dengan Buku Pedoman Program Magister (S2) Teknik Sipil.
  4. Kepada yang bersangkutan diberikan honorarium, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Riau.
  5. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan segera ditinjau kembali.
- KUTIPAN** : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat diketahui dan diindahkan.

DITETAPKAN DI : PEKANBARU  
PADA TANGGAL : 23 Desember 2020

Direktur



**Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H., M.Hum**  
NIP. 195408081987011002

usan : disampaikan kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Islam Riau
2. Ketua Program Magister (S2) Teknik Sipil PPS UIR

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, Juli 2021



METERAI  
TEMAK  
C80AJX368499071

**RONALD PORWADI**



# PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU

Jalan KH. Nasution No. 113 Gedung B Pascasarjana Universitas Islam Riau  
Marpoyan Damai, Pekanbaru, Riau

## SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 122/A-UIR/5-PPs/2021

Program Pascasarjana Universitas Islam Riau menerangkan:

Nama : **RONAL PORWADI**  
NPM : **183122011**  
Program Studi : **Magister Teknik Sipil**

Telah melalui proses pemeriksaan kemiripan karya ilmiah (tesis) menggunakan aplikasi *Turnitin* pada tanggal 03 Juli 2021 dan dinyatakan memenuhi syarat batas maksimal tingkat kemiripan tidak melebihi 30 % (tiga puluh persen).

Demikian surat keterangan bebas plagiat ini dibuat sesuai dengan keadaan sebenarnya, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui  
Ketua Prodi. Magister Teknik Sipil

  
Dr. Elizar, S.T., M.T.

Pekanbaru, 03 Juli 2021  
Staf Pemeriksa

  
Indrian Syafitri, S.AP., M.Si.

Lampiran :

- Turnitin Originality Report
- Arsip *Syafitri\_ind05*

# Turnitin Originality Report

Processed on: 12-Aug-2021 11:00 WIB

ID: 1630487747

Word Count: 14468

Submitted: 1

## PENGARUH SUHU PENCAMPURAN LIMBAH

PLASTIK JENIS LDPE (LOW  
DENSITY POLY ETHILEN)  
PADA LASTON AC-WC  
MATERIAL KAMPAR

4% match (Internet from 17-Jul-2019)  
<http://digilib.unila.ac.id/11085/13/BAB%20II.pdf>

TERHADAP KARAKTERISTIK  
MARSHALL By Ronald  
Porwadi

3% match (Internet from 07-Oct-2020)  
<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj/article/download/1324/911>

3% match  
(Internet from 04-  
Oct-2020)

Similarity Index	Similarity by Source
<b>29%</b>	Internet Sources: 30%
	Publications: 3%
	Student Papers: 6%

[http://lib.itenas.ac.id/kti/wp-content/uploads/2013/04/11.-Makalah-FSTPT-2011\\_imam.pdf](http://lib.itenas.ac.id/kti/wp-content/uploads/2013/04/11.-Makalah-FSTPT-2011_imam.pdf)

3% match (Internet from 04-Nov-2020)  
<http://lib.unnes.ac.id/2929/1/5197.pdf>

2% match ()  
Novia Sari. "KARAKTERISTIK CAMPURAN BETON ASPAL AC-BC PADA VARIASI SUHU PENCAMPURAN MENGGUNAKAN PLASTIK PVC SEBESAR 1,5% DAN 2% SEBAGAI SUBSTITUSI ASPAL", Fakultas Teknik Sipil, 2014

2% match (Internet from 28-Nov-2019)  
<https://id.123dok.com/document/myj14v6y-tinjauan-pustaka-pengaruh-penggunaan-limbah-botol-plastik-sebagai-bahan-tambah-additive-terhadap-karakteristik-beton-aspal.html>

2% match (Internet from 23-Dec-2020)  
<http://e-journal.uajy.ac.id/7714/>

2% match (Internet from 25-Mar-2019)  
<https://anzdoc.com/2-nd-andalas-civil-engineering-national-conference-2015.html>

1% match (Internet from 18-Jun-2021)  
<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj/article/view/1324>

1% match (Internet from 26-Sep-2020)  
<https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/view/24478>

1% match (Internet from 12-Mar-2020)

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji Bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulisan tesis dengan judul Pengaruh Suhu Pencampuran Laston AC-WC Menggunakan Material Kampar Dengan Bahan Tambah Plastik Jenis LDPE Terhadap Karakteristik *Marshall* ini dapat disusun dan terselesaikan untuk memenuhi persyaratan Magister Teknik di Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu pencampuran pada penambahan limbah plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) terhadap pencampuran aspal AC-WC penetrasi 40/50 dengan cara basah. Suhu yang digunakan 50<sup>0</sup>C, 110<sup>0</sup>C, dan 150<sup>0</sup>C dengan kadar plastik 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Hasil yang didapat nilai stabilitas pada campuran aspal murni maupun aspal modifikasi cenderung meningkat dengan bertambahnya suhu pemadatan yaitu pada suhu 150<sup>0</sup>C, dan limbah plastik jenis LDPE bisa dimanfaatkan dalam pekerjaan Lapis Laston Lapis Aus (AC-WC).

Penulis sangat mengharapkan saran yang berguna untuk penyempurnaan penulisan dimasa yang akan datang. Segala kritik dan saran membangun dari para penelaah sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyempurnaan penulisan tesis ini.

Pekanbaru, Juli 2021

**RONALD PORWADI**  
NPM.183 122 011



## UCAPAN TERIMAKASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji Bagi Allah Tuhan Penguasa Alam, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia Nya sehingga penulisan tesis ini dapat disusun dan terselesaikan untuk memenuhi persyaratan Magister Teknik di Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Dalam pelaksanaan penulisan tesis ini penulis telah banyak memperoleh arahan, bimbingan dan bantuan dari komisi pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sangat tulus kepada Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT** sebagai pembimbing utama dan kepada Bapak **Dr. Anas Puri, ST.,MT** sebagai pembimbing pendamping.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH, MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau;
2. Bapak Prof. Dr. H. Yusri Munaf, S.H.,M.Hum, selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau;
3. Ibu Dr. Elizar, ST.,MT, selaku Ketua Prodi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus anggota penguji II yang telah memberikan arahan dan masukan untuk penyempurnaan penyusunan tesis ini;

4. Bapak Prof. Dr. Ir. H.Sugeng Wiyono, MMT, selaku Guru Besar Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus Pembimbing I dan ketua penguji yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini;
5. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, selaku Dosen Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau sekaligus Pembimbing II dan anggota penguji I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tesis ini;
6. Bapak/Ibu Dosen beserta staff di lingkungan Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pak Mastur yang telah banyak membantu dalam hal administrasi;
7. Kedua orang tua tersayang, Ibunda Hj. Poritas, S.Pd.,M.Pd dan Ayahanda H. Wahir Efendi, ST, beserta istri tercinta Marie Pratiwi, SE, Adikku dr. Siska Firmanila, dr. Muhammad Firdaus dan Ananda Zaskia Faza Hauna yang selalu mendoakan, dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini;
8. Kawan-kawan angkatan 2019 Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Bapak Khairil Anwar, ST.,MT, Bapak Muhamar Faisal, ST.,MT dan Bapak Riduan, ST.,MT yang telah banyak membantu selama perkuliahan berlangsung;

9. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian ucapan terimakasih ini disampaikan. Dengan segala kerendahan hati penulis mohon maaf atas segala kekhilafan, keterbatasan serta kekurangan dalam penulisan tesis ini.

Pekanbaru, Juli 2021

RONALD PORWADI



## DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR .....	i
UCAPAN TERIMA KASIH .....	ii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
ABSTRAK .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah .....	4

<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1	Penelitian terdahulu	5
2.2	Keaslian Penelitian	10
<b>BAB III</b>	<b>LANDASAN TEORI</b>	<b>12</b>
3.1	Perkerasan Lentur	12
3.2	Agregat	15
3.3	Aspal	17
3.4	Pemeriksaan dengan <i>Marshall Test</i>	24
3.5	Plastik <i>Polythylene</i> Jenis LDPE	30
3.6	Plastik dan Perkerasan	31
3.7	Analisa <i>Marshall</i>	32
3.8	Suhu Pematatan	35
<b>BAB IV</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>39</b>
4.1	Umum	39
4.2	Lokasi Penelitian	40
4.3	Bahan Penelitian	40
4.4	Rancangan Campuran	40
4.5	Persiapan Pengujian	41
4.6	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	46

<b>BAB V</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>50</b>
5.1.	Umum	50
5.1.1.	Hasil Pemeriksaan Agregat	50
5.1.2.	Hasil Pemeriksaan Aspal	52
5.2.	Penentuan Kadar Aspal Optimum	53
5.3.	Pengaruh variasi temperatur pada proses pemadatan pada campuran aspal beton terhadap Stabilitas	55
5.4.	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Terhadap <i>Flow</i>	59
5.5.	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Terhadap <i>Marshall.Quotient</i>	65
5.6.	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Terhadap VMA ( <i>Void In Mineral Aggregate</i> )	68
5.7.	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan.Pada Campuran Aspal Beton Terhadap VIM ( <i>Void In The Mix</i> )	73
5.8.	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Beton Terhadap VFA ( <i>Void Filled With Aspahalt</i> )	78
5.9.	Hasil Perhitungan Gabungan Nilai Karakteristik <i>Marshall</i>	83
5.10.	Perbandingan Dengan Percobaan terdahulu	84

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN ..... 88**

6.1. Kesimpulan ..... 88

6.2. Saran ..... 89

**DAFTAR PUSTAKA ..... 90**

**LAMPIRAN**



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Jenis Laston (AC) .....	16
Tabel 3.2. Hasil Pengujian Aspal Keras <i>Shell Cariphalte</i> PG 76 Curah & Drum ....	18
Tabel 3.3. Ketentuan-ketentuan untuk aspal keras .....	29
Tabel 3.4. Ketentuan sifat campuran beraspal Panas laston (AC) Limbah plastik ....	36
Tabel 3.5. Ketentuan Limbah Plastik Hasil Cacahan .....	37
Tabel 3.6. Ketentuan sifat campuran beraspal Panas Lataston Limbah Plastik .....	38
Tabel 5.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus Pecah (Abu Batu) .....	51
Tabel 5.2. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat Kasar (Batu Pecah) Batu Bersurat 10 - 20 mm .....	51
Tabel 5.3. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat Kasar (Batu Pecah) Batu Bersurat 4,75 - 12,5 mm .....	52
Tabel 5.4. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 40/50) .....	52
Tabel 5.5. Hubungan Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik .....	53
Tabel 5.6. Kadar Plastik .....	54
Tabel 5.7. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Stabilitas Aspal Dan Kadar Plastik .....	55
Tabel 5.8. Nilai Stabilitas <i>Marshall</i> suhu 160 <sup>0</sup> C untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE ( <i>Low Density Poly Ethilen</i> ) terhadap Spesifikasi	



Teknis 2018.....	58
Tabel 5.9. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Kelelehan ( <i>Flow</i> )	
Aspal dan Kadar Plastik .....	60
Tabel 5.10. Nilai Kelelehan ( <i>Flow</i> ) untuk suhu 160 <sup>0</sup> C Kadar Penambahan Plastik LDPE ( <i>Low Density Poly Ethilen</i> ) terhadap Spesifikasi	
Teknis 2018 .....	62
Tabel 5.11. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan <i>Marshall Quotient</i> (MQ) dan Kadar Plastik .....	
	65
Tabel 5.12. Hasil Perhitungan <i>Marshall Quotient</i> untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE ( <i>Low Density Poly Ethilen</i> ) suhu 160 <sup>0</sup> C terhadap Spesifikasi Teknis 2018 .....	
	67
Tabel 5.13. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Agregat (VMA) dan Kadar Plastik .....	
	69
Tabel 5.14. Nilai Rongga dalam Agregat (VMA) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE ( <i>Low Density Poly Ethilen</i> ) suhu 160 <sup>0</sup> C terhadap Spesifikasi Teknis 2018 .....	
	71
Tabel 5.15. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) dan Kadar Plastik .....	
	73
Tabel 5.16. Nilai Rongga dalam Campuran (VIM) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE suhu 160 <sup>0</sup> C terhadap Spesifikasi Teknis 2018 .....	
	76

Tabel 5.17. Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) dan Kadar Plastik .....	79
Tabel 5.18. Nilai Rongga Terisi Aspal (VFA) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE ( <i>Low Density Poly Ethilen</i> ) suhu 160°C terhadap Spesifikasi Teknis 2018 .....	82
Tabel 5.19. Hasil Perhitungan Gabungan Nilai Karakteristik <i>Marshall</i> Pada suhu 160°C terhadap Spesifikasi Teknis 2018 .....	83



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Susunan Lapisan Pada Perkerasan Lentur .....	14
Gambar 4.1. <i>Marshall Test</i> .....	43
Gambar 4.2. <i>Thermometer</i> .....	44
Gambar 4.3. <i>WaterBath</i> .....	45
Gambar 4.4. <i>Mold</i> .....	45
Gambar 4.5. Tahapan Pelaksanaan Pengujian .....	49
Gambar 5.1. Uji Karakteristik <i>Marshall</i> .....	54
Gambar 5.2. Uji Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik .....	57
Gambar 5.3. Uji Kelelehan ( <i>Flow</i> ) Aspal dan Kadar Plastik .....	61
Gambar 5.4. Benda Uji Menggunakan Aspal Modifikasi <i>Shell Cariphalte PG 76</i> Pen 40/50 Sebelum dilakukan Pengujian <i>Marshall test</i> .....	64
Gambar 5.5. Benda Uji Menggunakan Aspal Modifikasi <i>Shell Cariphalte PG 76</i> Pen 40/50 Sesudah dilakukan Pengujian <i>Marshall test</i> .....	64
Gambar 5.6. Uji Hasil Bagi <i>Marshall Quotient</i> Aspal dan Kadar Plastik .....	66
Gambar 5.7. Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Agregat (VMA) dan Kadar Plastik .....	70

Gambar 5.8. Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM)  
dan Kadar Plastik ..... 75

Gambar 5.9. Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA)  
dan Kadar Plastik ..... 80



## ABSTRAK

### PENGARUH SUHU PENCAMPURAN LASTON AC-WC MENGGUNAKAN MATERIAL KAMPAR DENGAN BAHAN TAMBAH PLASTIK JENIS LDPE (*LOW DENSITY POLY ETHILEN*) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Oleh:

Ronald Porwadi

NPM: 183 122 011

Jalan merupakan salah satu sarana transportasi darat yang sangat penting dalam meningkatkan kesejahteraan penduduk. Metoda pelaksanaan maupun segi pemeliharaan sehingga diperoleh hasil kinerja jalan lebih maksimal. Menurut Spesifikasi khusus Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2017 menyimpulkan bahwa limbah plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) mampu meningkatkan mutu campuran lapis aspal beton. Pada Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu pencampuran dan pemadatan pada lapis aspal beton (Laston) terhadap karakteristik *Marshall*.

Dalam penelitian ini menggunakan limbah plastik jenis LDPE dengan kadar plastik yang digunakan dalam pencampuran adalah 0 %, 2 %, 3 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10%, 12%. Dengan variasi suhu sebesar 50°C, 110°C, dan 150°C. Hasil pengujian *Marshall* didapat suhu optimum 150°C dengan kadar plastik 3% dengan Stabilitas 2867.2 Kg, Kelelehan (*Flow*) 3.6 mm, *Marshall Quotient* (MQ) 789.1 Kg/mm, *Void In Mineral Aggregate* (VMA) 15.20%, *Void In The Mix* (VIM) 4.79%, *Void Filled With Asphalt* (VFA) 68.48% yang memenuhi syarat Bina Marga 2018. Sehingga nilai stabilitas lebih baik pemakaian kadar plastik 3 %, Metode yang digunakan dengan cara basah, dengan variasi suhu sebesar 50°C, 110°C, dan 150°C menggunakan aspal modifikasi *Shell Cariphalte PG 76* pen 40/50 yang nantinya hasil dan penelitian ini akan dibandingkan dengan parameter *Marshall Test*.

Dari hasil penelitian menunjukkan nilai karakteristik *Marshall* pada pencampuran plastik dengan metode basah cenderung lebih tinggi. Sehingga nilai stabilitas lebih baik pemakaian kadar plastik 3 %, dengan adanya pemanfaatan jenis limbah plastik LDPE terhadap pencampuran lapis aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete — Wearing Course*) akan membantu mengurangi Pemerintah dalam menanggulangi sampah plastik.

**Kata kunci:** aspal, *polymer*, pen, 40/50, Suhu, pencampuran, LDPE, Karakteristik, *Marshall*

## ABSTRACT

### ***EFFECTS OF MIXING TEMPERATURE OF AC-WC ASPHALT CONCRETE USING KAMPAR MATERIALS WITH ADDITIONAL LDPE (LOW DENSITY POLY ETHYLEN) PLASTIC WASTE ON MARSHALL CHARACTERISTICS***

By:

Ronald Porwadi

NPM : 183 122011

Roads are one of the most important means of land transportation in improving the welfare of the population. The implementation method as well as in terms of maintenance in order to obtain maximum road performance results. According to a special specification, the Ministry of Public Works and Public Housing in 2017 concluded that LDPE (Low Density Poly Ethylene) plastic waste can improve the quality of the asphalt concrete mix. This study aims to determine the effect of mixing temperature and compaction on asphalt concrete (Laston) on Marshall characteristics. The method used is the wet method, with temperature variations of 50°C, 110°C, and 150°C using modified asphalt Shell Cariphalte PG 76 pen 40/50 which later the results of this study will be compared with the Marshall Test parameters.

In this study, using LDPE type of plastic waste with plastic levels used in mixing are 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%. With temperature variations of 50°C, 110°C, and 150°C. Marshall test results obtained optimum temperature 150°C with 3% plastic content with Stability 2867.2 Kg, Flow (Flow) 3.6 mm, Marshall Quotient (MQ) 789.1 Kg/mm, Void In Mineral Aggregate (VMA) 15.20%, Void In The Mix (VIM) 4.79%, Voids Filled With Asphalt (VFA) 68.48% which meet the requirements of Highways 2018. So the stability value is better using 3% plastic content,

From the results of the study, the value of Marshall characteristics on plastic mixing with the wet method tends to be higher. So that the stability value is better the use of 3% plastic content, with the use of LDPE plastic waste for mixing asphalt concrete AC-WC (Asphalt Concrete — Wearing Course) will help reduce the Government in dealing with plastic waste.

Key words : 40/50 polymer pen asphalt, Mixing temperature, LDPE, Characteristics Marshall

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan sehari-hari, sehingga dalam masa pelayanannya sangat diharapkan kondisi jalan tersebut memiliki keawetan sesuai umur rencananya, dan dapat memberikan pelayanan seperti keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Tapi pada setiap tahun banyak sekali kerusakan jalan yang terjadi sebelum masa pelayanannya tercapai. Faktor penyebab kerusakan jalan antara lain adalah karena proses pemadatan campuran beraspal dilakukan dilapangan yang sering pada temperatur yang tidak tepat, pemadatan yang tidak sesuai dengan yang disyaratkan yang akan mempengaruhi karakteristik campuran beton aspal. Salah satu usaha untuk meningkatkan struktur perkerasan, dapat dilakukan dengan memperbaiki material dan metoda pelaksanaan dilapangan agar sesuai dengan persyaratan uji di laboratorium. Salah satunya adalah pada proses pemadatan campuran dilapangan yang sering kali dilakukan pada temperatur yang tidak tepat. Untuk itu perlu studi kajian suhu optimum pada proses pemadatan untuk campuran beraspal yang menggunakan bitumen yang dimodifikasi dengan limbah plastik.

Sebagai hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat menyimpulkan bahwa plastik jenis LDPE (*Low*

*Density Poly Ethilen*) mampu meningkatkan mutu campuran lapis aspal beton. Penambahan plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) sebagai bahan tambah ini terbukti mampu meningkatkan karakteristik *Marshall* yang menjadi tolak ukur dalam suatu penilaian kemampuan perkerasan lapis aspal beton. Untuk itu, pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat mengeluarkan spesifikasi khusus yang merupakan acuan dalam pelaksanaan pekerjaan jalan dengan menggunakan plastik sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton.

Pada tesis ini, akan dibahas mengenai Pengaruh Suhu Pencampuran Limbah Plastik Jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) Pada Laston AC-WC terhadap kinerja campuran beraspal alternatif ukuran Plastik yang bisa digunakan sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton dimana ukuran plastik yang digunakan mencakup ukuran plastik panjang 30 cm dan lebar 0,5 cm. Oleh karena itu, peneliti merasa perlu melakukan analisa terhadap pengaruh temperatur pada campuran aspal beton (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan penelitian pengaruh variasi temperatur campuran dengan suhu standar maksimal sebesar 160°C Bina Marga (2010). Dengan variasi suhu sebesar 50°C, 110°C, dan 150°C menggunakan aspal keras penetrasi 40/50 yang nantinya hasil dari penelitian ini akan dibandingkan dengan parameter *Marshall Test* yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga tahun 2018.



## 1.2. Rumusan Masalah

Penambahan material limbah plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) pada Laston Ac-Wc terhadap kinerja campuran beraspal pada campuran aspal beton diharapkan mampu meningkatkan daya tahan aspal dan karakteristiknya dengan tetap memenuhi persyaratan dalam yang tercantum spesifikasi teknis sehingga umur layanan perkerasan aspal lebih lama. Sebagai pokok bahasan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh suhu pada proses pencampuran dengan membandingkan karakteristik *Marshall* pada laston menggunakan bahan tambahan plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) pada suhu pencampuran tertentu.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui pengaruh suhu campuran lapis aspal beton (*Laston*) terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Mengetahui pengaruh suhu pemadatan dan menentukan suhu optimum pada proses pemadatan campuran beraspal yang ditambahkan bahan plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*).

## 1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh perubahan suhu pada proses pencampuran aspal dengan menambahkan bahan plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) dalam campuran laston pada perkerasan jalan raya sehingga

dapat menjadi variasi jenis bahan tambah (*Aditif*) bagi penggunaan limbah plastik pada campuran lapis aspal beton.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Jenis kemasan plastik yang digunakan adalah plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) yang dipakai berwarna hitam biasa digunakan sebagai pembungkus makanan dengan ukuran pemotongan panjang 30 cm dan lebar 0,5 cm. Bagian pada pegangan bawah plastik saja yang dipotong dan dipakai sementara bagian pegangan plastik tidak digunakan.
2. Dalam penelitian ini tidak terkait dengan kelas jalan.
3. Penelitian ini dilakukan pada suhu 50°C, 110°C, dan 150°C pelaksanaan pekerjaan aspal.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Pada penyusunan tesis ini menggunakan *literature* yang pernah dilakukan, baik itu kepustakaan penelitian meliputi laporan penelitian sebelumnya maupun kepustakaan konseptual yaitu ide-ide atau teori, artikel atau buku yang ditulis oleh para ahli penelitian penelitian seperti berikut ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Sari (2014) "*Karakteristik Campuran Beton Aspal Ac-Bc Pada Variasi Suhu Pencampuran Menggunakan Plastik PVC Sebesar 1,5% Dan 2% Sebagai Substitusi Aspal*" Pada penelitian ini material untuk pengikat hotmix menggunakan aspal penetrasi sepenuhnya. Pada penelitian ini dilakukan substitusi plastik PVC berupa serpihan sebesar 1,5% dan 2% dengan menggunakan suhu pencampuran normal 145°C dan suhu pencampuran maksimum 160°C. Tahapan awal pembuatan benda uji untuk mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Kadar aspal yang digunakan berjumlah 5 variasi yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Hasil parameter Marshall yang didapat yaitu Stabilitas 1791,08 kg, Flow 4,6 mm, MQ 391,91 kg/mm, Density 2,37 gr/m<sup>3</sup>, VIM 4,25%, VMA 16,98%, dan VFB 74,94%. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan parameter Marshall didapat nilai KAO yaitu 5,59%. Pembuatan benda uji juga dilakukan dengan mensubstitusikan plastik PVC sebesar 2% dengan suhu pencampuran 145°C dan 160°C, sehingga didapat nilai

Marshall yaitu Stabilitas 1517,24 kg dan 1486,89 kg, Flow 4,2 mm dan 4,3 mm, MQ 361,43 kg/mm dan 343,40 kg/mm, Density 2,35 gr/m<sup>3</sup> dan 2,33 gr/m<sup>3</sup>, VIM 4,74% dan 5,09%, VMA 17,81% dan 18,59%, VFB 73,4% dan 69,61%. Dari kedua suhu pencampuran antara suhu normal 145°C dan suhu maksimum 160°C terjadi penurunan nilai pada substitusi 2% plastik PVC terhadap nilai Stabilitas, MQ, Density, VFB yaitu 2%, 5%, 0,9%, 5,2%, dan mengalami peningkatan pada Flow, VIM, VMA yaitu sebesar 2,4%, 7,4%, 4,4%. Penurunan dan peningkatan nilai karakteristik *Marshall* terjadi karena adanya perlakuan yang berbeda terhadap suhu pencampuran, yaitu pada saat normal dan pada saat maksimum.

Penelitian yang dilakukan oleh Stevanus (2015) "*Pengaruh Variasi Temperatur Pencampuran Aspal Beton*" Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh variasi suhu saat proses pencampuran pada campuran beton aspal terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi density, *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void In The Mix* (VITM), stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (QM). Penelitian ini menggunakan metode Marshall yang digunakan pada beberapa variasi suhu pada benda uji. Variasi suhu saat proses pencampuran, yaitu 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C dengan variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum 5.5%, 6%, 6.5%, 7%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu pencampuran pada aspal beton berpengaruh terhadap kekuatan benda uji yang telah diuji dengan Marshall test. Bisa terlihat jelas pada nilai VFWA, VITM, Stabilitas, dan QM yang cenderung mempunyai nilai yang selisihnya jauh sehingga menghasilkan

grafik yang cenderung meningkat dan menurun terlihat jelas. Suhu ideal pada proses pencampuran aspal beton didapat pada suhu antara 150°C - 170°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Tria, dkk (2015) “Pengaruh Variasi Temperatur Pencampuran Aspal Panas Menggunakan Anti Stripping Agent Terhadap Karakteristik Marshall” Pada penelitian ini Anti Stripping Agent (ASA) merupakan bahan anti pengelupasan yang digunakan untuk meningkatkan performance lapisan perkerasan aspal. Berdasarkan Akzonobel (2003) *anti stripping agent* stabil pada campuran aspal pada temperatur 170°C sedangkan berdasarkan Petrochem (2015) *anti stripping agent* stabil pada campuran aspal pada temperatur 160°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi temperatur pada campuran aspal panas dengan adanya penggunaan anti stripping agent. Aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60/70. Variasi temperatur pencampuran yang digunakan yaitu 140°C, 150°C, 160°C, 170°C dan 180°. Seiring meningkatnya temperatur yang digunakan nilai density, nilai stabilitas, dan nilai VFB meningkat, namun nilai VIM dan nilai VMA menurun, sedangkan nilai Flow terlihat tidak signifikan. Begitu pula seiring dengan meningkatnya temperatur maka nilai *Retained Stability* terus meningkat hingga temperatur 170°C, namun nilai *Retained Stability* ini menurun pada temperatur 180°C. Penggunaan kedua jenis *anti stripping agent* dengan kadar 0.3% dan 0.4% memberikan nilai *Retained Stability* maksimum pada temperatur 170°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Kalani, dkk (2018) “Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Stabilitas Dinamis Dan Umur Layanan Lapisan Perkerasan Ac-Wc”

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk melihat pengaruh suhu pemadatan terhadap stabilitas dinamis & umur layanan lapis perkerasan AC-WC gradasi halus. Penelitian dilakukan pada laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II Padang. Penelitian menggunakan alat *wheel tracking* dengan komposisi material yang diambil dari *JMF* Paket Pemeliharaan Berkala Jalan Lubuk Alung – Bts. Kota Padang Jln. Prof. DR. Hamka ( Padang ) Satker SKPD Provinsi Sumatera Barat yang dilaksanakan oleh PT. Rimbo Peraduan dan dilaksanakan pada tahun anggaran 2014. Suhu yang diamati mulai dari 85°, 95°, 105°, 115°, 125°, 135°, 145° dan 155° masing– masing dilakukan 3 sampel percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pengurangan umur layanan akibat dari variasi temperatur pemadatan aspal pen 60-70 yaitu penurunan temperatur 10°C (pada temperatur 125°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 1.71 % dari masa layanan, penurunan temperatur 20°C (pada temperature 115°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 4.41 % dari masa layanan, penurunan temperatur 30°C (pada temperature 105°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 5.30 % dari masa layanan, penurunan temperatur 40°C (pada temperature 95°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 6.62%, penurunan temperatur 50°C (pada temperature 85°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° adalah terjadi pengurangan 9.74 %, kenaikan temperatur 10°C (pada temperature 145°C) dari temperatur pemadatan ideal 135°

terjadi pengurangan 0.71 % dan Kenaikkan 20°C ( pada temperature 155°C) dari temperatur pemadatan ideal 135° terjadi pengurangan 3.21 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Arofa, dkk (2018) “Analisis *Optimum Bitumen Content* dan Suhu Pemadatan Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan Limbah Plastik *High Density Poly Ethylene* (HDPE) Sebagai Pengganti Sebagian Agregat” Pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas terbesar pada kombinasi aspal 6,5% dan plastik 40% yaitu sebesar 2597.76 kg. Nilai *flow* terbesar 10.9 mm pada kombinasi aspal 7% plastik 30%. Sedangkan nilai *Marshall Quotient* (MQ) terbesar 314.183 pada kombinasi aspal 6.5% plastik 40%. Hasil ini menunjukkan bahwa plastik HDPE terbukti dapat meningkatkan karakteristik *Marshall* dengan hasil terendah pun telah memiliki nilai stabilitas, *flow* dan MQ yang jauh diatas rata-rata. Kadar aspal optimum pada penelitian ini sebesar 6.95% dan kadar plastik optimum sebesar 33.5721%. Pada penelitian ini juga dengan adanya variasi suhu pemadatan memiliki stabilitas terkecil yaitu pada suhu 100°C sebesar 1117.3kg dan terbesar pada suhu 140°C sebesar 2077.71kg. Hal ini menunjukkan bahwa suhu dibawah standar suhu pemadatan dapat diterapkan untuk mempermudah pengendalian suhu di lapangan karena telah memiliki nilai stabilitas yang tinggi jauh melebihi syarat stabilitas campuran *split mastic asphalt* (SMA).

Penelitian yang dilakukan oleh Susilowati, dkk (2019) “Variasi Suhu Pemadatan Pada Campuran Beton Aspal Menggunakan Bahan Tambah Anti *Stripping*” Suhu pemadatan merupakan faktor yang sangat penting dalam proses

pemadatan karena mempengaruhi tingkat kepadatan campuran beton aspal. Penelitian ini menggunakan bahan aditif *Wetfix Be*, yang merupakan bahan kimia anti *stripping* berguna untuk meningkatkan ikatan dan menstabilkan campuran antara agregat dan aspal terutama pada musim hujan. Tujuan penelitian untuk mendapatkan nilai properties *Marshall* dengan berbagai variasi suhu pemadatan dan menentukan suhu pemadatan yang optimum pada campuran beton aspal dengan menggunakan bahan tambah anti *stripping*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi suhu pemadatan pada pembuatan beton aspal yaitu 70<sup>0</sup>C, 90<sup>0</sup>C, 110<sup>0</sup>C, 130<sup>0</sup>C, dan 150<sup>0</sup>C, dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) 0,6%, dan *Wetfix Be* 0,3% terhadap kadar aspal optimum. Metode pengujian menggunakan *Marshall* berdasarkan SNI 06-2489-1991. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan suhu pemadatan pada aspal beton dapat meningkatkan nilai kepadatan, % Rongga Terisi Aspal, Stabilitas, dan *Marshall Quotient* serta menurunkan % rongga di antara agregat, % rongga dalam campuran dan kelelehan. Didapat rentang Suhu pemadatan yang masih memenuhi parameter *Marshall* pada suhu 120<sup>0</sup>C sampai dengan 160<sup>0</sup>C. Adapun nilai suhu optimum pemadatan untuk campuran beton aspal yang sebesar 140<sup>0</sup>C, dengan nilai VMA 18,10%, VFB 73,09%, VIM 4,88 %, Stabilitas 1228,28 kg, kelelehan 3,93 mm dan MQ 362,14 kg/mm, memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

## 2.2. Keaslian Penelitian

Berbeda dengan penelitian Sari (2014), Stevanus (2015), Tria, dkk. (2015), Kalani, dkk (2018), Arofa, Dkk. (2018), Susilowati, dkk (2019) penelitian ini



membandingkan efektifitas pemakaian suhu pencampuran plastik jenis LDPE pada Laston Lapis Aus (Ac-Wc) menggunakan material kampar ditinjau dari hasil *Test Marshall*. Penelitian dilakukan dengan cara mengambil sampel *hotmix* sebanyak 3 sampel untuk setiap suhu pencampuran plastik jenis LDPE 50° C, 110° C, dan 150° C. Dari sampel tersebut dapat diketahui kadar dan suhu pencampuran yang optimum dengan pengujian *Marshall Test*. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Virajaya Riau putra yang berlokasi di KM 27 Desa Nenas Kabupaten Kampar Lintas Barat Pekanbaru - Sumbar.



## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Perkerasan Lentur

Lapisan perkerasan lentur merupakan campuran antara agregat yang bergradasi rapat dan aspal, atau disebut juga campuran aspal. Kedua bahan ini dicampur dalam keadaan suhu yang panas (sehingga dikenal dengan nama *hotmix*), dihamparkan serta dipadatkan dalam keadaan panas pula. Lapis permukaan ini harus memiliki kedap air, yang permukaannya rata namun kasar.

Menurut Sukirman (1992) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan berfungsi sebagai :

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan,
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan yang ada di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut,
- c. Lapis aus (*Wearing Course*), lapisan yang akan langsung menderita akibat gesekan rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus,

- d. Lapis yang akan menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.
2. Lapisan fondasi atas (*Base Course*)

Lapisan fondasi atas mempunyai fungsi sebagai :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya,
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan fondasi bawah,
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
3. Lapisan fondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapisan fondasi bawah berfungsi sebagai :

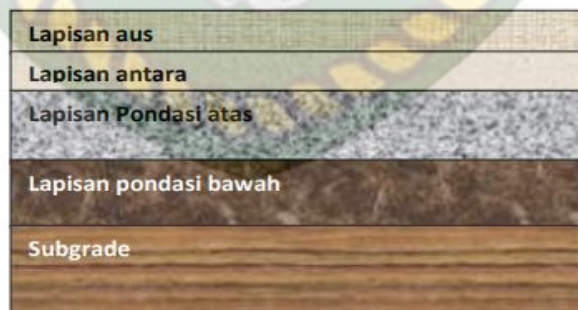
- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar,
- b. Efisiensi penggunaan material, dimana material fondasi bawah relative murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan yang ada di atasnya,
- c. Mengurangi tebal lapisan yang ada di atasnya yang lebih mahal,
- d. Sebagai lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di fondasi,
- e. Mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis fondasi atas.
4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar.

Persoalan tanah dasar yang sering ditemui antara lain :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu-lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas untuk jenis tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir (*granular soil*) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan konstruksi.

Jenis lapisan serta bagian dari perkerasan lentur umumnya dapat diperlihatkan pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Susunan lapisan pada perkerasan lentur (Iftia Rodhila, 2019)

### 3.2. Agregat

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum pada Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, SNI 03-1737-1989, agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan.

Adapun ketentuan umum untuk agregat Perkerasan Aspal menurut (Kementerian Pekerjaan Umum pada Bina Marga 2018 Divisi 6) :

1. Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan.
2. Agregat tidak boleh digunakan sebelum memenuhi persyaratan. Bahan agregat harus ditumpuk secara terpisah sehingga tidak saling tercampur satu dengan lainnya.
3. Sebelum memulai pekerjaan sudah menumpuk setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan atau paling sedikit 40% dari total pekerjaan yang akan dikerjakan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran aspal satu bulan berikutnya.
4. Dalam pemilihan sumber agregat, sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat.

5. Penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk SMA dan 3% untuk yang lain.
6. Berat jenis (*specific gravity*) agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari 0,2.

Agregat dalam penggunaannya sebagai material campuran pembentuk aspal harus memenuhi persyaratan gradasi. Gradasi agregat untuk campuran aspal selanjutnya dijabarkan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.1.** Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal jenis laston (AC) (Spesifikasi Umum, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (BRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1U"	37.5								100
1"	25			100				100	90 - 100
'Z<"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
U"	12.5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
'Z"	9.5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4.75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2.36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1.18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0.6	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0.3	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0.15						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0.075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Catatan :

- Untuk HRS-WC dan HRS-Base yang benar-benar senjang, paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No. 30 (0,600 mm).
- Apabila tidak ditetapkan dalam gambar, penggunaan pemilihan gradasi sesuai dengan petunjuk Direksi Pekerjaan dengan mengacu pada panduan Spesifikasi Teknis 2018.

### 3.3. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon. Struktur molekul aspal sangatlah kompleks yang merupakan koordinasi dari 3 (tiga) jenis struktur dasar molekul hidrokarbon, yaitu alifatik, siklis dan aromatis. Struktur alifatik berbentuk linier, ataupun tiga dimensi. Struktur molekul ini menyebabkan aspal kelihatan seperti minyak ataupun lilin (*wax*). Struktur molekul siklis adalah ikatan/rantai karbon jenuh tiga dimensi yang mampu mengikat beberapa unsur ataupun radikal

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Jenis-jenis aspal terdiri dari:

a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras merupakan hasil penyulingan minyak bumi yang kemudian disuling sekali lagi pada suhu yang sama tetapi dengan tekanan rendah (hampa udara), sehingga dihasilkan bitumen.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut. Jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah aspal cair yang lebih cair dari aspal cair pada umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa. Aspal emulsi terdiri dari butir-butir aspal halus dalam air yang diberikan muatan listrik sehingga butir-butir aspal tersebut tidak bersatu dan tetap berada pada jarak yang sama.

d. Aspal Modifikasi

*Shell Cariphalte* merupakan salah satu aspal polymer modifikasi dengan kualitas premium yang digunakan untuk proyek seperti jalan toll, bandar udara dan sirkuit. *Cariphalte* adalah aspal polymer modifikasi yang menggunakan *Styrene Butadine Styrene* (SBS). Produk ini bisa meningkatkan ketahanan terhadap kenaikan suhu dan beban. Sehingga bisa menahan keretakan, oksidasi & rutting.

**Tabel 3.2.** Hasil Pengujian Aspal Keras *Shell Cariphalte* PG 76 Curah

NO	JENIS PENGUJIAN	UNIT	METODE	SPESIFIKASI	HASIL UJI
1	Viskositas Pada 135° C	Pa.s	ASTM D4402 / SNI 7729-2011	MAX 3.00	2.6
2	Viskositas Pada 170° C	Pa.s	ASTM D4402 / SNI 7729-2011	MAX 0.80	0.51
3	Penetrasi Pada 25° C	mm	ASTM D5 / SNI 06-2456-2011	40-70	50
4	Titik Lembek	° C	ASTM D36 / SNI 06-2434-2011	Dilaporkan	78
5	Keelastisan Setelah Pengembalian Pada 25° C, 10 Cm Pemuluran	%	ASTM D6084	MIN 75	80
6	Titik Nyala (COC)	° C	ASTM D92 / SNI 06-2433-2011	MIN 230	332



**Tabel 3.2.** Hasil Pengujian Aspal Keras *Shell Cariphalte* PG 76 Curah (**Lanjutan**)

7	Geser Dinamis ( $G^* \sin \delta$ ) Pada Osilasi 10 rad/detik, 76° C	Kpa	AASHTO T 315	MIN 1.00	2
8	Kehilangan Berat	% w/w	ASTM D2872	MAX 1.00	0.018
9	Peningkatan Titik Lembek	° C	ASTM D38	MAX 10	7
10	Keelastisan pada RTFOT, 25° C, Pemanjangan 10 Cm	%	ASTM D6084	75	76
11	Geser Dinamis Setelah RTFOT	Kpa	AASHTO T315	MIN 2.2	3.087
12	Geser Dinamis setelah PAV $G^*/\sin \delta @ 10 \text{ rad/sec}$ , 31° C	Kpa	AASHTO T315	MAX 5000	1850
13	Evolusi Titik lembek	° C	ASTM D36 / SNI 06-2434-2011	MAX 5	0.3
14	Evolusi Penetrasi	dmm	ASTM D5 / SNI 06-2456-2011	MAX 9	1

(Sumber: *Shell Cariphalte* PG 76, 2020)

Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan campuran untuk melawan deformasi atau perubahan bentuk yang diakibatkan oleh beban lalu lintas yang harus dipikul. Stabilitas tergantung dari gaya gesek (*internal friction*) dan kohesi (*cohesion*). Gaya gesek tergantung pada tekstur permukaan, gradasi agregat, bentuk partikel, kepadatan campuran dan kuantitas aspal. Hal-hal tersebut merupakan kombinasi dari gaya gesek dan kemampuan mengikat dalam campuran.

Kemampuan gaya gesek meningkat dipengaruhi oleh kekasaran dan luas permukaan dari partikel agregat. Kemampuan mengikat dalam campuran dipengaruhi oleh ukuran – ukuran dan bentuk partikel. Untuk beberapa agregat, stabilitas bertambah dipengaruhi oleh kepadatan agregat, yang bisa dicapai dengan tingkat gradasi tertentu dan pemadatan yang cukup.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah ketahanan campuran untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca, yang dapat mengakibatkan :

- a. Perubahan pada bahan pengikat (bitumen) dan mengelupasnya selaput bitumen dari agregat dan kehancuran agregat.
- b. Faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas adalah VIM (*Voids in Mix*) kecil sehingga lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran.
- c. Terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- d. VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal.
- e. Jika VMA dan VIM dibuat kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar.
- f. Untuk mengatasinya dengan VMA besar menggunakan agregat bergradasi

senjang.

g. VIM aspal yang tebal dapat menghasilkan beton aspal yang berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

### 3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan pada lapis perkerasan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi pada lapisan dibawahnya tanpa mengalami keretakan. Sifat fleksibilitas bertolak belakang dengan sifat stabilitas, oleh karena itu kedua sifat tersebut diupayakan mencapai tingkat optimum dalam perencanaan. Meningkatkan fleksibilitas campuran aspal dapat dilakukan dengan menambah kadar aspal, mempertinggi daktilitas, mengurangi tebal lapis perkerasan dan menggunakan gradasi agregat relatif terbuka. Faktor-faktor yang mempengaruhi fleksibilitas adalah kadar aspal yang tinggi dan gradasi batuan yang relatif terbuka. Adapun campuran aspal untuk melentur mengikuti beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan yang disebabkan oleh :

- a. Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
- b. Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
- c. Adanya perubahan volume campuran.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah kemampuan lapisan untuk menahan lendutan berulang-ulang dari roda kendaraan yang melintasi lapisan perkerasan aspal tanpa mengalami keretakan. Kuantitas aspal berpengaruh besar terhadap sifat *fatigue resistance* lapisan perkerasan. Semakin banyak kandungan aspalnya maka semakin besar nilainya. Campuran dengan gradasi rapat memiliki nilai sifat *fatigue resistance* yang relatif tinggi dibandingkan dengan campuran yang bergradasi terbuka.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan lapis permukaan/*surface* yang berkaitan dengan kemampuan lapis perkerasan tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding/slipping* pada saat kondisi permukaan basah. Pemakaian aspal yang berlebihan dalam campuran dapat menyebabkan *bledding* dan *slipping* pada lapis permukaan. sifat kekesatan yang diberikan oleh permukaan bahan perkerasan dalam melayani arus lalu lintas yang lewat tanpa terjadinya slip baik diwaktu basah maupun kering. Kekesatan dinyatakan dalam koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Besarnya nilai koefisien gesek dipengaruhi oleh penggunaan agregat dengan permukaan kasar, kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*, agregat berbentuk kubus, agregat kasar yang cukup.

6. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan lapis perkerasan untuk mencegah masuknya udara dan air kealamnya. Keadaan yang dapat membantu menjaga lapis perkerasan menjadi impermeabel antara lain adalah lapisan yang kedap, pemadatan yang baik dan rongga campuran yang memenuhi persyaratan.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan merupakan hal utama dalam proses penghamparan dan pemadatan. Dimungkinkan terjadi perbedaan hasil pengujian di laboratorium dengan pelaksanaan di lapangan. Setiap perbaikan yang dilakukan di lapangan harus segera dilakukan secara efektif dan efisien. sudahnya suatu campuran aspal beton untuk dihamparkan dan dipadatkan untuk memperoleh kepadatan yang diinginkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

8. Kepekaan terhadap temperatur Aspal

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Delapan sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan akan

menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi (Leily, 2012).

### 3.4. Pemeriksaan dengan *Marshall Test*

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* berdasarkan petunjuk pelaksanaan Laston untuk jalan raya yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

#### 1. Kerapatan (*Density*)

*Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran. Jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran.

Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai *density* campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara.

2. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interbloking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan kadar aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan kadar aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 550 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 550 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

3. Rongga dalam agregat *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

*Void In Mineral Aggregate* (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan

dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk digunakan. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimum 15%.

4. Rongga dalam campuran *Void In The Mix* (VIM)

*Void In The Mix* (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan. Nilai VIM yang disyaratkan adalah 3%-5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bledding*



karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

5. Rongga terisi aspal *Void Filled With Asphalt* (VFA)

*Void Filled With Asphalt* (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap air dan udara terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bledding*. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

6. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *mashall* yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interblocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang disyaratkan 2 mm – 4 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

7. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quotient*)

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah 200 kg/mm – 350 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting*, dan *bledding*. Sedangkan nilai *Marshall Quotient* diatas 350 kg/mm mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak.

**Tabel 3.3.** Ketentuan-ketentuan untuk aspal keras

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Type I
			Aspal Pen. 40-50
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	ASTM D5/SNI 06-2456-2011	40-50
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D4402/SNI 7729-2011	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	ASTM D36/SNI 06-2434-2011	≥ 78
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 75
6	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 200
7	Kelarutan dalam <i>Trichloro-ethylene</i> (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1.0
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-

Catatan :Hasil pengujian adalah untuk bahan pengikat (bitumen) yang diekstraksi dengan menggunakan metoda SNI 2490 : 2008. Sedangkan untuk pengujian kelarutan dan gradasi mineral

- dilaksanakan pada seluruh bahan pengikat termasuk kandungan mineralnya.
- Viskositas di uji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk Tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C.

### 3.5. Plastik *Polyethylene* jenis LDPE

Plastik merupakan produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Secara umum dikenal beberapa jenis plastik yang sering digunakan :

1. HDPE (*High Density Polyethylene*)
2. LDPE (*Low Density Polyethylene*)
3. PP (*Polypropylene*)
4. PS (*Polystyrene*)
5. Vinyl (*Polyvinyl Chloride*)
6. PET (*Polyethylene Terephthalate*)

LDPE (*Low Density Polyethylene*) memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Bahan plastik ini merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan LDPE dengan makanan/minuman yang dikemasnya. Namun demikian, jenis plastik termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Plastik LDPE ini memiliki densitas rendah, yaitu antara (0,910–0,940) gr/cm<sup>3</sup>, tidak reaktif pada temperatur kamar. Menurut Plastik LDPE memiliki titik leleh sebesar (105–115)°C dan tidak mudah bereaksi dengan bahan kimia lain.

Plastik LDPE dapat diaplikasikan pada :

1. Penggunaan untuk kantong kemasan kuah / cairan panas, makanan ataupun minuman panas.
2. Penggunaan sebagai kantong praktis membawa aneka barang belanjaan sehari-hari.
3. Penggunaan sebagai kantong praktis mengisi buah, sayur atau barang lainnya dan juga umum sebagai pembungkus kertas fotokopi / dokumen lainnya.

Dalam penelitian ini, akan digunakan Plastik *Polyethylene* jenis LDPE , yaitu material plastik dengan yang sering digunakan untuk pembungkus makanan.

### **3.6. Plastik dan perkerasan**

Suroso (2004) menjelaskan bahwa suatu cara meningkatkan titik lembek aspal adalah dengan menambahkan plastik. Dari hasil penelitiannya, penambahan plastik ke dalam aspal meningkatkan titik lembek aspal dan menurunkan nilai penetrasi aspal sehingga tidak mudah terpengaruh oleh perbedaan temperatur, menaikkan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* pada aspal.

Cara yang digunakan untuk pencampuran plastik dalam campuran beraspal, yaitu :

1. Cara basah (*wet process*), yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen.
2. Cara kering (*dry process*), pada temperatur campuran setelah agregat dipanaskan dicampur dengan plastik dan ditambahkan aspal panas. Cara ini tergolong lebih mudah dalam pelaksanaannya yaitu hanya dengan memasukkan

plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*).

### 3.7. Analisa Marshall

Setelah pengujian Marshall dilakukan terhadap seluruh benda uji, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Analisis data pengujian dilakukan dan didapatkan nilai-nilai stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient*, kemudian dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal untuk nilai-nilai tersebut diatas. Berdasarkan pada grafik-grafik dan perbandingan dengan spesifikasi yang disyaratkan, ditentukan kadar aspal optimum untuk masing-masing campuran dengan cara rentang (*range*) kadar aspal yang memenuhi persyaratan stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA, *Marshall Quotient*. Data-data hasil analisa yang diperoleh dari hasil tes laboratorium adalah :

1. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$BJ \text{ aspal} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \text{ pada suhu } 25^{\circ}\text{C} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.1)$$

2. Berat Jenis *Bulk* Campuran Agregat

Berat jenis agregat adalah hasil gabungan antara berat jenis agregat kasar dan agregat halus. Untuk memudahkan perhitungan berat jenis curah dari total agregat yang ada dinyatakan dalam Gsb Persamaan 3.2.

$$Gsb = \frac{100}{\frac{\%BP_1}{BJBulk_1} + \frac{\%BP_2}{BJBulk_2} + \dots + \frac{\%BP_n}{BJBulk_n}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

$\% BP_n$  = persentase berat tiap fraksi agregat

$BJ Bulk_n$  = berat jenis curah tiap fraksi agregat

Berat jenis semu dari total agregat yang ada dinyatakan dalam Gsa Persamaan 3.3.

$$Gsa = \frac{100}{\frac{\%BP_1}{BJApp_1} + \frac{\%BP_2}{BJApp_2} + \dots + \frac{\%BP_n}{BJApp_n}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$\% BP_n$  = persentase berat tiap fraksi agregat

$BJ App_n$  = berat jenis semu tiap fraksi agregat

Berat jenis semu dari total agregat yang ada dinyatakan dalam Gse Persamaan 3.4.

$$Gse = \frac{Gsb + Gsa}{2} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.4)$$

Berat jenis maksimum dari campuran dinyatakan dalam Gmm Persamaan 3.5.

$$Gmm = \frac{100}{\frac{100 - \% \text{aspal}}{Gse} + \frac{\% \text{aspal}}{BJ \text{aspal}}} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

% aspal = persentase aspal yang digunakan dalam campuran

3. Kelelehan (*flow*)

Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji *flow* pada alat tekan *Marshall*, yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

4. Stabilitas

Nilai stabilitas dari benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji pada Persamaan 3.6.

$$\text{Stabilitas} = P \times \text{koreksi tebal benda uji (kg)} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

*P* = kalibrasi *proving ring* pada O

*O* = nilai pembacaan arloji stabilitas

5. *Marshall Quotient* (MQ)

Perhitungan nilai hasil bagi *Marshall* dihitung menggunakan persamaan 3.7.

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{1,02 \times \text{flowstrip} \times 0,01} \text{ (kg/mm)} \dots\dots\dots (3.7)$$

6. *Void in the Mix* (VIM)

VIM adalah nilai prosentase rongga udara yang ada dalam campuran. Volume udara dalam persen dapat ditentukan dengan Persamaan 3.8.

$$VIM = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.8)$$



7. *Void Filled with Asphalt (VFA)*

VFA adalah nilai prosentase rongga yang terisi aspal efektif. Rumus VFA ditunjukkan pada Persamaan 3.9.

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} (\%) \dots\dots\dots (3.9)$$

8. *Void Filled Mineral Aggregate (VMA)*

Nilai rongga udara didalam mineral agregat (VMA) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.10.

$$VMA = 100 - \frac{Gmb (100 - \% aspal)}{Gsb} (\%) \dots\dots\dots (3.10)$$

**3.8. Suhu Pematatan**

Suhu pematatan merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pematatan pada campuran beraspal, karena akan sangat berpengaruh pada tingkat kepadatan campuran aspal beton yang selanjutnya akan mempengaruhi karakteristik beton aspal. Proses pematatan yang menghasilkan tingkat kepadatan yang tidak memenuhi persyaratan, akan menyebabkan menurunnya kualitas karakteristik beton aspal seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, tahan terhadap geser, tahan terhadap kelelahan dan kedap air. Selain itu bisa mengakibatkan terjadinya deformasi plastis pada lapis perkerasan yang akan sangat mengganggu keamanan dan kenyamanan pengguna prasarana jalan karena mengakibatkan tergelincirnya kendaraan pada waktu hujan dan sulit dikemudikan dan jika terjadi retak memanjang yang diikuti infiltrasi ke lapis pondasi, maka akan dapat mempengaruhi kemampuan struktur perkerasan.

Proses pemadatan campuran beraspal yang tidak dilakukan pada temperatur yang tepat akan mengakibatkan kepadatan (berat isi) tidak tercapai dan campuran menjadi boros. Untuk mendapatkan suhu optimum pemadatan pada campuran beraspal maka diperlukan uji laboratorium untuk mengetahui suhu optimum pemadatan dari campuran beton aspal yang dimodifikasi dengan bitumen limbah plastik. Suhu pemadatan dilapangan merupakan aplikasi dari hasil penelitian suhu pemadatan dilaboratorium.

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum di dalam “Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik” (2017) temperatur agregat di dalam pugmil (*mixer*) sebelum di campur limbah plastik antara 160 ° C dan 170 ° C

Ketentuan lainnya terkait batasan karakteristik *Marshall* dijabarkan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.4.** Ketentuan sifat campuran beraspal Panas laston (AC) Limbah Plastik

Sifat – sifat campuran		Laston Limbah Plastik (AC <sub>LP</sub> )		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang	Min	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	900		2000
Kelelehan <i>flow</i> (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6

**Tabel 3.4.** Ketentuan sifat campuran beraspal Panas laston (AC) Limbah Plastik  
(Lanjutan)

Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min	2

Sumber : Spesifikasi Khusus Interim Campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum di dalam “Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik” (2017) cacahan limbah plastik yang digunakan harus kering, bersih dan terbebas dari bahan organik atau bahan yang tidak dikehendaki. Penggunaan limbah plastik dari 4% sampai dengan 6% terhadap berat aspal.

Ketentuan lainnya terkait batasan karakteristik *Marshall* dijabarkan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.5.** Ketentuan Limbah Plastik Hasil Cacahan

Pengujian	Persyaratan
Ukuran butir lolos saringan 3/8 inch (9,5 mm) %	100
Ukuran butir lolos saringan 4 (4,75 mm) %	90
Ketebalan (mm)	Maks. 0,07
Kadar air (%)	maks. 5
Titik leleh (°C)	100 - 120

Sumber : Spesifikasi Khusus Interim Campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik

Ketentuan sifat campuran beraspal panas harus memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 dijabarkan dalam tabel berikut.

**Tabel 3.6.** Ketentuan sifat campuran beraspal Panas Laston Limbah Plastik

Sifat – sifat campuran		Laston Limbah Plastik (AC <sub>LP</sub> )		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang	Min	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(2)</sup>	Min	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	900		2000
Kelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 <sup>(3)</sup>	Min	90		

Sumber : Spesifikasi Khusus Interim Campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik

## BAB IV

### METODE PENELITIAN

#### 4.1. Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu aspal optimum Laston Lapis Aus (AC-WC) untuk proses pemadatan campuran Laston, jenis aspal *polymer* modifikasi yang digunakan penetrasi 40/50 merek *Shell (Shell Cariphalte PG 76)* dengan penambahan plastik menggunakan agregat kampar. Dalam pelaksanaan penelitian yang dimaksud, terdapat 3 (tiga) variasi temperatur yang digunakan, yaitu 50°C, 110°C dan 150°C dalam setiap variasi jumlah tumbukan dan jenis gradasi. Kemudian dibuat briket campuran Laston konvensional dengan pembuatan 3 variasi suhu tersebut dan suhu hasil pengujian. Hasil pengujian *Marshall* berupa parameter stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in The Mix* (VIM), *Void in Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled With Asphalt* (VFA) dan *Marshall Qoutient* (MQ) yang digunakan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO ini akan digunakan pada pembuatan briket kembali untuk mencari karakteristik *Marshall* yang paling optimal pada suhu pencampuran dan pemadatan yang mewakili dari 3 variasi suhu yang digunakan. Untuk mengetahui penggunaan terbaik dari suhu aspal optimum yang menggunakan plastik *Polyethylene* jenis LDPE yang digunakan pada lapisan Ac-Wc ditinjau dari hasil pengujian karakteristik *Marshall* yaitu terhadap stabilitas campuran aspal.

#### 4.2. Lokasi penelitian

Lokasi pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium PT. VIRAJAYA RIAUPUTRA yang beralamat di Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 27 Desa Kualu Nenas Kabupaten Kampar.

#### 4.3. Bahan Penelitian

Bahan yang di gunakan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aspal penetrasi 40/50 merek *Shell (Shell Cariphalte PG 76)*
2. Agregat kasar dan agregat halus (Abu batu) dari *crusser* PT. VIRAJAYA RIAUPUTRA Kabupaten Kampar
3. *Filler* ( Semen )
4. Plastik *Polyethylene* jenis LDPE dari bahan plastik kresek

#### 4.4. Rancangan Campuran

Berdasarkan perhitungan rancangan campuran (*Mix Design*) yang direncanakan, diperoleh kombinasi pencampuran material pembentuk Campuran aspal plastik sebagai berikut :

1. Berat keseluruhan benda uji 1200 gram
2. Kadar aspal 5.5 % terhadap berat keseluruhan campuran (66 gram)
3. Batu pecah terdiri dari :
  - a. Agregat kasar (*Hot Bin 1*) sebanyak 15% terhadap berat keseluruhan
  - b. Agregat halus (*Hot Bin 2*) sebanyak 30 % terhadap berat keseluruhan
  - c. Abu batu (*Hot Bin 3*) sebanyak 53% terhadap berat keseluruhan

d. *Filler* (Semen) sebanyak 1% terhadap berat keseluruhan

#### 4.5. Persiapan Pengujian

Tahapan ini mencakup persiapan bahan dan alat. Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Aspal penetrasi 40/50 merek *Shell* (*Shell Cariphalte PG 76*)
2. Agregat kasar dan agregat halus (abu batu)
3. *Filler* ( semen )
4. Plastik *Polyethylene* jenis LDPE

Alat yang digunakan yaitu :

1. Saringan untuk gradasi agregat
2. Wadah pencampuran
3. Sendok besi
4. Alat pemanas material
5. *Mold*, yaitu cetakan sampel aspal beton
6. Alat pemadat aspal beton
7. *Water batch*
8. Alat uji *Marshall*, dll.

Pengujian *Marshall* dilakukan terhadap semua benda uji untuk mengetahui karakteristik campuran pada berbagai variasi kadar aspal. Pemadatan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2x75 tumbukan. Pengujian *Marshall* dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel, kemudian ditimbang beratnya yang disebut berat di udara.
2. Benda uji direndam dalam air selama 24 jam agar lebih jenuh air. Kemudian ditimbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
3. Benda uji yang telah ditimbang dalam air tersebut, dikeringkan dengan kain pada permukaannya, kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
4. Benda uji direndam dalam *water bath* pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Kepala penekan atas alat *Marshall* dibersihkan dan permukaannya dilapisi dengan plastik untuk memudahkan melepas benda uji.
5. Benda uji dikeluarkan dari *water bath* segera letakkan pada segmen bawah kepala penahan. Segmen atas kepala penekan dimasukkan dalam batang penuntun. Kemudian kepala penekan diletakkan di atas mesin penguji.
6. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada kedudukan di atas salah satu batang penuntun.
7. Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
8. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm permenit hingga pembebanan tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun pada saat itu pula dibaca jarum arloji kelelahan.



9. Setelah pembebanan selesai, segmen atas diangkat dan benda uji telah selesai pengujiannya. Hal tersebut di atas dilakukan sama untuk setiap benda uji.

Setelah benda uji selesai dirancang dan dibuat, maka dilakukan pengujian dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow* dan MQ. Sedangkan nilai VMA, VFA, VIM didapatkan dari hasil perhitungan. Nilai-nilai yang didapat harus memenuhi persyaratan yang ada maka langkah penelitian kembali ke perancangan campuran beton aspal.

Peralatan tambahan yang dibutuhkan proses campuran aspal beton dapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini :



**Gambar 4.1.** *Marshall Test*

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.



**Gambar 4.2. Thermometer**

*Thermometer* adalah suatu instrumen yang mengatur satu atau lebih sumber pemanasan dan pendinginan secara langsung atau tidak langsung untuk mempertahankan temperatur yang diinginkan. Agar *thermometer* dapat berfungsi dalam pengaturan temperatur, *thermometer* tersebut harus memiliki alat pendeteksi temperatur dan sebuah *transducer*. Alat pendeteksi temperatur tersebut mengukur perubahan pada temperatur dan menghasilkan efek yang diinginkan pada *transducer*. *Transducer* berfungsi mengubah efek yang dihasilkan dari alat pendeteksi menjadi pengendalian temperatur yang sesuai atau dengan kata lain *transducer* merupakan alat yang mempengaruhi temperatur. *Thermometer* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki suhu paling tinggi hingga 400°C.



**Gambar 4.3.** *Water Bath*

*Water bath* adalah peralatan laboratorium yang terbuat dari wadah berisi air panas. Alat ini digunakan untuk menginkubasi sampel dalam air pada suhu konstan selama periode waktu yang lama. Sebagian besar *water bath* memiliki antarmuka digital atau analog untuk memungkinkan pengguna mengatur suhu yang diinginkan, tapi beberapa *water bath* memiliki suhu yang dikontrol oleh arus yang melewati sensor(anggap saja mikrokontroller). Pemanfaatan *water bath* meliputi pemanasan reagen, peleburan substrat atau inkubasi kultur sel.



**Gambar 4.4.** *Mold*

Fungsi cetakan silinder (*mould*) adalah sebagai alat untuk pencetak aspal yang sudah bercampur agregat pada saat ditumbuk. Berdasarkan SNI 06-2489-1991, cetakan silinder berukuran diameter 10,2 cm dan tinggi 7,62 cm.

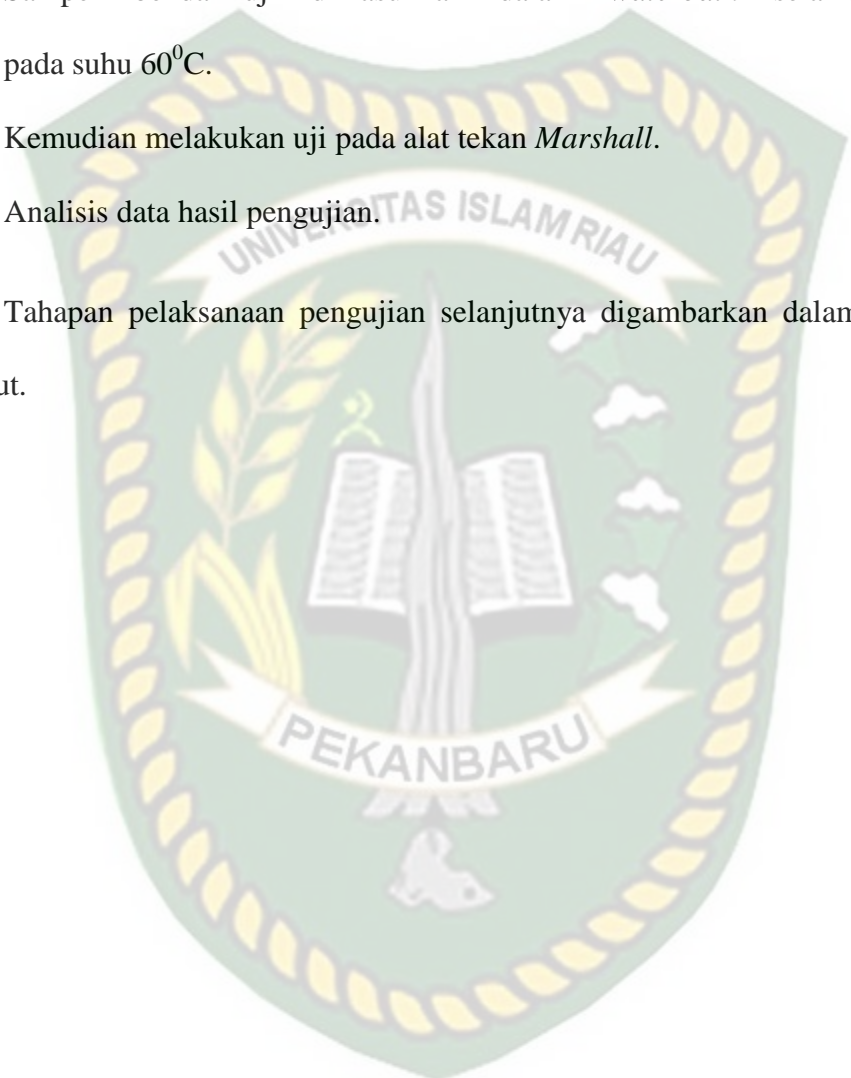
#### 4.6. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

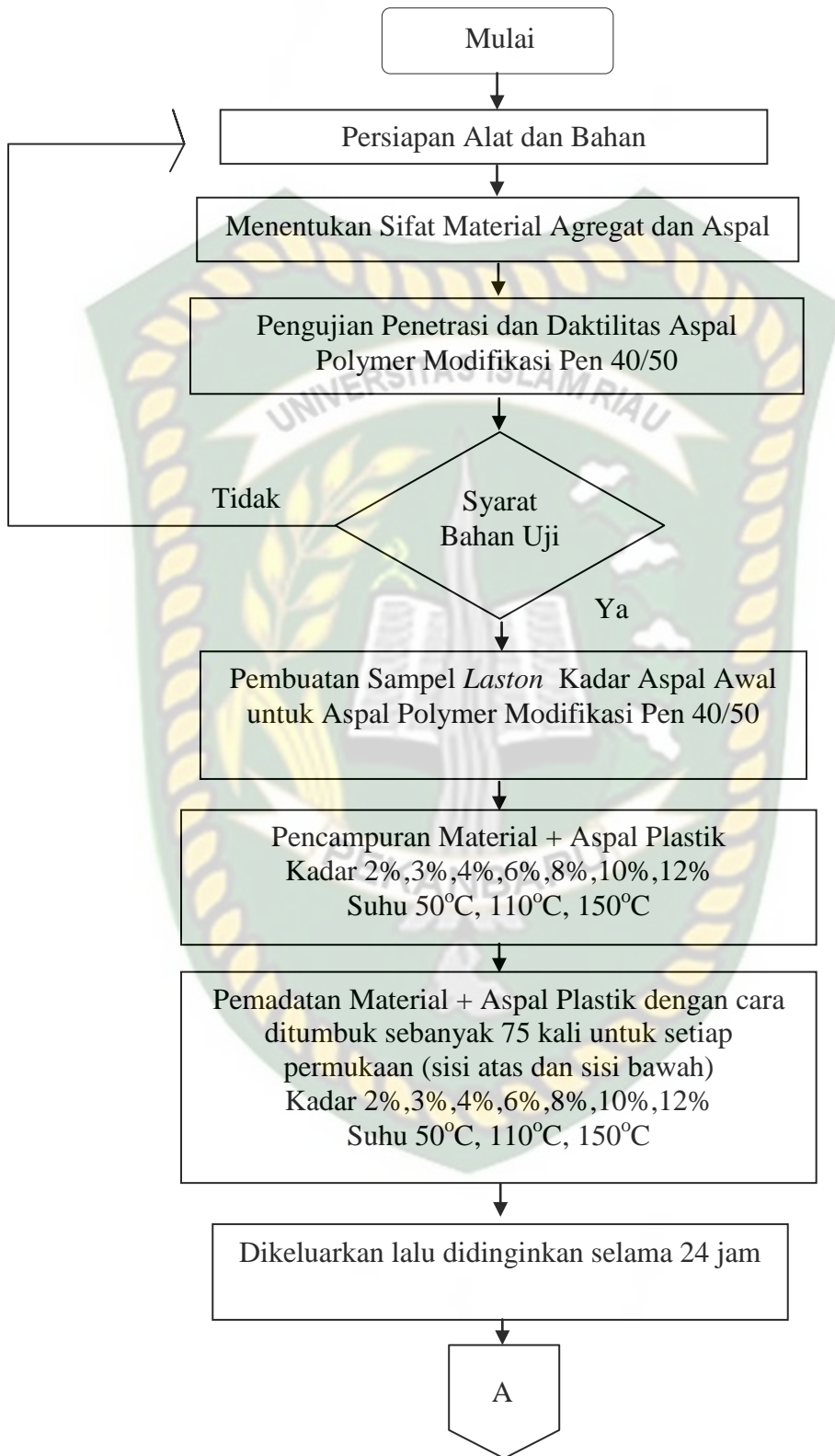
Tahapan Pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan
2. Menentukan sifat-sifat bahan diantaranya berat isi material, kadar air , dsb.
3. Melakukan pengujian penetrasi dan daktilitas aspal *polymer* modifikasi pen 40/50 .
4. Melakukan pembuatan sampel *laston* kadar aspal awal untuk aspal *polymer* modifikasi pen 40/50.
5. Melakukan pencampuran material + aspal plastik kadar 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% suhu 50°C, 110°C, 150°C.
6. Melakukan pemadatan material + aspal Plastik dengan cara ditumbuk sebanyak 75 kali untuk setiap permukaan (sisi atas dan sisi bawah) kadar 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% suhu 50°C, 110°C, 150°C.
7. Kemudian Sampel dikeluarkan dari  *mold* / cetakan lalu didinginkan selama 24 jam.
8. Kemudian sampel benda uji ditimbang dalam kondisi kering.

9. Sampel benda uji direndam dalam air selama 24 jam.
10. Sampel benda uji ditimbang dalam air dan dalam kondisi SSD.
11. Sampel benda uji dimasukkan dalam *waterbath* selama 40 menit pada suhu 60<sup>0</sup>C.
12. Kemudian melakukan uji pada alat tekan *Marshall*.
13. Analisis data hasil pengujian.

Tahapan pelaksanaan pengujian selanjutnya digambarkan dalam Gambar 4.5 berikut.







Gambar 4.5. Tahapan Pelaksanaan Pengujian

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Umum

Dari hasil pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat *Marshall test* kemudian dilakukan perhitungan dan analisa karakteristik campuran aspal dengan penambahan plastik sebagai bahan tambahan campuran.

##### 5.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Dari hasil pemeriksaan yang dilaksanakan di Laboratorium PT. VIRAJAYA RIAUPUTRA yang beralamat di Jalan Raya Pekanbaru – Bangkinang KM 27 Desa Kualu Nenas Kabupaten Kampar, diperoleh data pemeriksaan terhadap agregat kasar, halus dan bahan pengisi (*filler*) semen, sebagai berikut:

#### 1. Agregat kasar

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar pecah ukuran maksimum  $\frac{3}{4}$ " dan  $\frac{3}{8}$ " dari *Stone Crusher* Batu Bersurat, diperoleh nilai seperti pada tabel 5.2 dan tabel 5.3. Dari tabel 5.2 dan tabel 5.3 dapat dilihat bahwa agregat kasar ukuran  $\frac{3}{4}$ " dan  $\frac{3}{8}$ " yang telah diuji memiliki kualitas yang sangat baik dan bisa digunakan pada campuran beton aspal.

#### 2. Agregat halus

Hasil pemeriksaan karakteristik abu batu (*dust*) dan pasir dari *Stone Crusher* Batu Bersurat, diperoleh nilai seperti pada tabel 5.1. Tabel 5.1 menunjukkan



bahwa abu batu dan pasir yang diproduksi pada *Stone Crusher* Batu Bersurat memiliki kualitas yang baik karena memenuhi semua spesifikasi teknis sehingga dapat digunakan pada campuran beton aspal.

3. Bahan pengisi filler semen

Komposisi unsur yang terkandung pada semen yang akan digunakan pada penelitian ini, setelah dilakukan uji pendahuluan pada Laboratorium PT. VIRAJAYA RIAUPUTRA, yaitu diperoleh campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah dengan *filler*.

**Tabel 5.1.** Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus Pecah (Abu Batu)

No	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Keterangan
1.	Analisa Saringan	Penelitian	-	-	
2.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,587	Min. 2,1	-	
	b. BJ SSD	2,641	Min. 2,1	-	
	c. BJ Apparent	2,734	Min. 2,1	-	
	- Penyerapan Agregat	2,030	Maks. 5	%	

Dari tabel 5.1 dapat dilihat hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus pecah (Abu Batu) memenuhi standart SNI.

**Tabel 5.2.** Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat Kasar (Batu Pecah)  
Batu Bersurat 10 - 20 mm

No.	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Keterangan
1.	Analisa Saringan	Penelitian	-	-	
2.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,523	Min. 2,1	-	
	b. BJ SSD	2,569	Min. 2,1	-	
	c. BJ Apparent	2,646	Min. 2,1	-	
	- Penyerapan Agregat	1,850	Maks. 2,5	%	

Dari tabel 5.2 dapat dilihat hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar (Batu Pecah) Batu Bersurat 10 - 20 mm memenuhi standart SNI.

**Tabel 5.3.** Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat Kasar (Batu Pecah) Batu Bersurat 4,75 - 12,5 mm

No.	Pengujian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan	Keterangan
1.	Analisa Saringan	Penelitian	-	-	
2.	- Berat Jenis				
	a. BJ. Bulk	2,535	Min. 2,1	-	
	b. BJ SSD	2,582	Min. 2,1	-	
	c. BJ Apparent	2,659	Min. 2,1	-	
	- Penyerapan Agregat	1,842	Maks. 2,5	%	

Dari tabel 5.3 dapat dilihat hasil pemeriksaan karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah) Batu Bersurat 4,75 - 12,5 mm memenuhi standart SNI.

### 5.1.2 Hasil Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal adalah aspal keras produksi *Shell Cariphalte* PG 76 Curah dengan Penetrasi 40/50. Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium PT. VIRAJAYA RIAUPUTRA diperoleh data-data hasil pengujian yang memenuhi persyaratan spesifikasi campuran beton aspal, seperti yang disajikan pada tabel 5.4

**Tabel 5.4.** Hasil Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal Pen 40/50)

No.	Pengujian	Standar Penelitian	Hasil Penelitian	Spek.	Satuan
1.	Penetrasi, 25°C; 100gr 5 dtk; 0,1mm	ASTM D5/SNI 06-2456-2011	50	40 - 70	mm
2.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,032	≥ 1.0	-
3.	Titik Lembek	ASTM D36/SNI 06-2434-2011	78	≥ 78	°C
4.	Daktilitas 25°C	SNI 2432:2011	80	≥ 70	cm
5.	Titik Nyala	SNI 2433:2011	332	≥ 230	°C

(Sumber : *Shell Cariphalte* PG 76, 2020)

Dari tabel 5.4 dapat dilihat hasil pemeriksaan karakteristik Bahan Pengikat (Aspal Pen 40/50) memenuhi standart ASTM dan SNI.

## 5.2 Penentuan Kadar Apal Optimum

Kadar plastik optimum ditentukan dengan merata-ratakan kadar plastik yang memberikan nilai stabilitas maksimum, kepadatan (*Stability*) maksimum dan kadar plastik pada VIM yang disyaratkan. Hasil ini kemudian di cek apakah pada nilai rata-rata ini persyaratan campuran beraspal lainnya seperti VMA, VFA dan *Flow* campuran telah memenuhi ketentuan dalam Tabel 5.5.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengujian dengan beberapa variasi kadar aspal di setiap jenis gradasi agregat, dilakukan melalui dua tahap, yaitu pembuatan benda uji dengan beberapa variasi kadar aspal, kemudian pengujian dengan alat *Marshall*. diperoleh kadar plastik optimum berada pada penggunaan plastik dengan persentase 3 %.

**Tabel 5.5.** Hubungan Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik

Jenis Analisa <i>Marshall Test</i>	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Stabilitas	2366	2393.6	2867.2	2688	1952	2668.8	2208	1843.2
Kelelehan ( <i>Flow</i> )	4.0	4.1	3.6	3.0	3.2	2.9	3.5	3.2
VMA	16.0	16.61	15.20	15.64	17.13	16.06	15.79	15.81
VFA	61.0	61.63	68.48	66.19	59.37	64.15	65.46	65.32
VIM	6.0	6.37	4.79	5.29	6.96	5.76	5.45	5.48
MQ	500.0	579.1	789.1	896	610	909.8	636.9	582.1

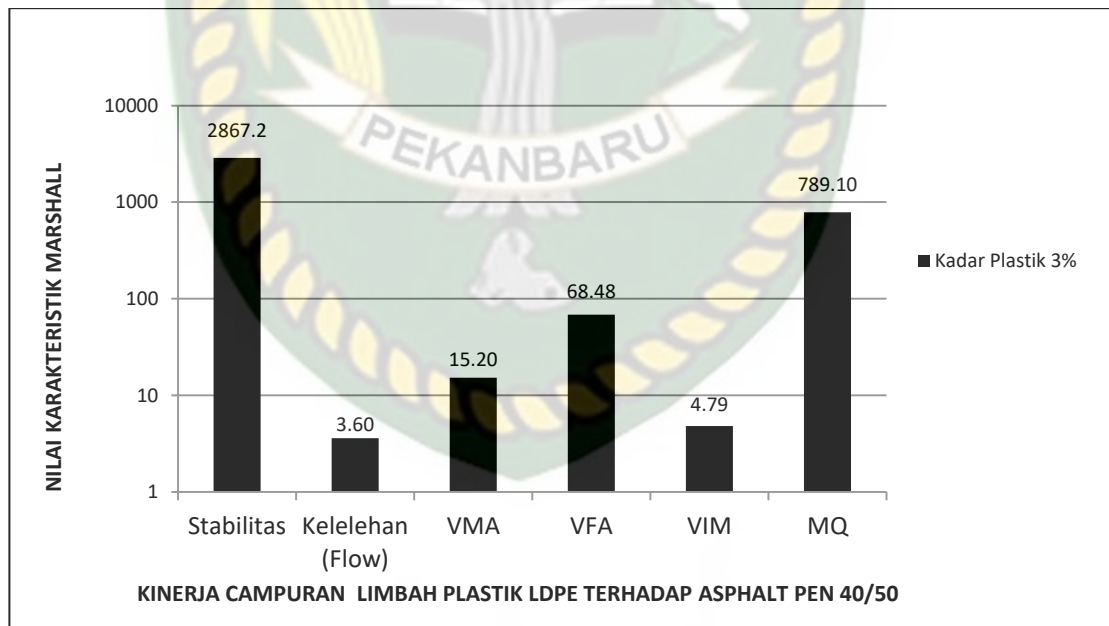
Hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%,

6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai Stabilitas aspal dan kadar plastik. Dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.6.** Kadar Plastik

Persentase Penambahan Plastik (%)	KETERANGAN						KETERANGAN
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VFA (%)	VIM (%)	MQ (kg/mm)	
Kadar Plastik 3%	2867.2	3.6	15.20	68.48	4.79	789.1	<b>Memenuhi</b>

Dari hasil pengujian diperoleh kondisi ideal penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan kadar 3% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dapat dilihat pada Tabel 5.6.



**Gambar 5.1.** Uji Karakteristik *Marshall*

Dari Gambar 5.1 dapat dilihat grafik uji karakteristik *Marshall* terhadap penambahan persentase kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150°C kadar 3% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Diperoleh nilai Stabilitas sebesar 2867.2 Kg, Kelelehan (*flow*) sebesar 3.60 mm, Rongga Dalam Agregat (VMA) sebesar 15.20 %, Rongga Terisi Aspal (VFA) sebesar 68.48 %, Rongga Dalam Campuran (VIM) sebesar 4.79 % dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 789.10 Kg/mm.

### 5.3 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap Stabilitas

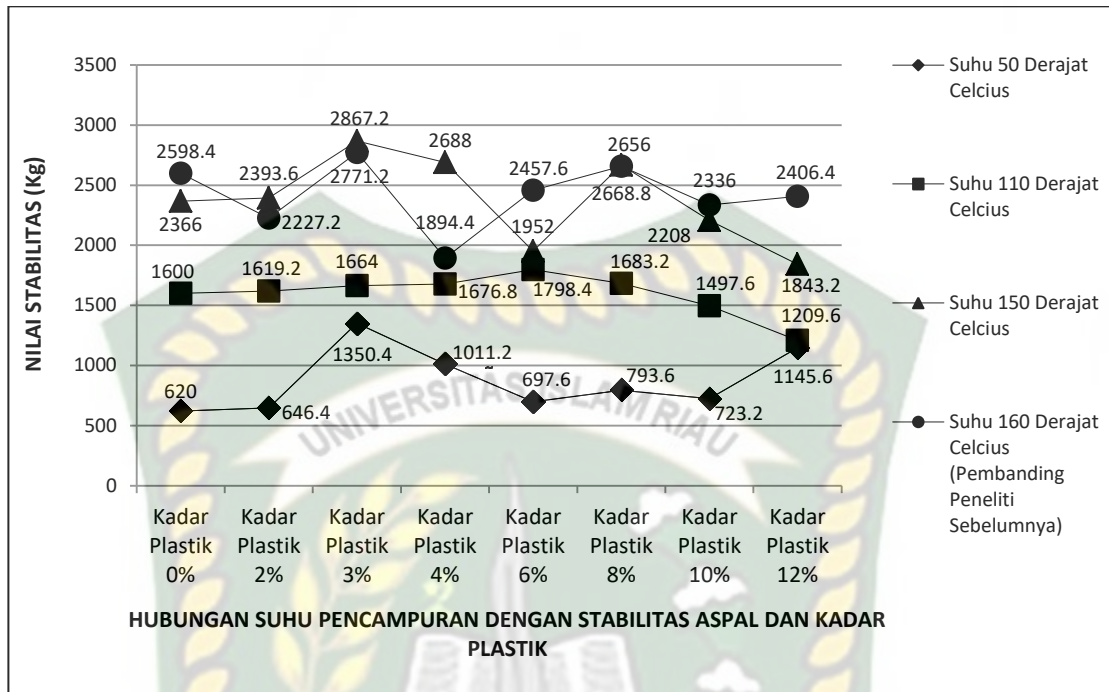
Nilai stabilitas meningkat dengan bertambahnya suhu pemadatan mulai dari 50°C sampai 150°C, hal ini disebabkan pada suhu yang lebih tinggi (sampai 150°C), aspal akan lebih mudah mencair (konsistensi rendah) dan masuk di antara rongga agregat dengan lebih sempurna. Nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu > 1000 kg dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%) / Kg							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	620	646.4	1.350,4	1.011,2	6.976	7.936	7.232	1.145,6
Suhu 110 <sup>0</sup> C	1.600	1.619,2	1.664	1.676,8	1.798,4	1.683,2	1.497,6	1.209,6
Suhu 150 <sup>0</sup> C	2.366	2.393,6	2.867,2	2.688	1.952	2.668,8	2.208	1.843,2

Dari Tabel 5.7 dapat dilihat hasil dari pengujian dengan menggunakan alat

*Marshall Test* terhadap nilai Stabilitas aspal akibat pencampuran kadar plastik jenis LDPE yang menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C dengan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap suhu pencampuran dengan stabilitas aspal dan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C dengan kadar 0% diperoleh sebesar 2.366 Kg (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 2.393,6 Kg (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 2.867,2 Kg (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 2.688 Kg (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 1.952 Kg (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 2.668,8 Kg (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 2.208 Kg (memenuhi), kadar 12% diperoleh sebesar 1.843,2 Kg (memenuhi), dimana syarat nilai Stabilitas aspal menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 1.000 Kg. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.2 grafik hubungan suhu pencampuran dengan stabilitas aspal pada persentase kadar plastik LDPE.



**Gambar 5.2.** Uji Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik

Dari Gambar 5.2 dapat dilihat grafik hubungan suhu pencampuran uji stabilitas aspal dan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram (SNI, 1991). Stabilitas cenderung meningkat pada suhu pencampuran karena pada suhu pencampuran dengan suhu tinggi aspal akan lebih mudah tercampur dengan agregat dan *filler* penyusun untuk laston serta aspal lebih mudah menyelimuti agregat dan mengisi pori-pori campuran pada laston. Suhu pencampuran dapat dilihat dari Stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal

dalam campuran. Pada Kadar plastik 3% pencampuran dengan suhu 150<sup>0</sup>C terjadi stabilitas yang meningkat ditandai dengan pembacaan alat *Marshall* yang meningkat dan setelah dikonversikan menjadi 2.867,2 Kg. Secara fisik pada kadar plastik 3% sampel lebih padat dan pori lebih sedikit. Hasil pencampuran kadar plastik 3%, terhadap laston ac-wc lebih kuat terhadap deformasi plastis dan tahan terhadap tekanan beban lalu lintas. Nilai stabilitas tiap sampel diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai stabilitas riil dari sampel. (memenuhi syarat).

Sebagai pembandingan dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) Suhu pencampuran dengan stabilitas pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai stabilitas riil dari sampel. Nilai akhir dari stabilitas untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.8

**Tabel 5.8.** Nilai Stabilitas *Marshall* suhu 160<sup>0</sup>C untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Stabilitas Aspal dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	2598.4	2227.2	2771.2	1894.4	2457.6	2656	2336	2406.4

Suhu pencampuran dengan stabilitas aspal dan kadar plastik dari hasil pengujian *Marshall test* didapat pada suhu 160<sup>0</sup>C kadar plastik 0%, 2%, 3% adalah 2598,4 kg,



2227,2 kg, 2771,2 kg. sedangkan pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  kadar plastik 4%,6%,8% adalah 1894,4 kg, 24557,6 kg, 2656 kg serta suhu  $160^{\circ}\text{C}$  pada kadar plastik 10% dan 12% masing-masing 2336 kg dan 2406,4 kg. Dari tabel 5.8 terlihat pada kadar plastik 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% nilai stabilitas aspal pen 40/50 PG 76 diatas syarat Spesifikasi Teknis 2018. Sedangkan dari gambar 5.2 Hubungan kadar plastik LDPE dan Suhu pencampuran dengan stabilitas aspal dan kadar plastik terlihat hasil stabilitas yang fluktuasi, pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  saat kadar plastik 0% stabilitas 2598,4 kg, dan menurun pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  saat penambahan kadar plastik 2% yaitu 2227,2 kg dan kembali meningkat pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  dikadar plastik 3% sebesar 2771,2 kg. Pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  kadar plastik 4% stabilitas 1894,4 kg menurun dibandingkan tanpa plastik kemudian meningkat kembali pada saat suhu  $160^{\circ}\text{C}$  yang ditambahkan kadar plastik 6% dan 8% yaitu 2457,6 kg dan 2656 kg dan menurun pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$  dengan kadar plastik 10% dan 12%. Pada spesifikasi teknis 2018 nilai minimum menunjukkan stabilitas adalah 1000 kg untuk aspal keras tipe PG 76 sehingga dari keseluruhan nilai stabilitas yang didapatkan akan terlihat nilainya diatas nilai minimum yang disyaratkan.

#### **5.4 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pematatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap *Flow***

Nilai kelelahan (*Flow*) menurun dengan bertambahnya suhu pematatan mulai dari  $50^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$ , hal ini dikarenakan semakin tingginya suhu pematatan maka campuran beton aspal semakin padat dan mempunyai rongga-rongga yang lebih kecil sehingga pada saat dibebani kelenturannya kecil. Dari hasil pengujian dengan

menggunakan alat *Marshall Test* terhadap penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai Kelelehan (*Flow*) aspal yang dapat dilihat pada Tabel 5.9.

**Tabel 5.9.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Kelelehan (*Flow*) Aspal dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Kelelehan Aspal dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	3	3.2	4.1	3.4	3.8	3.6	3.3	3.1
Suhu 110 <sup>0</sup> C	3	3.8	3.9	3.3	3.4	2.9	3.5	3.4
Suhu 150 <sup>0</sup> C	4	4.1	3.6	3	3.2	2.9	3.5	3.2

Dari Tabel 5.9 dapat dilihat hasil pengujian suhu pencampuran dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap Kelelehan (*Flow*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C dengan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai Kelelehan (*Flow*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C dengan kadar 0% diperoleh sebesar 3,00 mm (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 4,1 mm (tidak memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 3,6 mm (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 3,00 mm (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 3,2 mm (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 2,9 mm (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 3,5

mm (memenuhi), kadar 12% diperoleh sebesar 3,2 mm (memenuhi), dimana syarat nilai Kelelehan (*Flow*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 2 mm dan maksimal 4 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3 perihal grafik hubungan nilai Kelelehan (*Flow*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.



**Gambar 5.3.** Uji Kelelehan (*Flow*) Aspal dan Kadar Plastik

Dari Gambar 5.3 dapat dilihat grafik hubungan suhu pencampuran dengan Kelelehan (*Flow*) kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Kelelehan (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran beraspal pada saat runtuh yang dinyatakan dalam mm (SNI, 2003). Nilai kelelehan dapat menjadi indikator terhadap lentur.

Dari hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap nilai kelelehan (*Flow*). Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai kelelehan (*Flow*) memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 2 mm dan maksimal 4 mm.

Sedangkan untuk penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 2%, dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai kelelehan (*Flow*) sebesar 4,1 mm (tidak memenuhi) / melebihi nilai kelelehan yang disyaratkan. Apabila penambahan plastik kadar 2 % ini digunakan pada perkerasan lentur akan menyebabkan berubah bentuk (*deformasi plastis*) terhadap campuran aspal.

Sebagai pembanding dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) Suhu pencampuran dengan Kelelehan (*Flow*) pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai stabilitas riil dari sampel. Nilai akhir dari Kelelehan (*Flow*) untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.10

**Tabel 5.10.** Nilai Kelelehan (*Flow*) untuk suhu 160<sup>0</sup>C Kadar Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Kelelehan Aspal dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	3	3.9	3.5	3.8	3.9	4.07	3.4	3.7

Dari Tabel 5.10 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap Kelelehan (*Flow*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  dengan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai Kelelehan (*Flow*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan kadar 0% diperoleh sebesar 3,03 mm (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 3,93 mm (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 3,53 mm (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 3,83 mm (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 3,93 mm (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 4,07 mm (tidak memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 3,47 mm (memenuhi), kadar 12% diperoleh sebesar 3,70 mm (memenuhi), dimana syarat nilai Kelelehan (*Flow*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 2 mm dan maksimal 4 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.3 perihal grafik hubungan nilai Kelelehan (*Flow*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.

Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu dilakukan pengkondisian temperatur pada bahan uji dengan variasi suhu  $50^{\circ}\text{C}$ ,  $110^{\circ}\text{C}$  dan  $150^{\circ}\text{C}$  sambil diaduk-aduk sampai tercampur secara homogen. Setelah homogen, campuran tersebut dimasukkan kedalam  *mold*  dan dilakukan pemadatan tiap sisi dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali. Adapun benda uji yang sudah dilakukan pemadatan dan sudah dilakukan pengujian *Marshall test* dapat dilihat pada gambar 5.4 dan gambar 5.5 dibawah ini.



**Gambar 5.4.** Benda Uji Menggunakan Aspal Modifikasi *Shell Cariphalte PG 76* Pen 40/50 Sebelum dilakukan Pengujian *Marshall test*



**Gambar 5.5.** Benda Uji Menggunakan Aspal Modifikasi *Shell Cariphalte PG 76* Pen 40/50 Sesudah dilakukan Pengujian *Marshall test*

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa jenis retak yang terjadi pada aspal modifikasi adalah dominan kombinasi, yang artinya bahwa retak yang terjadi pada benda uji akibat kombinasi tegangan tarik dan tekan. Lebar retak yang terjadi pada kedua jenis campuran beraspal lebih besar pada suhu pemadatan yang rendah dan semakin bertambahnya suhu pemadatan, retak yang terjadi semakin kecil. Hal itu terjadi

dikarenakan semakin besar suhu pemadatan, besarnya rongga pada campuran semakin kecil dan stabilitasnya semakin besar juga.

### 5.5 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap *Marshall Quotient*

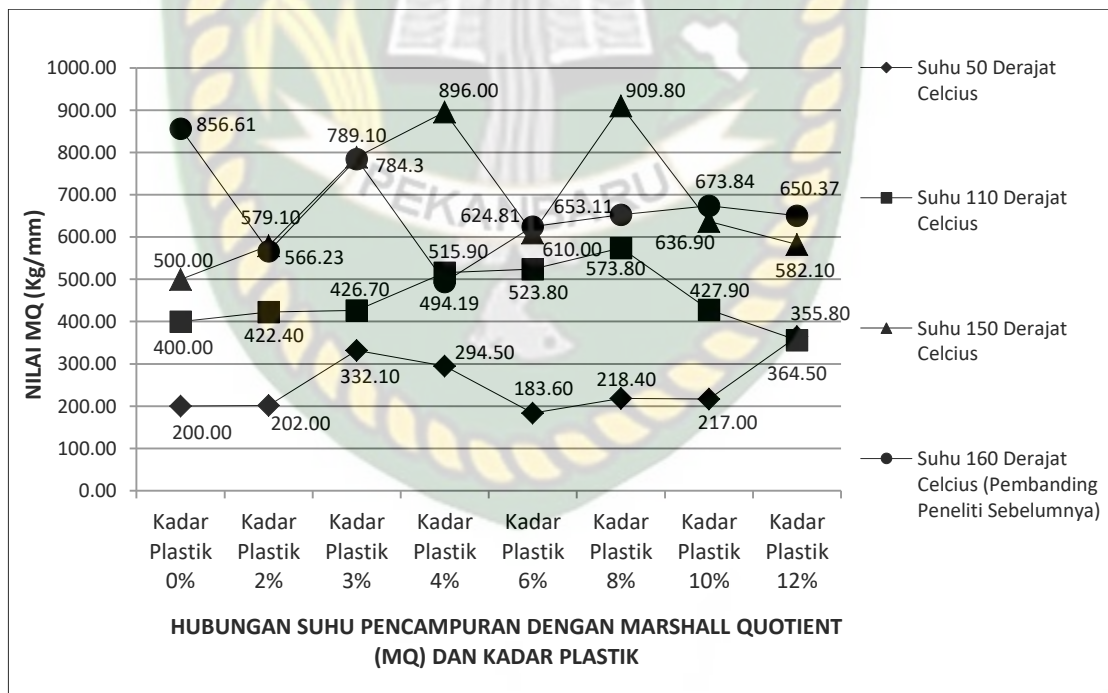
Nilai *Marshall Quotient* (MQ) atau hasil bagi *Marshall* meningkat dengan bertambahnya suhu pemadatan mulai dari 50<sup>0</sup>C sampai 150<sup>0</sup>C. Nilai MQ yang memenuhi persyaratan sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu minimal 250 kg/mm, adalah pada pemadatan 110<sup>0</sup>C sampai 150<sup>0</sup>C dengan nilai MQ 270 – 410 kg/mm. Dari hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan *Marshall Quotient* (MQ) dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan <i>Marshall Quotient</i> dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	200.00	202.00	332.10	294.50	183.60	218.40	217.00	364.50
Suhu 110 <sup>0</sup> C	400.00	422.40	426.70	515.90	523.80	573.80	427.90	355.80
Suhu 150 <sup>0</sup> C	500.00	579.10	789.10	896.00	610.00	909.80	636.90	582.10

Dari Tabel 5.11 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* suhu pencampuran dengan *Marshall Question* (MQ) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan suhu 150<sup>0</sup>C menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau suhu pencampuran terhadap *Marshall Question*

(MQ) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan suhu 150°C menggunakan kadar 0% diperoleh sebesar 500,00 kg/mm (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 579,10 kg/mm (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 789,10 kg/mm (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 896,00 kg/mm (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 610,00 kg/mm (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 909,80 kg/mm (memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 582,10 kg/mm (memenuhi), dimana syarat nilai *Marshall Question* (MQ) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 250 kg/mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4 perihal grafik hubungan nilai *Marshall Question* (MQ) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.



**Gambar 5.6.** Uji Hasil Bagi *Marshall Quotient* Aspal dan Kadar Plastik



Dari Gambar 5.4 dapat dilihat grafik *Marshall Question* (MQ) terhadap penambahan persentase kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan dengan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap *Marshall Question* (MQ). Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan dengan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8% dan 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh *Marshall Question* (MQ) memenuhi syarat sesuai dengan syarat *Marshall Question* (MQ), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 250 kg/mm.

Sebagai pembanding dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) pada suhu 160<sup>0</sup>C pencampuran dengan *Marshall Quotient* (MQ) pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai *Marshall Quotient* (MQ) riil dari sampel. Nilai akhir dari *Marshall Quotient* (MQ) untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.12

**Tabel 5.12.** Hasil Perhitungan *Marshall Quotient* untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) suhu 160<sup>0</sup>C terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Marshall Quotient dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	856.61	566.23	784.3	494.19	624.81	653.11	673.84	650.37

Dari Tabel 5.12 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap *Marshall Question* (MQ) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai *Marshall Question* (MQ) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu  $160^{\circ}\text{C}$  kadar 0% diperoleh sebesar 856,61 kg/mm (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 566,23 kg/mm (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 784,30 kg/mm (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 494,19 kg/mm (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 624,81 kg/mm (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 653,11 kg/mm (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 673,84 kg/mm (memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 650,37 kg/mm (memenuhi), dimana syarat nilai *Marshall Question* (MQ) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 250 kg/mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4 perihal grafik hubungan nilai *Marshall Question* (MQ) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.

#### **5.6 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pematatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap VMA ( *Void In Mineral Aggregate* )**

*Void in Mineral Agreggate* (VMA) adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. Besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pematatan, masih memenuhi syarat

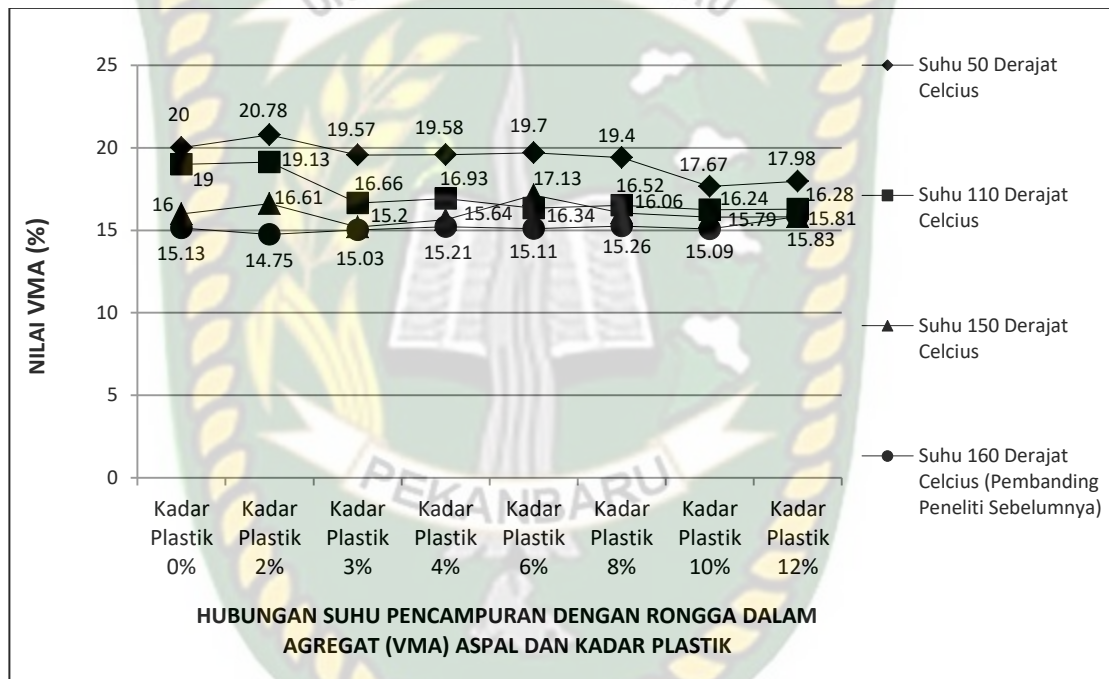
minimal 15%. Dari hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) yang dapat dilihat pada Tabel 5.13.

**Tabel 5.13.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Agregat (VMA) dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan VMA dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	20	20.78	19.57	19.58	19.7	19.4	17.67	17.98
Suhu 110 <sup>0</sup> C	19	19.13	16.66	16.93	16.34	16.52	16.24	16.28
Suhu 150 <sup>0</sup> C	16	16.61	15.2	15.64	17.13	16.06	15.79	15.81

Dari Tabel 5.13 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap suhu pencampuran rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0% diperoleh sebesar 16,00% (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 16,61% (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 15,02% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 15,64% (memenuhi), kadar 6% diperoleh

sebesar 17,13% (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 16,06% (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 15,79% (memenuhi), kadar 12% diperoleh sebesar 15,81% (memenuhi), dimana syarat nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 15%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 perihal grafik hubungan nilai rongga dalam agregat (*void in mineral agregate*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.



**Gambar 5.7.** Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Agregat (VMA) dan Kadar Plastik

Dari Gambar 5.5 hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*). Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu

150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) memenuhi syarat sesuai dengan syarat rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 15%. VMA yang paling besar terjadi pada pencampuran kadar plastik 6% dengan nilai VMA sebesar 17,13%, ini menunjukkan bahwa dengan penambahan kadar plastic jenis LDPE mempengaruhi besarnya nilai VMA pada aspal.

Sebagai pembanding dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) pada suhu 160<sup>0</sup>C pencampuran dengan rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) riil dari sampel. Nilai akhir dari rongga dalam agregat (*Void In Mineral Agregate*) untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.14

**Tabel 5.14.** Nilai Rongga dalam Agregat (VMA) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) suhu 160<sup>0</sup>C terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan VMA dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	15.13	14.75	15.03	15.21	15.11	15.26	15.09	15.83

Dari Tabel 5.14 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 160<sup>0</sup>C kadar 0% diperoleh sebesar 15,13% (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 14,75% (tidak memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 15,03% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 15,21% (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 15,11% (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 15,26% (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 15,09% (memenuhi), kadar 12% diperoleh sebesar 15,83% (memenuhi), dimana syarat nilai rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 15%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 perihal grafik hubungan nilai rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.

Sedangkan untuk penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160<sup>0</sup>C kadar 2%, dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) sebesar 14,75 % (tidak memenuhi) / kurang dari nilai rongga dalam agregat (*void in mineral aggregate*) yang disyaratkan. Hal ini menunjukkan bahwa pada suhu 160<sup>0</sup>C penambahan kadar plastik 2% jenis LDPE mengurangi VMA sehingga dapat menyebabkan deformasi plastis.

### 5.7 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pematatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap VIM ( *Void In The Mix* )

*Void in the mix* (VIM) atau rongga udara dalam campuran merupakan rongga udara yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Karena pada suhu pematatan yang tinggi tingkat kepadatan yang dihasilkan juga lebih tinggi sehingga memperkecil rongga dalam campuran. Atau dengan kata lain nilai VIM yang semakin meningkat, pada suhu pematatan rendah.

Aspal sulit menyelimuti agregat sehingga aspal dan agregat tidak dapat menyampur secara homogen VIM pada suhu pematatan 110<sup>0</sup>C sampai 150<sup>0</sup>C, masih memenuhi syarat Bina Marga 2010, sebesar 3,0 – 5,0%. Dapat dilihat pada Tabel 5.15.

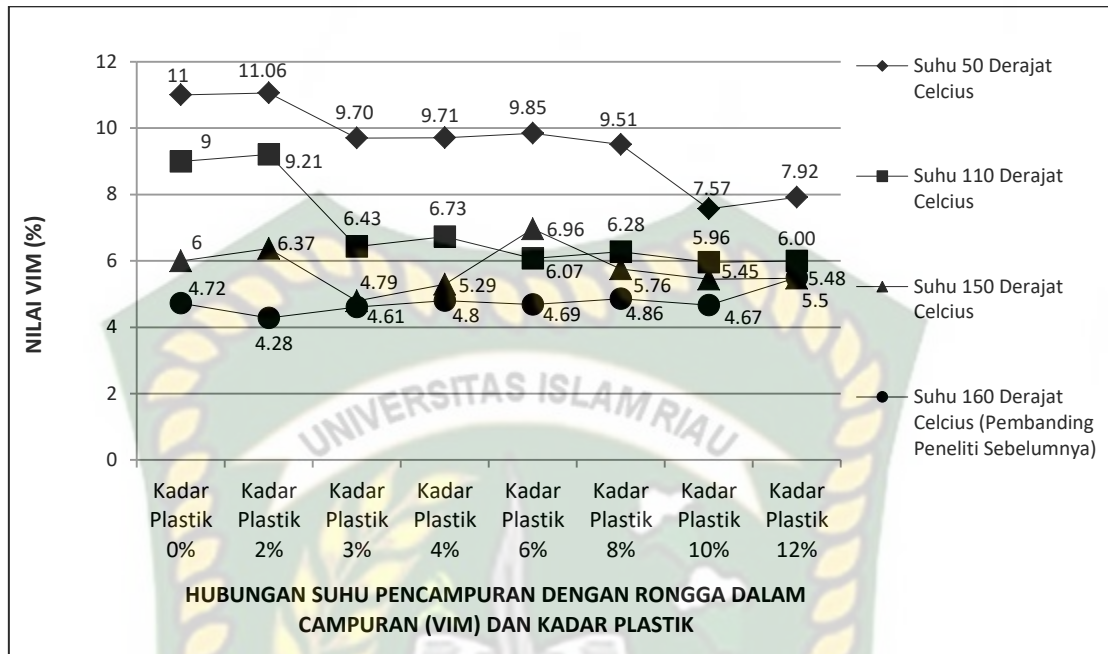
**Tabel 5.15.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran ( VIM) dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	11	11.06	9.70	9.71	9.85	9.51	7.57	7.92
Suhu 110 <sup>0</sup> C	9	9.21	6.43	6.73	6.07	6.28	5.96	6.00
Suhu 150 <sup>0</sup> C	6	6.37	4.79	5.29	6.96	5.76	5.45	5.48

Dari Tabel 5.15 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap suhu pencampuran rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar

0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pegujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap suhu pencampuran nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0% diperoleh sebesar 6,00% (tidak memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 6,37% (tidak memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 4,79% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 5,29% (tidak memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 6,96% (tidak memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 5,76% (tidak memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 5,45% (tidak memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 5,48% (tidak memenuhi), dimana syarat nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 3% dan maksimal 5%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.6 perihal grafik hubungan nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.





**Gambar 5.8.** Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) dan Kadar Plastik

Dari hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap suhu pencampuran nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*). Berdasarkan hasil pengujian suhu pencampuran dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 3% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) 4,79% memenuhi syarat sesuai dengan syarat rongga dalam campuran (*Void In The Mix*), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 3% dan maksimal 5. Sehingga kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 3% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 dapat dipakai dan diaplikasikan di lapangan karena dapat mengatasi pemadatan tambahan yang terjadi akibat beban lalu lintas.

Sedangkan untuk penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) sebesar 5,50 % (tidak memenuhi) dari nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) yang disyaratkan. Sehingga kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 tidak bisa dipakai karena akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Sebagai pembandingan dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) pada suhu 160<sup>0</sup>C pencampuran dengan rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) riil dari sampel. Nilai akhir dari rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.16

**Tabel 5.16.** Nilai Rongga dalam Campuran (VIM) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE suhu 160<sup>0</sup>C terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan Rongga Dalam Campuran ( VIM) dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	4.72	4.28	4.61	4.8	4.69	4.86	4.67	5.5

Dari Tabel 5.16 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* pada suhu pencampuran terhadap rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160°C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* suhu pencampuran terhadap nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 160°C kadar 0% diperoleh sebesar 4,72% (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 4,28% (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 4,61% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 4,80% (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 4,69% (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 4,86% (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 4,67% (memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 5,50% (tidak memenuhi), dimana syarat nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 3% dan maksimal 5%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.6 perihal grafik hubungan nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.

Dari hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap suhu pencampuran nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*). Berdasarkan hasil pengujian dengan suhu pencampuran penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160°C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8% dan 10% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*)

memenuhi syarat sesuai dengan syarat rongga dalam campuran (*Void In The Mix*), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 3% dan maksimal 5. Sehingga kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160°C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8% dan 10% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 dapat dipakai dan diaplikasikan di lapangan karena dapat mengatasi pemadatan tambahan yang terjadi akibat beban lalu lintas.

Sedangkan untuk suhu pencampuran penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160°C kadar 12%, dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) sebesar 5,50 % (tidak memenuhi) dari nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) yang disyaratkan. Sehingga kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160°C kadar 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 tidak bisa dipakai karena akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

### **5.8 Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Pada Campuran Aspal Campuran Aspal Beton Terhadap VFA ( *Void Filled With Asphalt* )**

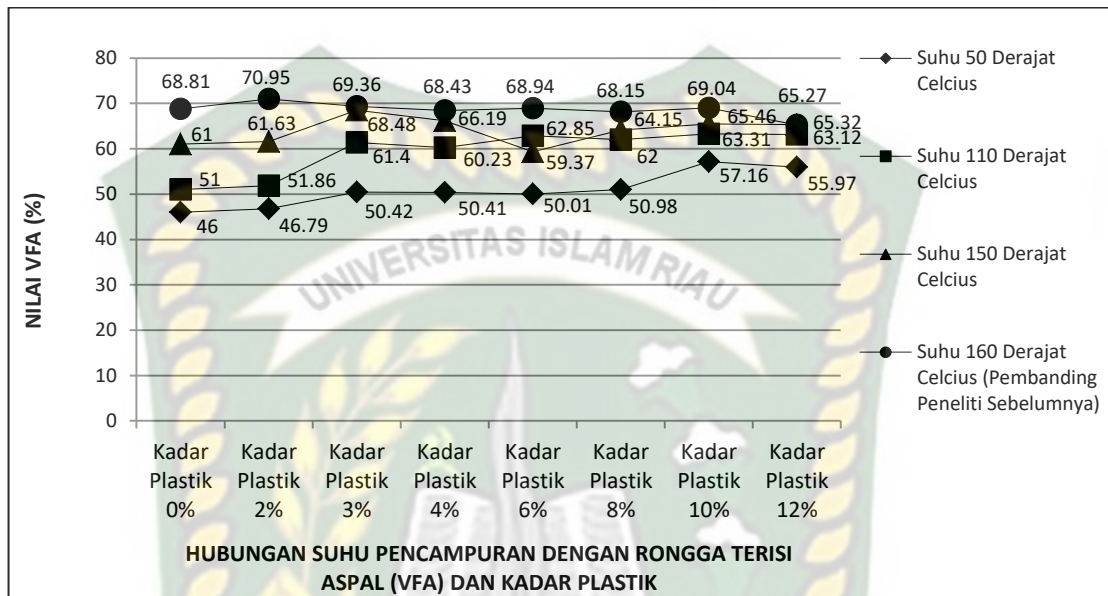
VFA (*Voids Filled With Asphalt*) adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat. Atau dengan kata lain VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi selimut aspal. Nilai VFA meningkat dengan bertambahnya suhu pemadatan, dikarenakan rongga agregat pada campuran lebih banyak terisi aspal sehingga pori antar agregat semakin rapat. VFA pada suhu pemadatan 110<sup>0</sup>C sampai 150<sup>0</sup>C, masih memenuhi syarat minimal 65%. Dapat dilihat pada Tabel 5.17.

**Tabel 5.17.** Hubungan Suhu Pencampuran Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) dan Kadar Plastik

Jenis Suhu Pencampuran Dengan VFA dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 50 <sup>0</sup> C	46	46.79	50.42	50.41	50.01	50.98	57.16	55.97
Suhu 110 <sup>0</sup> C	51	51.86	61.4	60.23	62.85	62	63.31	63.12
Suhu 150 <sup>0</sup> C	61	61.63	68.48	66.19	59.37	64.15	65.46	65.32

Dari Tabel 5.17 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* terhadap suhu pencampuran rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) akibat penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan Suhu 150<sup>0</sup> C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau terhadap nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) dengan suhu pencampuran penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan Suhu 150<sup>0</sup> C kadar 0% diperoleh sebesar 61,00% (tidak memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 61,63% (tidak memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 68,48% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 66,19% (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 59,37% (tidak memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 64,15% (tidak memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 65,46% (memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 65,32% (memenuhi), dimana syarat nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 65% . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.7 perihal

grafik hubungan nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.



**Gambar 5.9.** Uji Suhu Pencampuran Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) dan Kadar Plastik

Dari Gambar 5.7 dapat dilihat grafik suhu pencampuran rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) terhadap penambahan persentase kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan Suhu 150<sup>0</sup> C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Rongga terisi aspal adalah persen ruang diantara partikel agregat (VMA) yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat, dinyatakan dalam persen terhadap VMA (SNI, 1991).

Hasil pengujian dengan metode pencampuran cara basah diperoleh hasil fluktuatif terhadap setiap suhu pencampuran dan penambahan kadar plastik jenis LDPE terhadap rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*). Berdasarkan hasil

pengujian dengan suhu pencampuran dan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan Suhu 150<sup>0</sup> C kadar 3%, 4%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) memenuhi syarat sesuai dengan syarat rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 65%.

Sedangkan untuk suhu pencampuran pada penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup> C kadar 0%, 2%, 6% dan 8% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga dalam campuran (*Voids Filled With Asphalt*) sebesar 61,00%, 61,63%, 59,37%, 64,15%, (tidak memenuhi) dari nilai rongga dalam campuran (*Voids Filled With Asphalt*) yang disyaratkan. Sehingga kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 150<sup>0</sup> C kadar 0%, 2%, 6% dan 8% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 tidak bisa dipakai karena akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Sebagai pembandingan dari peneliti sebelumnya oleh Khairil (2021) pada suhu 160<sup>0</sup>C pencampuran dengan rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) pada setiap sampel yang diperoleh langsung dari hasil bacaan test *Marshall*. Dari hasil bacaan tersebut kemudian dikonversikan dengan faktor pengali alat sehingga diperoleh nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) riil dari sampel. Nilai akhir dari rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) untuk suhu 160<sup>0</sup>C berdasarkan bacaan *Marshall* dibuat dalam Tabel 5.18.

**Tabel 5.18.** Nilai Rongga Terisi Aspal (VFA) untuk setiap Kadar Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) suhu 160°C terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Jenis Suhu Pencampuran Dengan VFA dan Kadar Plastik	Persentase Penambahan Plastik (%)							
	Kadar Plastik 0%	Kadar Plastik 2%	Kadar Plastik 3%	Kadar Plastik 4%	Kadar Plastik 6%	Kadar Plastik 8%	Kadar Plastik 10%	Kadar Plastik 12%
Suhu 160 <sup>0</sup> C	68.81	70.95	69.36	68.43	68.94	68.15	69.04	65.27

Dari Tabel 5.18 dapat dilihat hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test* suhu pencampuran terhadap rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) akibat suhu pencampuran pada penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan suhu 160<sup>0</sup>C kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dari hasil pengujian *Marshall Test* yang ditinjau suhu pencampuran terhadap nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) dengan suhu pencampuran pada penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan suhu 160<sup>0</sup>C kadar 0% diperoleh sebesar 68,81% (memenuhi), kadar 2% diperoleh sebesar 70,95% (memenuhi), kadar 3% diperoleh sebesar 69,36% (memenuhi), kadar 4% diperoleh sebesar 68,43% (memenuhi), kadar 6% diperoleh sebesar 68,94% (memenuhi), kadar 8% diperoleh sebesar 68,15% (memenuhi), kadar 10% diperoleh sebesar 69,04% (memenuhi), dan kadar 12% diperoleh sebesar 65,27% (memenuhi), dimana syarat nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 65% . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.7 perihal grafik hubungan nilai rongga terisi aspal (*Voids Filled With Asphalt*) terhadap penambahan persentase kadar plastik LDPE.



Berdasarkan hasil pengujian dengan penambahan kadar plastik jenis LDPE dengan menggunakan kadar 0%, 2%, 3%, 4%, 6%, 8% dan 10% dan 12% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50 diperoleh nilai rongga terisi aspal (*void filled with bitumen, VFB*) memenuhi syarat sesuai dengan syarat rongga terisi aspal (*void filled with bitumen, VFB*), dimana menurut Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 65%.

### 5.9 Hasil perhitungan Gabungan Nilai Karakteristik *Marshall*

**Tabel 5.19.** Hasil Perhitungan Gabungan Nilai Karakteristik *Marshall* Pada suhu 150°C terhadap Spesifikasi Teknis 2018

Kadar Plastik	Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran LDPE dan Aspal Penetrasi 40/50 PG76					
	150 (°C)					
	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Kelelehan ( <i>Flow</i> )	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)
0%	6	16	61	2366	4	500.00
2%	6.37	16.61	61.63	2393.6	4.1	579.10
3%	4.79	15.2	68.48	2867.2	3.6	789.10
4%	5.29	15.64	66.19	2688	3	896.00
6%	6.96	17.13	59.37	1952	3.2	610.00
8%	5.76	16.06	64.15	2668.8	2.9	909.80
10%	5.45	15.79	65.46	2208	3.5	636.90
12%	5.48	15.81	65.32	1843.2	3.2	582.10

SPESIFIKASI 2018						
	Rongga dalam campuran batas min.3 % batas max.5 %	Rongga dalam Agregat (VMA) (%) Min. 15	Rongga Terisi Aspal (%) Min. 65	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg) Min. 1000	Kelelehan (mm) Min 2 - Max.4	<i>Marshall Quotient (MQ)</i> Kg/mm Min. 250 Kg/mm

Hasil uji *Marshall* yang didapatkan setelah dilakukan percobaan penambahan plastik jenis LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) kantong plastik pada suhu 150°C dengan kadar 2 %, 3 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 % dan 12 % dengan material agregat yang berasal dari Kampar dengan memakai Lapis Aspal Beton Ac-Wc jenis aspal *polymer* modifikasi penetrasi 40/50 type PG 76 menunjukkan bahwa kadar penambahan plastik yang ideal dan memenuhi semua ketentuan yang tercantum didalam spesifikasi teknis Kementerian PUPR 2018 adalah suhu 150°C dengan kadar 3% penambahan plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) karena nilai stabilitas 2867.2 kg paling tinggi dari semua kadar plastik.

#### 5.10 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Sari (2014) “Karakteristik Campuran Beton Aspal Ac-Bc Pada Variasi Suhu Pencampuran Menggunakan Plastik PVC Sebesar 1,5% dan 2% Sebagai Substitusi Aspal” Dari kedua suhu pencampuran antara suhu normal 145°C dan suhu maksimum 160°C terjadi penurunan nilai pada substitusi 2% plastik PVC terhadap nilai Stabilitas, MQ, Density, VFB yaitu 2%, 5%, 0,9%, 5,2%, dan mengalami peningkatan pada Flow, VIM, VMA yaitu sebesar 2,4%, 7,4%, 4,4%.

Penurunan dan peningkatan nilai karakteristik *Marshall* terjadi karena adanya perlakuan yang berbeda terhadap suhu pencampuran, yaitu pada saat normal dan pada saat maksimum.

Penelitian yang dilakukan oleh Stevanus (2015) “*Pengaruh Variasi Temperatur Pencampuran Aspal Beton*” Variasi suhu saat proses pencampuran, yaitu 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C, 190 °C dengan variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum 5.5%, 6%, 6.5%, 7%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu pencampuran pada aspal beton berpengaruh terhadap kekuatan benda uji yang telah diuji dengan Marshall test. Bisa terlihat jelas pada nilai VFWA, VITM, Stabilitas, dan QM yang cenderung mempunyai nilai yang selisihnya jauh sehingga menghasilkan grafik yang cenderung meningkat dan menurun terlihat jelas. Suhu ideal pada proses pencampuran aspal beton didapat pada suhu antara 150°C - 170°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Tria, dkk (2015) “*Pengaruh Variasi Temperatur Pencampuran Aspal Panas Menggunakan Anti Stripping Agent Terhadap Karakteristik Marshall*” Variasi temperatur pencampuran yang digunakan yaitu 140°C, 150°C, 160°C, 170°C dan 180°. Seiring meningkatnya temperatur yang digunakan nilai density, nilai stabilitas, dan nilai VFB meningkat, namun nilai VIM dan nilai VMA menurun, sedangkan nilai Flow terlihat tidak signifikan. Begitu pula seiring dengan meningkatnya temperatur maka nilai *Retained Stability* terus meningkat hingga temperatur 170°C, namun nilai *Retained Stability* ini menurun pada temperatur 180°C.

Penggunaan kedua jenis *anti stripping agent* dengan kadar 0.3% dan 0.4% memberikan nilai *Retained Stability* maksimum pada temperatur 170°C.

Dengan perbandingan penelitian terdahulu, dari hasil pengujian diperoleh kondisi ideal penambahan kadar plastik jenis LDPE menggunakan kadar 3% dengan aspal keras PG 76 pen 40/50. Dimana dari hasil penelitian diperoleh :

1. Nilai Stabilitas diperoleh sebesar 2867.2 Kg (memenuhi) dimana syarat Nilai Stabilitas Untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 1.000 Kg.
2. Nilai Kelelehan (*Flow*) diperoleh sebesar 3,6 mm (memenuhi) dimana syarat Nilai Kelelehan (*Flow*) Untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 2 mm dan maksimal 4 mm.
3. Nilai Rongga Dalam Agregat (*Void In Mineral Agregate*) diperoleh 15,2% (memenuhi) dimana syarat Nilai Nilai rongga dalam agregat (*Void in Mineral Agregate*) Untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 15%.
4. Nilai Rongga Dalam Campuran (*Void In The Mix*) diperoleh 4,79% (memenuhi) dimana syarat nilai rongga dalam campuran (*Void In The Mix*) Untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 3% dan maksimal 5%.
5. Nilai Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Asphalt* ) diperoleh 68,48% (memenuhi) dimana syarat nilai rongga terisi aspal (*void filled with bitumen*,

VFB) Untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 65%.

6. Nilai *Marshall Question* (MQ) diperoleh 789.10 kg/mm (memenuhi) dimana syarat nilai *Marshall Question* (MQ) untuk Aspal Keras PG 76 sesuai Spesifikasi Teknis 2018 adalah minimal 250 kg/mm.

Sehingga dari hasil penelitian pemanfaatan limbah plastik LDPE dengan penambahan kadar 3% sebagai bahan tambah dalam campuran lapisan AC-WC yang menggunakan aspal keras PG 76 pen 40/50 guna peningkatan nilai stabilitas dari aspal konvensional, dapat mengurangi limbah plastik jenis LDPE terhadap masalah lingkungan.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan menggunakan alat *Marshall Test*, disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai Stabilitas pada campuran aspal modifikasi maupun aspal murni cenderung meningkat dengan bertambahnya suhu pemadatan. Sedangkan Nilai *Flow* (kelelehan) pada aspal modifikasi maupun aspal murni menurun dengan bertambahnya suhu pemadatan.
2. Hasil pengujian *Marshall* didapat suhu optimum untuk campuran beraspal menggunakan aspal modifikasi *Shell Cariphalte PG 76 Pen 40/50* didapat nilai suhu optimum sebesar 150°C dengan kadar 3% dengan Stabilitas *Marshall* 2867.2 Kg, Kelelehan (*Flow*) 3.6 mm, *Marshall Quotient* (MQ) 789.1 Kg/mm, *Void In Mineral Aggregate* (VMA) 15.20%, *Void In The Mix* (VIM) 4.79%, *Void Filled With Asphalt* (VFA) 68.48% yang memenuhi syarat Bina Marga 2018.
3. Limbah Plastik *Polyethylene* jenis LDPE bisa dimanfaatkan dalam Pelaksanaan pekerjaan Lapis Laston Lapis Aus (AC-WC).

## 6.2 Saran

Secara keseluruhan, Karakteristik *Marshall* yang diperoleh dari percobaan penambahan plastik *Polyethylene* jenis LDPE dapat disimpulkan :

1. Sebelum pelaksanaan pekerjaan pembangunan jalan harus dilakukan *trial mixing plant* untuk menentukan kadar dan suhu optimum pemadatan di lapangan, khususnya untuk campuran beraspal yang menggunakan aspal modifikasi.
2. Untuk Suhu pencampuran dan pemadatan 50<sup>0</sup>C tidak memenuhi persyaratan karena di suhu tersebut terdapat rongga dan mudah retak saat pengujian *Marshall Test*, pada suhu 110<sup>0</sup>C juga memiliki rongga tidak sebanyak suhu 50<sup>0</sup>C dan memiliki retak sedikit dibandingkan suhu 50<sup>0</sup>C, sedangkan pada pengujian *Marshall Test* suhu 150<sup>0</sup>C tidak memiliki rongga dan tidak memiliki keretakan, sehingga pada suhu pencampuran dan pemadatan 150<sup>0</sup>C memenuhi persyaratan.