

**SKRIPSI**

**KAJIAN PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA  
CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK  
MARSHALL**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi

Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



**DISUSUN OLEH :**

**WAROATUL HIKMAYANI**

**418110033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**2022**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

KAJIAN PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA  
CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK  
MARSHALL

Disusun oleh:

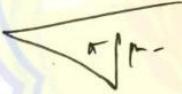
WAROATUL HIKMAYANI

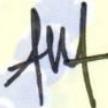
418110033

Mataram, 06 Juli 2022

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Titik Wahyuningsih, ST., MT.  
NIDN. 0819097401

  
Anwar Efendy, ST., MT.  
NIDN. 0811079502

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Mewakili Wakil Dekan I  
Dekan,

  
Fariz Rismadi Hirsan, ST., MT.  
NIDN. 0804118003

  
Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.

NIDN.0824017501 

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

KAJIAN PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA  
CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK  
MARSHALL

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : WAROATUL HIKMAYANI

NIM : 418110033

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari, Selasa, 19 Juli 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Titik Wahyuningsih, ST., MT.

Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT.

Penguji III : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.

NIDN : 0824017501

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

### **“KAJIAN PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI *MARSHALL*”**

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dari sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 06 Juli 2022

Yang Membuat Pernyataan



**Waroatul Hikmayani**  
**418110033**



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

**SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Waroatul Hikmayani  
NIM : 418110033  
Tempat/Tgl Lahir : Bagék Longgek, 06-09-1999  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp : 085 339 026566  
Email : Mayahikmayani060999@gmail.com.

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis\* saya yang berjudul :

Fajian Penambahan Serbuk Limbah Plastik pada Campuran Aspal panas  
Terhadap Nilai Karakteristik Marshall.

***Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 49%***

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis\* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 30..Agustus.....2022

Penulis



Waroatul Hikmayani  
NIM. 418110033

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A. *pt*  
NIDN. 0802048904

\*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Waroatul Hikmayani  
NIM : 418110033  
Tempat/Tgl Lahir : Bagek Longgek, 06-09-1999  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 085339026566 / mayahikmayani060999@gmail.com  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

Kajian Penambahan Serbuk Limbah Plastik pada Campuran Aspal Panas Terhadap Nilai Karakteristik Marshall.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 30 Agustus 2022

Penulis



Waroatul Hikmayani  
NIM. 418110033

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.  
NIDN. 0802048904

## MOTTO

*“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”*

*(Qs. Al-Baqarah : 153)*

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”*

*(Qs. Al-Insyirah : 6-7)*

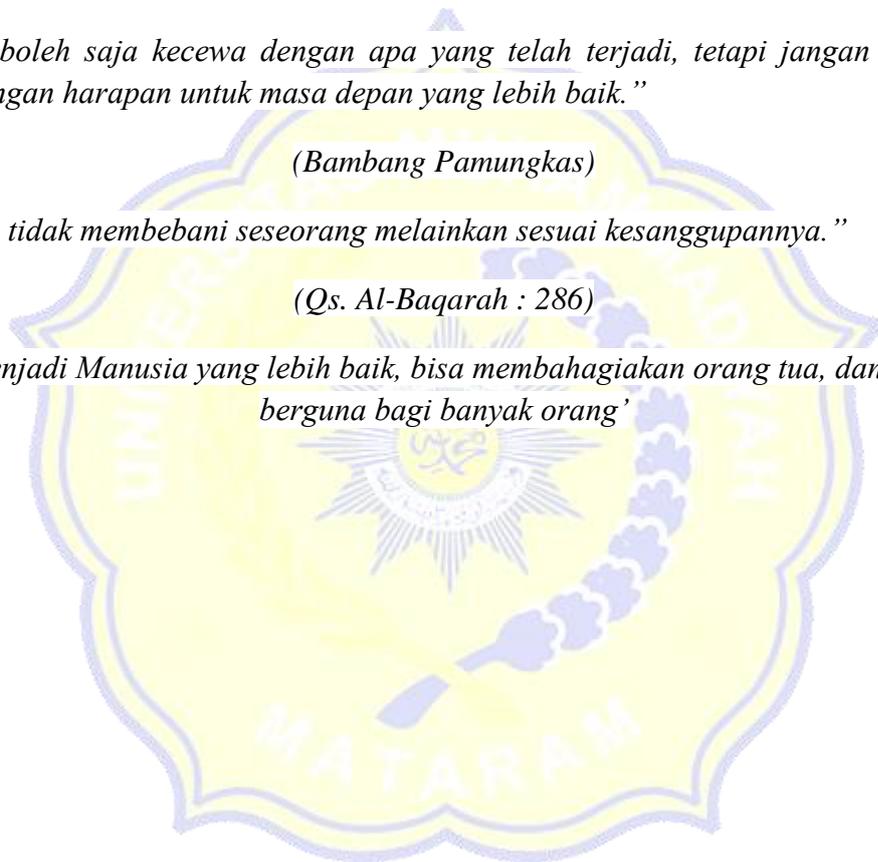
*“Kita boleh saja kecewa dengan apa yang telah terjadi, tetapi jangan pernah kehilangan harapan untuk masa depan yang lebih baik.”*

*(Bambang Pamungkas)*

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”*

*(Qs. Al-Baqarah : 286)*

*“Menjadi Manusia yang lebih baik, bisa membahagiakan orang tua, dan bisa berguna bagi banyak orang”*



## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak yang ikut serta dalam proses penyusunan skripsi. Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih terutama kepada:

1. Allah SWT karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan dan Kesehatan bagi peneliti dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua saya tercinta Ibu Rohainiah dan Bapak Waheluddin (Alm) dan keluarga saya yang selama ini telah banyak berjuang demi masa depan saya, memberi dukungan, perhatian, kasih sayang, dan do'a yang tidak henti-hentinya selama masa perkuliahan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Anwar Efendy, ST., MT., selaku dosen pembimbing pendamping.
5. Bapak Dr. Eng. Islamy Rusyda, ST., M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
6. Ibu Agustini Ernawati, ST., M.Tech., selaku Ketua Program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Petugas Laboratorium Pengujian Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Provinsi NTB.
8. Penerus Bangsa, Ilham Jayadi, Teman-teman Jurusan Teknik Sipil kelas A, dan rekan-rekan mahasiswa keluarga besar Teknik sipil khususnya Angkatan 2018 yang tidak biasa saya sebutkan namanya satu per satu, terima kasih semoga kita semua sukses dikemudian hari, Aamiin.
9. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan yang memberikann motivasi, semangat, bantuan dan dukungannya sampai dengan selesai Tugas Akhir ini, terima kasih. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas ridhanya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi (Tugas Akhir) ini. Adapun judul skripsi yang penyusun ajukan adalah **“Kajian Penambahan Serbuk Limbah Plastik Pada Campuran Aspal Panas Terhadap Nilai Karakteristik *Marshall*”**.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I (S1) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan dan rasa terimakasih kepada :

1. Dr. H. Arsyad Abd Gani., M.Pd selaku Rektor Ummat.
2. Dr. Eng M. Islamy Rusyda, ST., MT selaku Dekan FT Ummat.
3. Agustini Ernawati, ST., M. Tech selaku Kaprodi Teknik Sipil FT Ummat.
4. Titik Wahyuningsih, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I
5. Anwar Efendy, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II
6. Segenap Dosen Fakultas Teknik yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama kuliah dan seluruh staf yang selalu sabar melayani segala administrasi selama proses penelitian ini.
7. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu. Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah SWT.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Mataram, 06 Juli 2022

Waroatul Hikmayani

418110033

## ABSTRAK

Jalan raya merupakan fasilitas transportasi darat yang berperan penting dalam menunjang aktivitas manusia serta mencakup semua bagian jalan, termasuk bagian pelengkap yang dipergunakan bagi transportasi. Kerusakan jalan disebabkan oleh kendaraan berat yang melintas secara berlebihan, yang mengakibatkan regangan dan tegangan pada berbagai lapisan permukaan jalan. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas campuran aspal adalah dengan penambahan plastik. Penambahan serbuk limbah plastik dalam campuran aspal dimaksudkan untuk mengurangi sampah plastik dan meningkatkan mutu aspal yang memiliki daya layan yang lebih lama dibandingkan aspal tanpa penambahan serbuk limbah plastik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk limbah plastik pada campuran Lapis Aspal Beton AC-WC yang merupakan salah satu bagian dari lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis aus yang berhubungan langsung dengan aktivitas lalu lintas. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat. Variasi penambahan serbuk limbah plastik yang digunakan pada penelitian ini adalah 1%, 3%, 5%, dan 7%.

Dari hasil pengujian *Marshall* didapatkan Nilai stabilitas optimum pada variasi penambahan serbuk limbah plastik 1%, sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi penambahan serbuk limbah plastik 3%. Nilai kelelahan (*flow*) semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penambahan serbuk limbah plastik. Nilai *Marshall Quotient* optimum pada penambahan 1% sebesar 512 Kg/mm, sedangkan nilai minimum terdapat pada penambahan 5% sebesar 366 Kg/mm. Nilai VMA semakin menurun pada setiap penambahan serbuk limbah plastik. Nilai VIM tertinggi terdapat pada penambahan 1% sebesar 7,24 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada penambahan 7% sebesar 5,61 %. Nilai VFA tertinggi terdapat pada penambahan 7% sebesar 70,18 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada penambahan 1% sebesar 65,05%.

**Kata Kunci** : Jalan, serbuk limbah plastik, AC-WC, *Marshall*

## ABSTRACT

The highway is a land transportation facility that includes all portions of the road, including the auxiliary portions used for transportation, and supports several human activities. Excessive passage by heavy trucks damages the road because it puts pressure and stress on the different layers of the road surface. Plastic can be added to the asphalt mixture to improve its quality. In order to eliminate plastic waste and improve the quality of asphalt, which has a longer service life than asphalt without the inclusion of plastic waste powder, it is intended to add plastic waste powder to the asphalt mixture.

The goal of this study is to ascertain the impact of incorporating plastic waste powder into the AC-WC Asphalt Concrete Mixture, which is a component of the pavement layer that serves as a wear layer directly related to traffic activities. This experiment was conducted in the West Nusa Tenggara Province's Department of Public Works and Spatial Planning lab. Variations in the amount of plastic waste powder added were 1%, 3%, 5%, and 7% in this investigation.

According to the results of the Marshall test, the variation involving the addition of 1% plastic waste powder had the highest stability value, while the variation including the addition of 3% plastic waste powder had the lowest value. With each further addition of plastic waste powder, the value of the melt (flow) rises. The Marshall Quotient has a maximum value of 512 Kg/mm at 1% addition, and a minimum value of 366 Kg/mm at 5% addition. With each addition of plastic waste powder, the VMA value drops. The addition of 1% of 7.24% yields the greatest VIM value, while adding 7% of 5.61% yields the lowest value. The addition of 7% to 70.18% yields the highest VFA value, while adding 1% to 65.05% yields the lowest value.

**Keywords:** *Road, Plastic Waste Powder, AC-WC, Marshall*

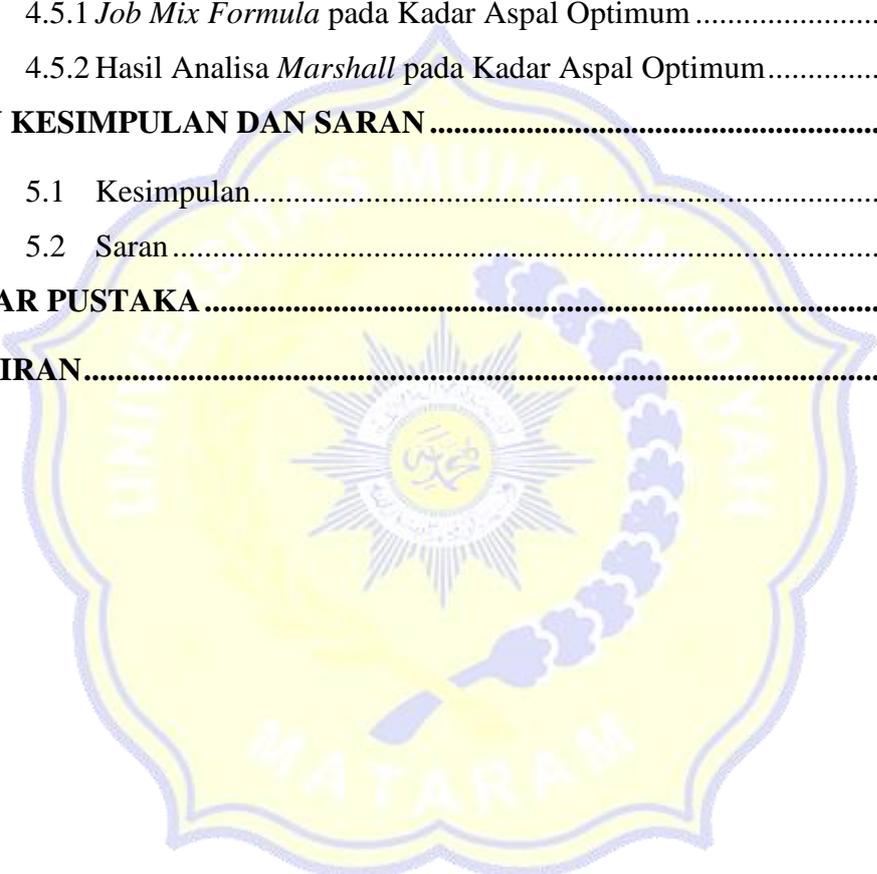


## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>UCAPAN TERIMA KASIH .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Konstruksi Jalan Raya .....	6
2.2 Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ) .....	6

2.3	Aspal.....	8
2.3.1	Pengertian Aspal.....	8
2.3.2	Kandungan Aspal .....	8
2.3.3	Jenis Aspal.....	9
2.3.4	Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan.....	10
2.3.5	Campuran Aspal Panas ( <i>Asphalt Hot Mix</i> ).....	10
2.4	Agregat .....	11
2.5	<i>Filler</i> .....	16
2.6	Semen <i>Portland</i> .....	16
2.7	Limbah Plastik.....	17
2.8	Perhitungan Kadar Aspal Rencana.....	18
2.9	Pengujian Volumetrik Campuran.....	19
2.10	Pengujian <i>Marshall</i> (Karakteristik sifat-sifat <i>Marshall</i> ).....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>26</b>
3.1	Lokasi dan Metode Penelitian .....	26
3.2	Teknik Pengumpulan Data .....	26
3.3	Peralatan .....	27
3.4	Bahan.....	33
3.5	Benda Uji.....	34
3.6	Prosedur Pelaksanaan .....	35
3.6.1	Tahap Persiapan.....	35
3.6.2	Pembuatan Benda Uji .....	35
3.6.3	<i>Volumetrik Test</i> .....	37
3.6.4	<i>Marshall Test</i> .....	37
3.7	Tahap Penelitian .....	38
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Umum .....	40
4.2	Pengujian Material.....	40
4.2.1	Hasil Analisa Pembagian Butiran.....	40
4.2.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	42

4.2.3 Data Pengujian Aspal .....	46
4.3 Penentuan Gradasi Agregat .....	46
4.4 Perhitungan Campuran Dan Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> .....	48
4.4.1 Kadar Aspal Rencana .....	48
4.4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum (GMM) .....	56
4.5 Analisa <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum .....	59
4.5.1 <i>Job Mix Formula</i> pada Kadar Aspal Optimum .....	59
4.5.2 Hasil Analisa <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum.....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>71</b>



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Minyak 60/70.....	10
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar.....	12
Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus.....	13
Tabel 2.4 Spesifikasi pemeriksaan agregat.....	13
Tabel 2.5 Gradasi agregat untuk campuran <i>Asphalt Concrete</i> (AC).....	14
Tabel 2.6 Ketentuan <i>Filler</i> .....	16
Tabel 2.7 Komposisi <i>Semen Portland</i> .....	17
Tabel 2.8 Rasio koreksi stabilitas pada laston.....	22
Tabel 3.1 Kebutuhan Benda Uji <i>Marshall Test</i> .....	35
Tabel 4.1 Analisa saringan pembagian butiran fraksi agregat (<3/4").....	41
Tabel 4.2 Analisa saringan pembagian butiran fraksi agregat (<3/8").....	41
Tabel 4.3 Analisa saringan pembagian butiran abu batu (#200).....	42
Tabel 4.4 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat fraksi agregat (<3/4) .....	44
Tabel 4.5 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat fraksi agregat (<3/8) .....	44
Tabel 4.6 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat abu batu (#200).....	45
Tabel 4.7 Karakteristik aspal penetrasi 60/70.....	46
Tabel 4.8 Persentase Agregat Campuran.....	47
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Marshall.....	49
Tabel 4.10 Perkiraan awal pemakaian Kadar Aspal Optimum serbuk limbah plastik 1%.....	52
Tabel 4.11 Perkiraan awal pemakaian Kadar Aspal Optimum serbuk limbah plastik 3%.....	53
Tabel 4.12 Perkiraan awal pemakaian Kadar Aspal Optimum serbuk limbah plastik 5%.....	54
Tabel 4.13 Perkiraan awal pemakaian Kadar Aspal Optimum serbuk limbah plastik 7%.....	55

Tabel 4.14 Hasil Pengujian GMM limbah plastik 1% .....	57
Tabel 4.15 Hasil Pengujian GMM limbah plastik 3% .....	57
Tabel 4.16 Hasil Pengujian GMM limbah plastik 5% .....	58
Tabel 4.17 Hasil Pengujian GMM limbah plastik 7% .....	58
Tabel 4.18 Komposisi Material Pada KAO 6,1% limbah plastik 1 % .....	59
Tabel 4.19 Komposisi Material Pada KAO 6,1% limbah plastik 3 % .....	59
Tabel 4.20 Komposisi Material Pada KAO 6,1% limbah plastik 5 % .....	60
Tabel 4.21 Komposisi Material Pada KAO 6,1% limbah plastik 7 % .....	60
Tabel 4.22 Hasil Pengujian VMA ( <i>Void in Mineral Aggregate</i> )/Rongga Dalam Mineral Agregat.....	61
Tabel 4.23 Hasil Pengujian VFA ( <i>Void Filled by Asphalt</i> )/Rongga terisi aspal .	62
Tabel 4.24 Hasil Pengujian VIM ( <i>Void in Mix</i> )/Rongga dalam campuran .....	63
Tabel 4.25 Hasil Pengujian Stabilitas .....	63
Tabel 4.26 Hasil Pengujian MQ ( <i>Marshall Quotient</i> ) .....	64
Tabel 4.27 Hasil Pengujian Kelelehan Plastis ( <i>Flow</i> ) .....	65
Tabel 4.28 Rekapitan Hasil Parameter Marshall dan sifat Volumetrik .....	65



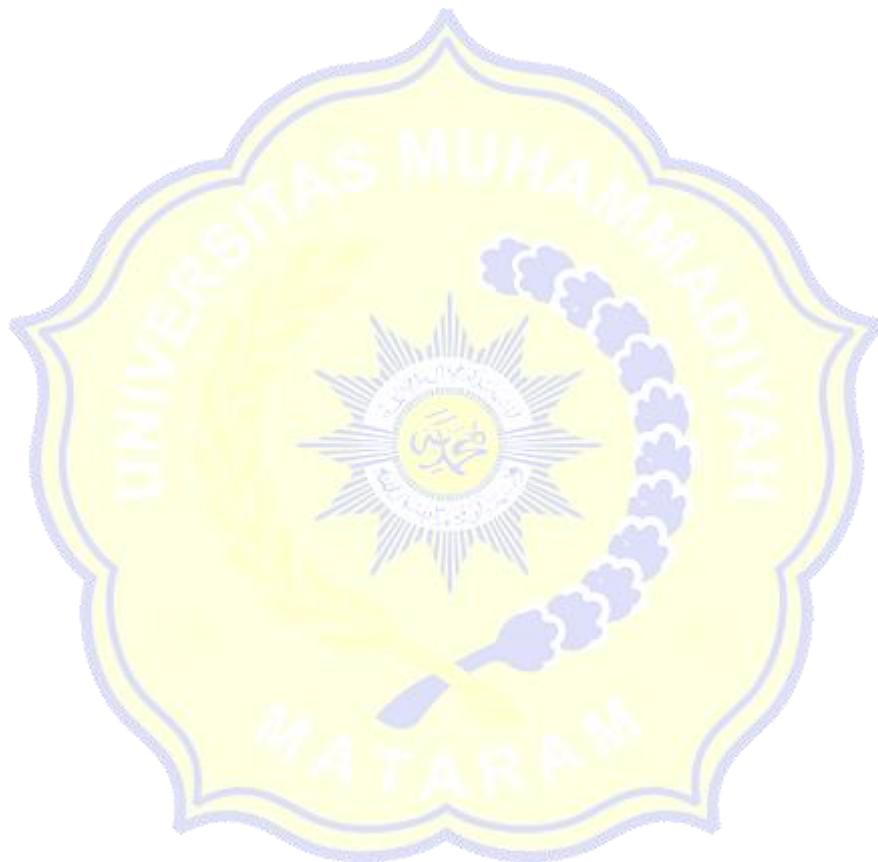
## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur .....	7
Gambar 2.2 Kandungan Aspal.....	9
Gambar 3.1 Saringan Standar ASTM.....	27
Gambar 3.2 Alat pengujian <i>volumetrik</i> .....	27
Gambar 3.3 Oven atau pemanas agregat .....	28
Gambar 3.4 Timbangan Digital .....	28
Gambar 3.5 Termometer.....	29
Gambar 3.6 Satu set cetakan ( <i>mould</i> ).....	29
Gambar 3.7 Alat Penumbuk .....	30
Gambar 3.8 Dongkrak Hidraulis.....	30
Gambar 3.9 <i>Water Bath</i> .....	31
Gambar 3.10 Satu Set Alat <i>Marshall</i> .....	32
Gambar 3.11 Panci.....	32
Gambar 3.12 Wajan, spatula, dan kompor gas .....	33
Gambar 3.13 Sarung tangan .....	33
Gambar 3.14 Serbuk limbah plastik .....	34
Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian .....	39
Gambar 4.1. Agregat yang digunakan dalam penelitian .....	43
Gambar 4.2 Grafik Persentase Agregat Campuran.....	47
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian VMA ( <i>Void in Mineral Aggregate</i> )/Rongga Dalam Mineral Agregat. ....	49
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian VFA ( <i>Void Filled by Asphalt</i> )/Rongga Terisi Aspal. ....	50
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian VIM ( <i>Void in The Mix</i> )/Rongga dalam campuran.....	50
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Stabilitas Marshall .....	51
Gambar 4.7 Grafik Perhitungan Kadar Aspal Optimum .....	51

## DAFTAR NOTASI

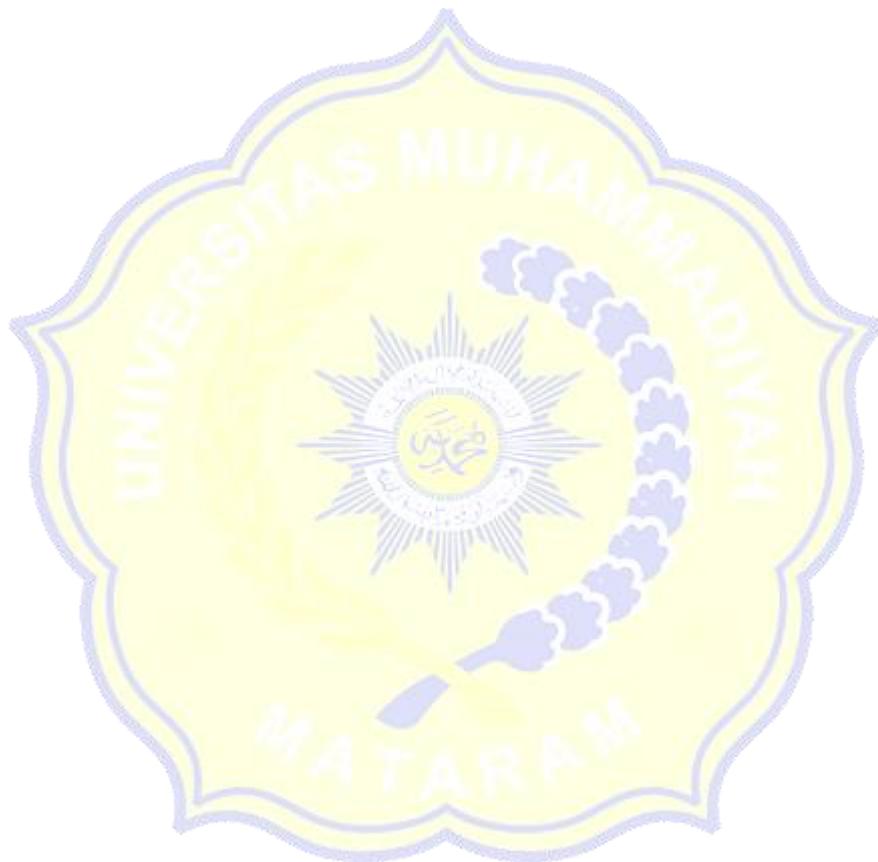
<i>A</i>	:	Berat benda contoh uji kering oven (gr)
Abu batu (200)	:	Abu batu yang digunakan pada agregat halus adalah abu batu yang tertahan saringan No.200
<i>APP</i>	:	Berat jenis gabungan
<i>APPT</i>	:	Berat jenis semu
<i>B</i>	:	Berat benda uji kering permukaan (gr)
<i>C</i>	:	Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)
<i>Bk</i>	:	Berat uji kering (gr)
<i>B</i>	:	Berat piknometer + berat air (gr)
<i>Bt</i>	:	Berat piknometer + benda uji + berat air (gr)
<i>Bulk</i>	:	Berat jenis
<i>CA</i>	:	Persen agregat lolos saringan No.8
<i>E</i>	:	Berat benda uji sebelum direndam (gr)
<i>F</i>	:	Berat benda uji jenuh air (gr)
<i>FA</i>	:	Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200
<i>FF</i>	:	Bahan pengisi ( <i>filler</i> )
<i>G</i>	:	Isi benda uji (ml)
<i>I</i>	:	Berat isi benda uji (gr/ml)
<i>J</i>	:	Berat jenis Campuran maksimal
<i>K</i>	:	Konstanta, yaitu 0,5-1,0 untuk Laston dan 2,0-3,0 untuk Lataston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0-2,5
<i>Gmb</i>	:	Berat jenis campuran padat (AASHTO T-166)
<i>Gsb</i>	:	Berat jenis curah agregat
<i>Gmm</i>	:	Berat jenis campuran maksimum
<i>MQ</i>	:	Nilai <i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
<i>Pb</i>	:	Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran
<i>Ps</i>	:	Persen agregat terhadap berat total campuran
<i>R</i>	:	Nilai pembacaan arloji stabilitas

- S : Nilai stabilitas terpendang (kg)  
SSD : Berat jenis kering permukaan  
T : Nilai kelelehan *flow* (mm)  
U : Berat jenis *Bulk* gabungan  
V : Berat jenis efektif



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Lembar Asistensi.....	71
Lampiran 2 : Surat – surat skripsi.....	76
Lampiran 3 : Hasil penelitian .....	79
Lampiran 4 : Dokumentasi penelitian.....	84



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan fasilitas transportasi darat yang berperan penting dalam menunjang aktivitas manusia serta mencakup semua bagian jalan, termasuk bagian pelengkap yang dipergunakan bagi transportasi. Adapun jalan adalah bentuk transportasi darat terpenting yang menghubungkan berbagai macam lokasi dan wilayah seperti industri, pemukiman, lahan pertanian, dan lain-lain, serta sebagai fasilitas distribusi barang dan jasa guna mendukung perekonomian rakyat. Pertumbuhan ekonomi yang pesat serta semakin berkembangnya mobilitas orang dan barang, maka diperlukan fasilitas jalan dengan kualitas dan tingkat perkerasan yang baik.

Kerusakan jalan berupa retak leleh dan retak deformasi merupakan persoalan yang berulang di Indonesia, terutama pada jalan yang lalu lintasnya padat. Kerusakan jalan disebabkan oleh kendaraan berat yang melintas secara berlebihan, yang mengakibatkan regangan dan tegangan pada berbagai lapisan permukaan jalan. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas campuran aspal adalah dengan penambahan plastik. Sumanilaga (2017) percaya bahwa teknologi campuran aspal yang menggunakan limbah plastik sebagai campuran aspal memiliki kinerja anti-deformasi dan anti-*fatigue* yang lebih baik, dan kendaraan tidak mudah tergelincir, berubah bentuk atau deformasi serta tidak mudah retak dalam kondisi basah atau kering. Dalam penelitian Wiyono, dkk (2020), penambahan 25% kadar limbah plastik pada campuran aspal porus bisa menaikkan nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall quotient*. Untuk lalu lintas sedang pada beton aspal tanpa pasir dengan penambahan limbah plastik, memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (2004).

Berdasarkan Admin DLH (2018) oleh Susilowati (2021), sampah plastik adalah pencemaran lingkungan, permasalahan lingkungan yang membutuhkan waktu terurai secara alami. Adapun cara untuk mengurangi sampah plastik adalah dengan cara dibakar atau bisa juga dilakukan dengan pengolahan kembali sampah plastik (*recycle*), menggunakan sampah plastik yang suda dolah (*reuse*),

pengurangan penggunaan plastik (*reduce*), sampah plastik yang tidak terpakai dapat dijadikan sebagai tambahan pada aspal panas.

Indonesia mempunyai potensi pariwisata yang sangat besar. Nusa Tenggara Barat (NTB), merupakan salah satu destinasi wisata terpopuler di Indonesia, juga memiliki Kawasan Ekonomi Khusus, mengalami pertumbuhan pengunjung yang signifikan dalam satu dekade terakhir. Menurut Badan Pusat Statistik NTB (BPS NTB, 2019), total wisatawan yang berkunjung ke NTB pada tahun 2009 sebanyak 619.370 orang. Jumlah ini naik secara fantastis, hingga hampir 5x lipat dalam kurun waktu 7 tahun, yaitu dengan jumlah pengunjung sebanyak 3.094.437 orang di tahun 2016. Memiliki potensi pariwisata yang besar, NTB ke depannya dapat menghadapi tantangan untuk bisa mengelola sampah dari pariwisata dengan lebih baik.

Di tahun 2018, provinsi NTB menghasilkan lebih dari 630 ton sampah per harinya. Tahun lalu, kota Mataram sebagai ibukota provinsi, sempat mengalami permasalahan sampah, dimana banyak timbunan sampah menggunung dan berserakan di tempat umum (Suara NTB, 2018). Salah satu penyebabnya adalah karena minimnya anggaran pemerintah dalam penanganan sampah. Praktek pengolahan sampah saat ini pun masih sangat konvensional dan prosesnya tidak terintegrasi satu sama lain. Dengan meningkatnya pariwisata dan kegiatan ekonomi NTB, permasalahan selanjutnya adalah pengelolaan sampah untuk segera ditangani.

Pemerintah Provinsi NTB menyampaikan tentang Industrialisasi. Dalam mengurangi masalah sampah, salah satu program unggulan NTB Gemilang perihal Zero Waste. Sekarang hadir mesin penghasil bahan bakar yang ramah lingkungan menggunakan sistem *Pirolisis* pada STIP Banyuwilek, yang diresmikan oleh Wakil Gubernur Dr. Ir. Hj. Sitti Rohmi Djalilah, M.Pd, sabtu (29/5/2021) Gedung *Science dan Technology Industrial Park* Lombok NTB. Sebuah mesin berkapasitas 2 ton dapat mengolah 1 ton sampah plastik menjadi 400-500 liter solar sehari. Mesin dapat beroperasi selama 8 jam menggunakan energi PLN. Dengan adanya mesin pengolah sampah ramah lingkungan ini, semua bahan baku yang dibutuhkan berasal dari plastik. Yaitu kantong kresek,

kemasan plastik untuk manisan dan snack, *steoroform*, sandal bekas, ban bekas, dan aneka karet. Sedangkan jenis plastik PET (*Polyethylene terephthalate*) dan PVC (*Polyvinyl Chloride*) tidak dimasukkan pada mesin, seperti botol air, pipa atau selang. Proses didalam mesin pirolisis dapat menghasilkan cairan serta gas, yang nantinya cairan ini akan diolah kembali untuk memisahkan air serta minyak dalam bentuk solar. Sisa dari pengolahan plastik bisa dijadikan sebagai bahan baku aspal dan ban. Gas yang tersisa pada tangki filtrasi disaring menggunakan keramik, sehingga udara dari proses ini bersih bebas polusi.

Aspal campuran panas (*Hotmix*) merupakan campuran agregat halus dan agregat kasar, pengisi (*filler*) dan pengikat aspal pada suhu tinggi. Komposisi bahan yang digunakan telat diteliti dan diatur dalam spesifikasi teknis. *Filler* yang digunakan harus kering, bebas dari gumpalan dan lolos saringan berdiameter 75 mikron/lolos saringan No.200 sesuai dengan persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi 1. Berdasarkan peraturan tersebut, dalam aplikasi lapangan, bahan pengisi yang digunakan kebanyakan adalah semen karena mudah untuk didapatkan. Semen juga mengandung 60-65% kapur tohor, 20-24% silika dan 4-8% alumina. Kandungan bahan-bahan tersebut mempengaruhi stabilitas dan viskositas campuran aspal. Tetapi tidak menutup kemungkinan menggunakan pengisi lainnya, selama kondisi yang diperlukan terpenuhi.

Konsep pengujian *Marshall* dikembangkan oleh *Pavement Engineer Bruce Marshall* dari *Mississippi Highways* Pada tahun 1948, perusahaan teknik Amerika meningkatkan mekanisme pengujiannya dan menambahkan beberapa standar, terutama standar *desain hybrid*. Sejak itu, tes ini telah digunakan secara luas oleh berbagai organisasi dan pemerintah di banyak negara, dengan beberapa modifikasi pada prosedur atau interpretasi hasil.

Dua parameter penting yang ditentukan oleh pengujian ini ialah beban maksimum, atau stabilitas *Marshall*, yang dapat ditahan oleh sampel briket sebelum dihancurkan, dan jumlah kumulatif deformasi sampel briket sebelum dihancurkan, yang dikenal sebagai *Marshall flow*. Turunan dari keduanya adalah perbandingan kestabilan *Marshall* dan *Marshall flow* yang dikenal dengan

*Marshall quotient*, yaitu nilai kekakuan berkembang (*pseudostiffness*) yang menunjukkan ketahanan suatu campuran terhadap deformasi permanen. Parameter lain yang digunakan pada metode *Marshall* adalah analisis *Void* yaitu *Density*, *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled Asphalt* (VFA) yang dilakukan pada kondisi standard (2 x 75) tumbukan.

Benda uji *Marshall* yang digunakan ialah menambahkan bahan aditif variasi serbuk limbah plastik 1%; 3%; 5%; dan 7%;. Dalam uji coba *Marshall* menggunakan metode campuran aspal dengan alat *Marshall*, yaitu dengan alat pemadat, alat ekstruder untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan. Pada setiap variasi menggunakan tiga benda uji sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 12 buah serta dipadatkan sebanyak 2 x 75 tumbukan.

Pada penelitian ini diharapkan mampu membuat campuran yang baik antara agregat halus, agregat kasar, aspal, *filler*, serta penambahan serbuk limbah plastik yang akhirnya dapat dijadikan sebagai lapisan permukaan yang lentur serta bisa mendukung beban lalu lintas pada jangka waktu tertentu dalam kondisi baik dan nyaman tanpa mengalami deformasi atau kerusakan yang berarti.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimanakah nilai karakteristik *Marshall* sebagai bahan tambah pada variasi campuran serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, 7% pada campuran aspal panas?
2. Bagaimana nilai kadar aspal optimum pada variasi campuran serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, 7%?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* sebagai bahan tambah pada variasi campuran serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, 7% pada campuran aspal panas.
2. Untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum pada variasi campuran serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, 7%.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan pengetahuan sejauh mana dengan tambahan serbuk limbah plastik bisa dijadikan sebagai campuran dalam perkerasan aspal panas
2. Dapat dijadikan pengetahuan yang luas dalam keteknikan salah satunya dalam bidang perkerasan jalan.
3. Sebagai media alternatif pilihan untuk perkerasan yang lebih ekonomis pada penggunaan bahan campuran dan ramah lingkungan terlebih pada bidang konstruksi jalan.

#### **1.5 Batasan Masalah Penelitian**

1. Limbah plastik yang dipakai merupakan ampas dari pengolahan limbah plastik dalam mesin *Pirolisis* yang telah dibedakan antara gas dan minyak yang berlokasi di Badan Riset dan Inovasi Daerah (BRIDA) NTB.
2. Penelitian hanya meninjau dari segi kelayakan bahan tambah serbuk limbah plastik sebagai bahan campuran perkerasan.
3. Penelitian ini menggunakan benda uji dengan pengujian *Marshall Test*.
4. Penelitian ini memfokuskan variasi campuran serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, 7%.
5. Reaksi kimia yang ada dalam campuran pada material yang dipakai tidak diteliti atau dibahas dalam penelitian ini.
6. Jenis aspal yang digunakan adalah aspal minyak Pen. 60/70 produksi PT. Pertamina.
7. Tidak melakukan pengujian di lapangan dan penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian di laboratorium.
8. Pada penelitian ini menggunakan tipe campuran aspal AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konstruksi Jalan Raya**

Secara umum, perkembangan konstruksi perkerasan jalan di Indonesia mulai berkembang pesat dari tahun 1970 dimana mulai diperkenalkannya pembangunan perkerasan jalan sesuai dengan fungsinya (Hadihardaja, 1997). Pada Undang-Undang Jalan Raya No. 13/1980 dikatakan bahwa jalan ialah segala bentuk apapun yang berkaitan bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas pada suatu prasarana perhubungan darat.

Menurut Suprpto, (2004) lapisan perkerasan jalan terdiri dari lapis permukaan paling atas yaitu lapis aus (*Wearing Course*) serta lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Base Course*) yang terletak diantara lapis bagian atas dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang berada diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Setiap lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing menjadi lapis perkerasan pada konstruksi jalan serta perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar memiliki daya dukung serta keawetan yang memadai.

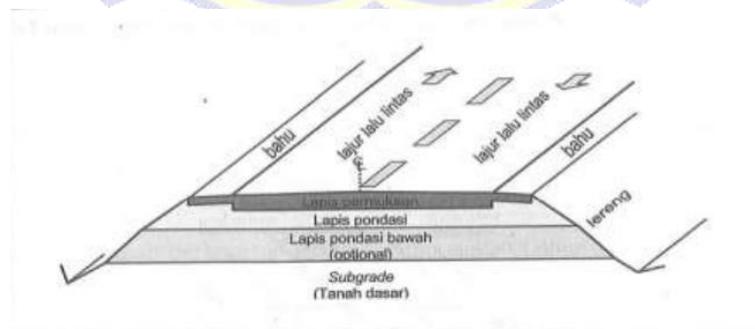
#### **2.2 Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)**

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan bahan berbutir menjadi lapisan dibawahnya serta menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan. Susunan untuk perkerasan lentur pada jalan yang dibangun adalah :

1. Lapisan permukaan (*surface course*), yang berfungsi sebagai:
  - a. Sebagai lapisan permukaan yang rata bagi kendaraan ketika melintas diatasnya.
  - b. Sebagai bagian dari perkerasan yang dapat menahan gaya vertikal, horizontal, dan getaran dari beban roda, sehingga mampu menahan beban roda serta mempunyai stabilitas tinggi selama masa pelayanan.

- c. Lapisan kedap air untuk melindungi lapisan di bawahnya dari kerusakan akibat cuaca.
  - d. Sebagai lapisan aus *wearing course*.
2. Lapisan pondasi atas (*base course*), yang berfungsi sebagai:
- a. Sebagai lapis permukaan yang dapat menahan gaya geser dari beban roda, serta menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.
  - b. Menjadi bantalan terhadap lapisan permukaan, sehingga dapat memperkuat konstruksi perkerasan.
  - c. Menjadi lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Lapisan pondasi bawah (*sub base course*), yang berfungsi sebagai:
- a. Bagian dari perkerasan yang dapat menyebarkan beban roda yang diperoleh ke tanah dasar.
  - b. Untuk menghemat biaya dengan mengurangi tebal lapis pondasi yang menggunakan material berkualitas tinggi sehingga relatif murah dan lebih efisien.
  - c. Menjadi lapisan resapan, agar air tanah tidak menggumpal pada pondasi.
  - d. Menahan partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.
  - e. Menjadi lapisan pertama dalam pekerjaan sehingga dapat berjalan dengan lancar.

Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1** Struktur Perkerasan Lentur.



Sumber : Sukirman, S, 2010

**Gambar 2.1** Struktur Perkerasan Lentur

Elemen perkerasan lentur memiliki struktur perkerasan yang didesain secara berlapis-lapis sebagai berikut, serta dijelaskan pada Gambar 2.1 jenis lapis perkerasan dan letaknya.

- a. Tanah dasar (*subgrade*).
- b. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*).
- c. Lapisan pondasi atas (*base course*).
- d. Lapisan permukaan (*surface course*).

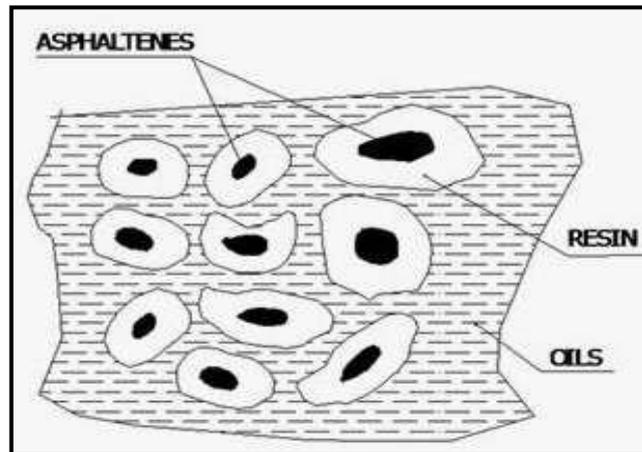
## 2.3 Aspal

### 2.3.1 Pengertian Aspal

Menurut Sukirman, (2007), aspal ialah suatu bahan yang berwujud padat sampai relatif pada suhu ruang, serta bersifat *thermoplastic*, sehingga aspal meleleh bila dipanaskan sampai suhu tertentu dan membeku kembali jika suhunya turun. Selain agregat, aspal sendiri adalah bahan pembentuk campuran perkerasan jalan yang didefinisikan sebagai bahan perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan bitumen sebagai komponen utamanya. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari produksi minyak bumi. Jumlah aspal dalam campuran perkerasan antara 4 dan 10% tergantung berat campuran, atau 10-15% tergantung pada volume campuran.

### 2.3.2 Kandungan Aspal

Berdasarkan Sukirman, (1999), setiap sumber dari minyak bumi membentuk komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *metanes*. *Asphaltenes* ialah material yang berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Maltenes* larut pada *heptane*, yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resin* serta *oils*. *Resin* merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat perekat seperti aspal, komponen yang mudah hilang atau berkurang selama umur jalan. Kandungan Aspal yang terdapat pada **Gambar 2.2** berikut.



Sumber: Silvia Sukirman, 1999

**Gambar 2.2** Kandungan Aspal

### 2.3.3 Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya, aspal terdiri dari :

1. Aspal alam seperti, aspal gunung (*rock asphalt*), contoh aspal dari pulau Buton dan Aspal danau (*lake asphalt*), contoh aspal dari Bermudez, Trinidad.
2. Aspal buatan seperti, Aspal minyak, adalah hasil penyulingan minyak bumi, dan Tar, adalah hasil penyulingan batu bara

Salah satu aspal minyak ialah aspal keras/cement (AC). Aspal semen pada temperatur ruang ( $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ ) yang berbentuk padat. Aspal semen terdiri atas beberapa jenis tergantung dari minyak bumi asalnya serta proses pembuatannya. Pengelompokkan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

Di Indonesia, aspal semen umumnya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu :

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan Penetrasi 40-50.
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan Penetrasi 60-79.
3. AC pen 80/100, yaitu AC dengan Penetrasi 80-100.
4. AC pen 200/300, yaitu AC dengan Penetrasi 200-300.

Di Indonesia pada umumnya dipergunakan apal semen menggunakan penetrasi 60/70 dan 80/100. Adapun persyaratan aspal minyak 60/70 ada pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Persyaratan Aspal Minyak 60/70

No	Jenis pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek ° C	SNI 2432-2011	≥48
3	Titik nyala ° C	SNI 2432-2011	≥232
4	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 2432-2011	≥100
5	Berat Jenis	SNI 2432-2011	≥1,0
6	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≥0,8
7	Penetrasi pada 25° C setelah kehilangan berat (%)	SNI 06-2440-1991	≥54
8	Daktilitas 25° C setelah kehilangan berat (cm)	SNI 2432-2011	≥100

### 2.3.4 Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Fungsi aspal adalah sebagai pengikat yang kuat bagi aspal dan agregat serta antar sesama aspal. Fungsi lainnya sebagai pengisi untuk rongga antar butir agregat dalam mengisi pori-pori yang terdapat dalam butir agregat.

### 2.3.5 Campuran Aspal Panas (*Asphalt Hot Mix*)

Aspal campuran panas merupakan campuran agregat bergradasi padat dengan agregat kasar, dan halus serta bahan pengisi sebagai komponen utama, kemudian ditambahkan aspal sebagai pengikat. Bahan-bahan ini kemudian dicampur dan dipadatkan dalam kondisi panas pada temperatur tertentu untuk membentuk campuran yang dapat digunakan sebagai bahan pelapis jalan. Jenis perkerasan yang menggunakan aspal panas merupakan tipe perkerasan fleksibel.

Kapasitas dukung beban campuran aspal ditentukan oleh gaya gesek dan kohesi material yang digunakan dalam campuran aspal. Gesekan pada agregat diakibatkan oleh gesekan antara butiran dengan gradasi dan tahanan dari agregat itu sendiri, ketika suatu agregat mempunyai sifat fisik yang kuat dan gradasi antar

butir agregatnya sempit maka secara alami agregat tersebut mempunyai gaya gesek yang baik. Kohesi itu sendiri dihasilkan dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh karena itu, kinerja campuran aspal sangat ditentukan oleh agregat yang digunakan dan aspal yang digunakan. (Bina Marga, 2002).

## 2.4 Agregat

Agregat merupakan material utama yang mengambil beban langsung dari roda kendaraan, berfungsi sebagai penopang stabilitas mekanik. Bentuk penambahan butiran ini mempengaruhi kualitas campuran. Bentuk sudut butiran agregat dan jumlah area kubik memastikan gesekan internal yang baik dan hubungan antara butiran agregat, sehingga stabilitas pencampuran yang lebih tinggi. Butir agregat yang panjang dan pipih tidak memberikan gesekan internal yang baik antar butir agregat, sehingga stabilitas campuran yang dihasilkan tidak meningkat. Penggunaan butiran agregat kasar lebih disukai sebab semakin kasar permukaan agregat, semakin besar stabilitas dan daya tahan suatu campuran. Agregat dibagi menurut ukuran butir menjadi:

### a. Agregat Kasar

Agregat yang tertahan di saringan #0 terdiri dari kerikil (batu pecah). Butir-butir tersebut terdiri dari ukuran kasar sampai halus, tetapi butiran berukuran lebih kasar lebih besar dari butiran halus. Agregat yang dimaksud ialah agregat kasar seperti butiran kerikil dengan ukuran  $> 2$  mm menurut **AASHTO** (*American Association of State Highway and Transport Officials*). Ketentuan agregat kasar terdapat pada **Tabel 2.2** sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan untuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
	Magnesium sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA ( <i>Stone Mastic Asphalt</i> )	100 putaran	Maks 6%
		500 putaran	Maks 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks 8%
		500 putaran	Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*)
	Lainnya		95/90**)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

b. Agregat Halus

Butir-butir lolos saringan No. 8 sampai No. 200 yang terdiri dari pasir. *Screening* (hasil pemecahan batu, terak atau kerikil, atau campuran keduanya), unsur-unsur ini menentukan tingkat *fleksibilitas* suatu campuran. Agregat halus terdiri dari butiran dengan permukaan kasar, tepi tajam dan bebas dari kotoran atau bahan lain yang tidak diinginkan. Menurut

**AASHTO**, butiran Agregat halus mempunyai ukuran  $<2$  mm dan  $>0,0075$  mm.

Ketentuan agregat halus terdapat pada **Tabel 2.3** sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min 45 %
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan.

c. *Rock Ash* (Abu Batu)

*Rock Ash* merupakan hasil pengolahan batu pecah dengan mesin penghancur batu. 200.

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan spesifikasi. Persyaratan agregat kasar dan agregat halus didasarkan pada "Pedoman Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton untuk Jalan Raya (**AASHTO T96-7**)" seperti yang terdapat pada **Tabel 2.4** sebagai berikut :

**Tabel 2.4** Spesifikasi pemeriksaan agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1.	Keausan (%)	Max. 40%
2.	Penyerapan (%)	Max. 3%
3.	Berat jenis <i>Bulk</i>	Min. 2,5 gr/cc
4.	Berat jenis SSD	Min. 2,5 gr/cc

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya (**AASHTO T96-7**)

Agregat yang akan digunakan pada perkerasan harus memperhatikan sifat-sifat agregat yaitu :

#### 1. Gradasi

Tergantung pada penggunaan di lapangan, agregat dibedakan dengan penggunaan lapisan agregat tanpa bahan pengikat atau dengan campuran aspal, agregat dibedakan berdasarkan gradasinya. Gradasi merupakan distribusi partikel sesuai ukuran agregat. Gradasi agregat mempengaruhi ukuran rongga *intergranular*, yang menentukan stabilitas dan kemudahan penggunaan di lapangan.

Dalam gradasi agregat ada batasan-batasan tertentu yang kemudian disebut sebagai batas tengah/ideal, berikut adalah penjelasan kondisi batas atas dan bawah lapisan beton aspal AC-WC (lapisan aus beton aspal) untuk masing-masing ukuran saringan berdasarkan Divisi 6 Spesifikasi Bina Marga 2018 yang diterapkan pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5** Gradasi agregat untuk campuran *Asphalt Concrete* (AC)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1 ½	37,5	-	-	100
1	25	-	100	90 – 100
¾	19	100	90 – 100	76 – 90
½	12,5	90–100	75 – 90	60 – 78
3/8	9,5	77 –90	66 – 82	52 – 71
No.4	4,75	53– 69	46 – 64	35 – 54
No.8	2,36	33–53	30 – 49	23 – 41
No.16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No.30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No.50	0,300	9 –22	7 – 20	6 – 15
No.100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No.200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel

6.3.2.3 Spesifikasi Umum 2018.

## 2. Kebersihan

Dalam campuran perkerasan, sebelum agregat digunakan terlebih dahulu dihilangkan zat asing berbahaya, seperti tumbuh-tumbuhan, partikel halus dan gumpalan lumpur. Karena benda asing dapat mengurangi daya rekat aspal ke batu, sehingga permukaan jalan terganggu.

## 3. Kekuatan dan Kekerasan

Agregat untuk lapisan perkerasan harus tahan terhadap degradasi (patah) yang dapat terjadi selama proses pencampuran, pemadatan, pengulangan beban lalu lintas, dan degradasi (penghancuran) yang terjadi selama umur jalan.

## 4. Bentuk permukaan

Bentuk permukaan agregat mempengaruhi kestabilan lapisan jalan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel berbentuk kubus dan sudut tajam menciptakan senyawa yang lebih kuat, menjadikan agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan bangunan perkerasan.

## 5. Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan yang kasar dan kasar memberikan gaya gesek yang lebih tinggi memungkinkannya menahan gaya pemisah yang bekerja pada batuan. Selain itu, tekstur yang kasar juga memastikan daya rekat yang lebih baik antara aspal dan batu. Batu halus lebih cenderung tertutup aspal, tetapi tidak dapat menahan kelekatan aspal dengan baik. Secara umum, ketika tekstur permukaan menjadi lebih kasar, stabilitas dan durabilitas meningkat pada campuran.

## 6. Porositas

Porositas memiliki dampak yang besar terhadap nilai ekonomis suatu campuran lapisan perkerasan jalan. Semakin berpori batuan, semakin banyak bitumen yang digunakan. Hal ini disebabkan daya serap batuan aspal yang lebih besar.

## 7. Daya Rekat Aspal

Daya rekat aspal juga dipengaruhi oleh cara aspal ditambahkan ke air. Batu granit dan silika adalah agregat bersifat *hydrophilic* yang cenderung menyerap air. Agregat seperti ini kurang cocok digunakan sebagai campuran aspal karena *stripping*, yaitu lepasnya lapisan aspal dari agregat karena pengaruh air.

### 2.5 Filler

*Filler* adalah bahan pengisi pada lapisan aspal. Selain itu, kadar serta jenis bahan pengisi bisa mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitas campuran (Rahaditya, 2012).

Peraturan untuk bahan pengisi dalam campuran aspal menurut BinaMarga 2010 Revisi 1 adalah :

1. Bahan pengisi terdiri dari debu batugamping, kapur terhidrasi, semen atau *fly ash* bersumber dari persetujuan Direksi Pekerjaan
2. Bahan pengisi harus kering dan tidak menggumpal dan bila diuji menggunakan saringan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan #200 (75 mikron) Paling sedikit 75% menurut beratnya.
3. Semua campuran aspal harus mengandung minimal 1% dan maksimum 2% bahan pengisi yang ditambahkan dari total berat agregat.

**Tabel 2.6** Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standart	Nilai
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010 Revisi I Divisi 6

### 2.6 Semen Portland

Semen *portland* terbuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral lainnya yang dicampur menjadi satu serta dibakar dalam tungku, kemudian bahan tersebut berubah menjadi bubuk. Ketika dicampur dengan air, serbuk mengeras dan membentuk ikatan yang kuat karena reaksi kimia (Putrowijoyo, 2006).

Komposisi senyawa kimia dari semen *portland* adalah sebagai berikut dalam **Tabel 2.7**.

**Tabel 2.7** Komposisi Semen *Portland*

No	Oksidasi	Lambang	Kode	Presentase
1.	Calcium Oxide	CaO	C	60-65
2.	Magnesium Oxide	MgO	M	0-5
3.	Aluminium Oxide	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	4-8
4.	Ferric Oxide	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F	2-5
5.	Silicon Oxide	SiO <sub>2</sub>	S	20-24
6.	Sulfur Oxide	SI <sub>3</sub>	S	1-3

*Sumber: Putrowijoyo, 2006*

## 2.7 Limbah Plastik

Limbah plastik adalah setiap barang bekas atau tidak terpakai yang bahannya terbuat dari bahan kimia yang tidak terbarukan. Sebagian besar sampah plastik dari penggunaan sehari-hari biasanya digunakan untuk kemasan. Diterbitkan di situs web Lingkungan PBB, bahan kimia yang digunakan untuk membuat plastik umumnya berasal dari minyak, gas, dan batu bara. Sejak tahun 1950, 8,3 miliar ton sampah plastik telah dihasilkan, dan sekitar 60% plastik berakhir di tempat pembuangan sampah atau didistribusikan di lingkungan alam.

Setelah Rahmawati (2015), di Susilowati (2021), bahwa pengaruh penambahan polietilen densitas tinggi (HDPE) dalam campuran saat mengaplikasikan campuran aspal nilai properti Marshall lebih baik daripada yang mengandung polietilen (PE), sedangkan menurut Aschuri (2016) Beton aspal umumnya menggunakan limbah plastik sebagai pengganti agregat, kinerja alternatif tradisional lebih unggul.

Hasil dari Iskandar (2021) pada penelitiannya bahwa penambahan limbah botol plastik meningkatkan kinerja campuran aspal, dengan beberapa jenis keausan pada permukaan saja. Semakin tinggi kadar aspal optimum, semakin baik kinerja campuran beton aspal AC-WC. Penambahan limbah botol plastik

dapat meningkatkan stabilitas dan menurunkan VFB, serta nilai VMA, VIM, MQ dan *flow* cenderung stabil.

Dari Luh (2019), dalam Susilowati (2021), Penambahan limbah plastik polietilen densitas rendah (LDPE) dalam bentuk potongan kecil dari 1% hingga 6%, menghasilkan stabilitas hingga 66,70% lebih tinggi dan kadar aspal lebih rendah hingga 2,5% dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa campuran limbah plastik.

Menurut Hery Awan, Susanto dkk (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan plastik limbah *polipropilen* (PP) terhadap ketahanan renggang campuran lapis aus aspal beton dengan menggunakan sifat Marshall. Variasi sampah plastik *polipropilen* (PP) hingga 0%, 2%, 4% dan 6% dari aspal yang digunakan pada penelitian ini. Tingkat aspal yang digunakan berasal dari kadar aspal rencana (*Pb*) sebesar 5,5%, sehingga kisaran kadar aspal adalah 4,5%; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5%. Hasil pengujian Marshall menunjukkan semakin tinggi persentase sampah plastik *polypropylene* (PP) pada aspal maka nilai stabilitas, nilai VMA dan MQ cenderung meningkat, sedangkan nilai *flow*, VIM dan VFA cenderung menurun.

## 2.8 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal optimum diperkirakan dengan menentukan kadar aspal rencana terlebih dahulu secara empiris dengan persamaan 2.1

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

*Pb* = Perkiraan kadar aspal tengah (persentase berat terhadap campuran)

*CA* = Agregat tertahan saringan No.8 (agregat lolos saringan 3/4" – agregat lolos saringan No. 8)

*FA* = Agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200 (agregat lolos saringan No.8 – agregat lolos saringan No.200)

*FF* = Bahan pengisi lolos saringan No.200 (agregat lolos saringan No.200)

*K* = Kira-kira konstanta 0,5 – 1 untuk laston dan 2,0 – 3,0 untuk Lataston.  
Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 – 2,5.

Sumber : (modul – 03C pengambilan contoh dan pengujian campuran aspal dan agregat untuk campuran beraspal hal 3 – 30).

Nilai kadar aspal tengah rencana (Pb) yang dihitung dibulatkan mendekati 0,5%. Dalam penelitian ini digunakan 3 kadar aspal rencana, sehingga ditentukan satu kadar aspal di atas kadar Pb dan kadar aspal di bawah kadar Pb yang masing – masing berbeda 0,5%.

## 2.9 Pengujian Volumetrik Campuran

Uji volumetrik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai densitas, berat jenis campuran dan porositas masing-masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air sampel dan berat jenis agregat, timbunan serta aspal. Uji volumetrik dilakukan pada setiap sampel sebelum uji Marshall. Rumus untuk menganalisis data yang diperoleh dalam penelitian laboratorium sebagai berikut :

a) Berat Jenis

a) Berat jenis agregat kasar dengan persamaan 2.2, persamaan 2.3, persamaan 2.4, dan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$Bulk = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.2)$$

$$SSD = \frac{B}{(B-C)} \quad (2.3)$$

$$APPT = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.4)$$

$$Penyerapan = \frac{(B-A)}{BA} \times 100\% \quad (2.5)$$

dengan, *Bulk* = Berat jenis

*SSD* = Berat jenis kering permukaan

*APPT* = Berat jenis semu

*A* = Berat benda contoh uji kering oven (gram)

*B* = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

$C$  = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

b) Berat jenis agregat halus & filler dengan persamaan 2.6, persamaan 2.7, persamaan 2.8, dan persamaan 2.9 sebagai berikut :

$$Bulk = \frac{BK}{(B+500-Bt)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$SSD = \frac{500}{(BC+500-BD)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$APPT = \frac{BK}{(B+BK-Bt)} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Penyerapan = \frac{500-BK}{BK} \times 100 \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan,  $Bulk$  = Berat jenis

$SSD$  = Berat jenis kering permukaan

$APPT$  = Berat jenis semu

$Bk$  = Berat kering (gram)

$B$  = Berat piknometer + berat air (gram)

$Bt$  = Berat piknometer + berat benda uji + berat air (gram)

c) Berat jenis  $Bulk$  gabungan ( $U$ ) dengan persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_j a Bulk}\right) + \left(\frac{b}{B_j b Bulk}\right) + \left(\frac{c}{B_j c Bulk}\right) + \left(\frac{d}{B_j d Bulk}\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

d) Berat jenis  $Apparent$  gabungan ( $App$ ) dengan persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$App = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_j a App}\right) + \left(\frac{b}{B_j b App}\right) + \left(\frac{c}{B_j c App}\right) + \left(\frac{d}{B_j d App}\right)} \dots\dots\dots(2.11)$$

e) Berat jenis efektif ( $V$ ) dengan persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$V = \frac{U+App}{2} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dari data tersebut dapat diperoleh harga Density, Stabilitas dan Marshall Quotient.

### 2.10 Pengujian *Marshall* (Karakteristik sifat-sifat *Marshall*)

Rancangan campuran dari metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan dibakukan oleh ASTM (*American Standard Testing and Material*) ataupun **AASHTO** dengan beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode *Marshall* ialah untuk memeriksa kestabilan dan kelelahan (*flow*), dan untuk menganalisis densitas dan porositas dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* adalah alat tekan menggunakan *proving ring* (cincin pengujian) kapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara umum tes *Marshall* meliputi : mempersiapkan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, memeriksa nilai stabilitas dan *flow*, dan menghitung sifat *volumetric* benda uji. Berikut beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mempersiapkan benda uji, antara lain:

- a. Banyaknya benda uji yang telah disiapkan.
- b. Mempersiapkan agregat yang akan dipakai.
- c. Menentukan suhu pencampuran dan pemadatan.
- d. Mempersiapkan campuran aspal beton.
- e. Pemadatan benda uji.
- f. Persiapan uji *Marshall*.

Karakteristik sifat-sifat *Marshall* sebagai berikut:

- a. Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* =  $r$  didapat dari pembacaan arloji *flow* yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

b. *Stabilitas*

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi (perubahan bentuk permanen), seperti gelombang, bekas roda dan aspal yang naik ke permukaan.

Dari pembacaan arloji stabilitas dengan alat tekan *Marshall* didapatkan nilai stabilitas dari benda uji. Angka ini dikoreksi dengan nomor kalibrasi alat dan angka koreksi untuk ketebalan benda uji.

Nilai stabilitas (*stability*) dapat dihitung dengan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$S = P \times r \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan,  $P$  = Kalibrasi *proving ring* pada o

$r$  = Nilai pembacaan arloji *stabilitas*

Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan aspal beton adalah 1,00 (Pd T-05-2005-B), sehingga untuk menentukan faktor koreksi lapisan aspal beton (laston) hanya digunakan angka koreksi dari kisaran 0,83 – 1,00. Angka koreksi dapat diperoleh dari ketebalan benda uji, yang dapat dilihat pada **Tabel 2.8** sebagai berikut:

**Tabel 2.8** Rasio koreksi stabilitas pada laston

Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
63,5	1,00
65,1	0,96
66,7	0,93
68,3	0,89
69,9	0,86
71,4	0,83
73,0	0,81
74,6	0,78
76,2	0,76

c. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* (MQ) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan nilai *flow*. Apabila nilai *Marshall Quotient* (MQ) semakin tinggi, maka sifat campurannya semakin kaku, begitu pula nilai *Marshall Quotient* (MQ) semakin rendah, maka sifat campuran yang dihasilkan akan lentur.

Nilai *Marshall Quotient* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$MQ = \frac{S}{t} \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan,  $S$  = Nilai *stabilitas* terpasang (Kg)

$t$  = Nilai keelehan/*flow* (mm)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (Kg/mm)

d. *Kepadatan (Density)*

*Density* adalah kepadatan pada campuran aspal setelah dipadatkan. Suatu campuran menunjukkan densitas yang lebih baik apabila semakin tinggi nilai *density*nya. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai dari *density* seperti jenis dan kualitas bahan penyusun, gradasi campuran, jumlah pemadatan, suhu pemadatan dan kadar aspal.

Nilai kepadatan (*density*) dapat dihitung melalui persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 sebagai berikut:

$$h = g - f \dots \dots \dots (2.15)$$

$$i = \frac{h}{e} \dots \dots \dots (2.16)$$

dengan,  $e$  = Berat benda uji sebelum direndam (gram)

$f$  = Berat benda uji jenuh air (gram)

$g$  = Berat benda uji dalam air (gram)

$h$  = Isi benda uji (ml)

$i$  = Berat isi benda uji (gram/ml)

e. *Void In the Mix (VIM)*

VIM adalah hasil persentase rongga udara dalam campuran, nilai VIM dapat dihitung menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut :

$$VIM = 100 - i \times j \dots \dots \dots (2.17)$$

dengan,  $i$  = Bj benda uji

$j$  = Bj campuran maksimal

f. *Void Filled Asphalt (VFA)*

VFA adalah persentase rongga yang terisi aspal efektif, nilai VFA dapat dihitung dengan persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots \dots \dots (2.18)$$

dengan,  $VFA$  = Rongga terisi aspal persen terhadap VMA

$VMA$  = Rongga diantara mineral agregat

$VIM$  = Rongga di dalam campuran

g. *Void Mineral Agregat (VMA)*

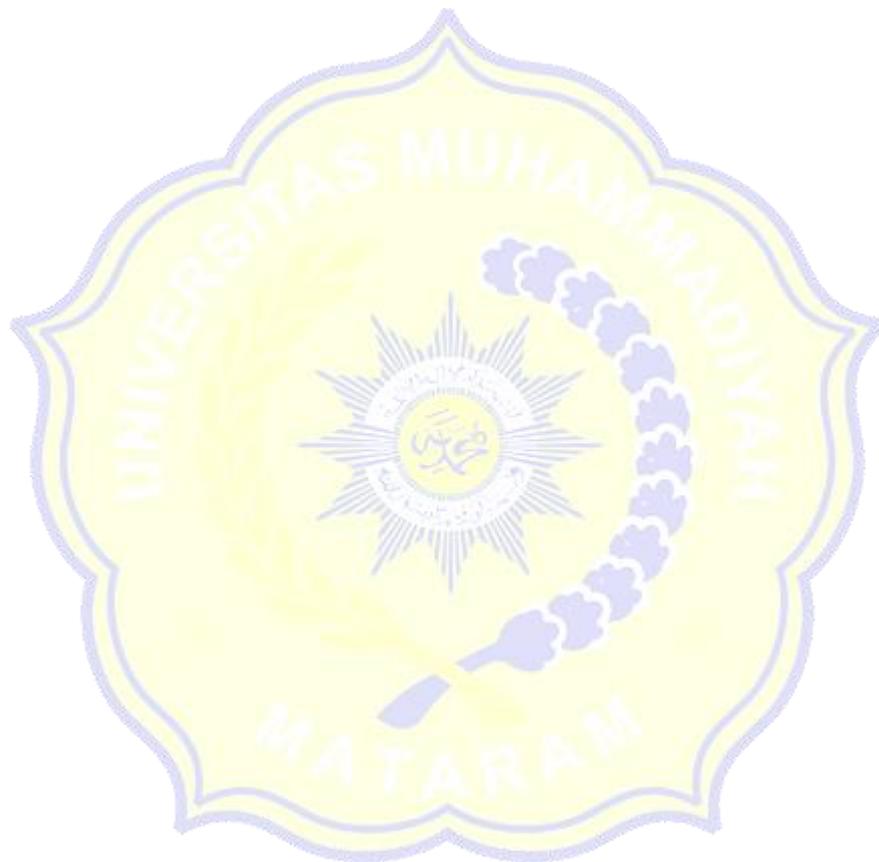
VMA merupakan rongga udara antara butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang merupakan persentase volume rongga dalam agregat yang terisi aspal, dinyatakan sebagai persentase dari total volume.

VMA adalah persentase kandungan mineral dalam sampel yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.19 sebagai berikut :

$$VMA = 100 - l \dots \dots \dots (2.19)$$

dengan,  $l$  = Persentase volume agregat

Beberapa kriteria uji *Marshall* diatas dapat diperoleh kadar aspal optimum (KAO), apabila suatu campuran memenuhi standar Bina Marga maka kadar aspal optimum dapat ditentukan. Persyaratan campuran lapis aspal beton (laston) AC pada spesifikasi Bina Marga Divisi 6.



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi dan Metode Penelitian**

Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat. Penelitian yang akan diuji pada campuran Aspal Panas adalah *Marshall test* dengan variasi bahan tambah serbuk limbah plastik 1%, 3%, 5%, dan 7% yang berupa ampas plastik yang sudah dipisahkan antara gas dan minyak. Semua bahan yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018 Revisi I.

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Jenis data dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Data Primer

Data primer dalam penelitian ini adalah data penelitian hasil uji yang meliputi *volumetrik* benda uji, hasil uji *Marshall*, mencari kadar aspal optimum dan hasil uji *Marshall* kadar aspal efektif.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau yang dilaksanakan dan masih berhubungan dengan penelitian tersebut. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data pemeriksaan agregat yang diperoleh dari Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat dan data hasil pemeriksaan karakteristik aspal dari Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat.

### 3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari :
  - a) Satu set alat uji saringan (*sieve*) standar ASTM.



**Gambar 3.1** Satu Set Alat Uji Saringan ASTM

- b) Satu set alat Pengujian *Volumetrik*



**Gambar 3.2** Alat pengujian *volumetrik*

2. Oven dan pengatur suhu.



**Gambar 3.3** Oven atau pemanas agregat

3. Timbangan Digital



**Gambar 3.4** Timbangan Digital

4. Termometer



**Gambar 3.5** Termometer

5. Alat pembuat *briket* campuran aspal hangat terdiri dari :
- Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm,



**Gambar 3.6** Satu set cetakan (*mould*)

b. Alat penumbuk (*compactor*)



**Gambar 3.7** Alat Penumbuk

c. Satu Set Alat Pengangkat *Briket* (Dongkrak Hidrolis)



**Gambar 3.8** Dongkrak Hidraulis

6. Satu Set *Water Bath*



**Gambar 3.9** *Water Bath*

7. Satu set alat *Marshall*, terdiri dari :
- Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*), dengan jari – jari bagian dalam 50,8 mm (2 in)
  - Dongkrak pembebanan (*loading jack*) yang digerakkan secara elektrik dengan kecepatan pergerakan vertikal 50,8 mm/menit.
  - Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg dilengkapi dengan arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 (0,001 in).
  - Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta pelengkapannya.
  - Fungsi dari alat *Marshall* untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Seperti pada **Gambar 3.10** sebagai berikut:



**Gambar 3.10** Satu set alat *Marshall*

8. Alat Penunjang
  - a. Panci



**Gambar 3.11** Panci

b. Wajan



**Gambar 3.12** Wajan, spatula, dan kompor gas

c. Sarung tangan



**Gambar 3.13** Sarung tangan

### 3.4 Bahan

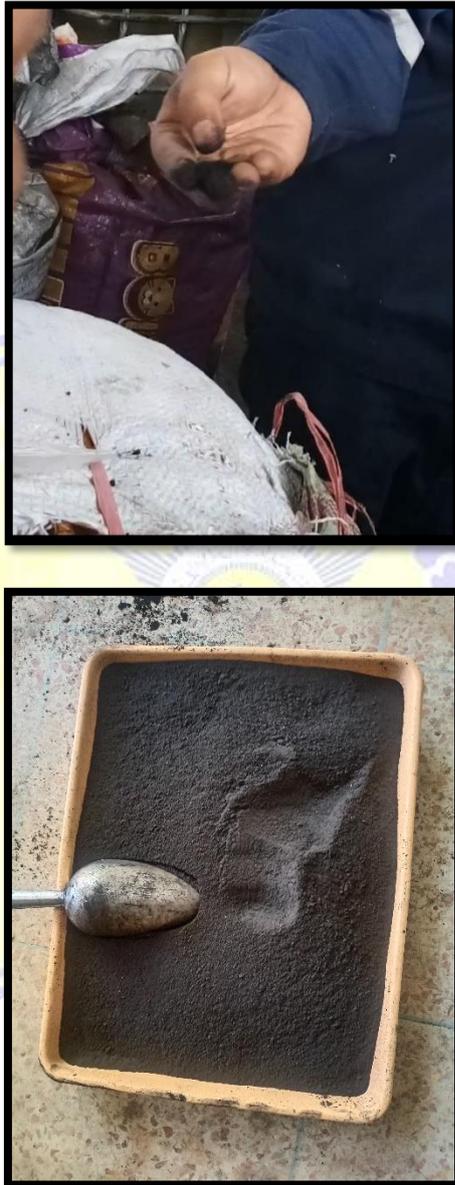
1. Agregat

Agregat yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari hasil pemeriksaan agregat di Laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat.

2. Aspal penetrasi 60 / 70 diperoleh dari PT. Pertamina.

3. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *portland cement*.

4. Ampas limbah plastik yang diperoleh dari hasil peleburan limbah plastik yang telah dipisahkan antara minyak dan gas di dalam mesin *Pirolisis* yang berlokasi di Badan Riset dan Inovasi Daerah (BRIDA) NTB. Seperti pada **Gambar 3.14** sebagai berikut:



**Gambar 3.14** Serbuk limbah plastik

### 3.5 Benda Uji

Benda uji dibuat bervariasi berdasarkan kadar aspal optimum (KAO), nilai KAO menjadi patokan untuk membuat variasi benda uji. Dengan 4 variasi, yaitu:

penambahan limbah plastik 1%, penambahan plastik 3%, penambahan limbah plastik 5%, dan penambahan limbah plastik 7%

Penambahan serbuk limbah plastik dalam rancangan benda uji dilakukan dengan menambahkan serbuk limbah plastik yang kemudian ditimbang sesuai kebutuhan variasi plastik yang telah ditetapkan dan di campurkan saat pengadukan agregat dan aspal panas. Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 15 buah benda uji dengan penambahan serbuk limbah plastik variasi 1%; 3%; 5%; dan 7%. Jumlah kebutuhan benda uji tersebut seperti disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Kebutuhan Benda Uji *Marshall* Test

No	Variasi Serbuk Limbah Plastik	Jumlah Benda Uji
1	1%	3
2	3%	3
3	5%	3
4	7%	3
Jumlah Total		12

### **3.6** Prosedur Pelaksanaan

#### **3.6.1** Tahap Persiapan

Tahap ini merupakan tahap penentuan arah penelitian, pada tahapan ini semua alat dan bahan yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu. Jangan sampai ada alat dan bahan yang tidak disediakan, karena akan berpengaruh pada saat melakukan penelitian. Usahakan alat dan bahan tersebut telah disiapkan sejak awal secara maksimal.

#### **3.6.2** Pembuatan Benda Uji

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan *filler*. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI)

dengan menggunakan gradasi rencana campuran **Spesifikasi Umum Bina Marga 2018**.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap I

Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb), setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (BJ Max) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

2. Tahap II

Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat *filler* dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. Persentase ditentukan berdasarkan berat total campuran, yaitu 1200 gram. Kadar aspal ditentukan dengan perhitungan komposisi agregat campuran.

3. Tahap III

Aspal penetrasi 60/70 dihitung ke dalam wajan yang berisi agregat yang diletakkan diatas timbangan sesuai dengan persentase *bitumen content* berdasarkan berat total agregat.

4. Tahap IV

Setelah aspal dituangkan ke dalam agregat, campuran ini diaduk sampai rata dan kemudian didiamkan hingga mencapai suhu pemadatan 120° C - 140° C. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas *mould* dengan kertas pada alat penumbuk.

5. Tahap V

Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing - masing sisinya. Selanjutnya benda uji didinginkan pada suhu ruang selama  $\pm 2$  jam, barulah dikeluarkan dari mould dengan bantuan dongkrak hidrolik.

#### 6. Tahap VI

Setelah benda uji dikeluarkan dari *mould*, kemudian dilakukan pengujian dengan alat uji *Marshall*.

#### 3.6.3 *Volumetrik Test*

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui VIM dari masing – masing benda uji. Adapun tahap pengujiannya adalah sebagai berikut :

##### 1. Tahap I

Benda uji yang telah dipisahkan menurut ukurannya direndam untuk menghilangkan debu selama sehari, kemudian di jemur.

##### 2. Tahap II

Dari hasil pengukuran tinggi, berat, serta diameter benda uji. Dapat dihitung volume bulk dan densitas dengan rumus pada pengujian *Volumetrik* hal 22.

##### 3. Tahap III

Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (*Specific Gravity*) masing – masing benda uji dengan menggunakan persamaan 2.2, persamaan 2.3, persamaan 2.4, persamaan 2.5, persamaan 2.6, persamaan 2.7, persamaan 2.8 dan persamaan 2.9.

##### 4. Tahap IV

Tahap keempat perhitungan dalam karakteristik sifat-sifat *Marshall* dengan menggunakan persamaan 2.13 – persamaan 2.19.

##### 5. Tahap V

Dari perhitungan tersebut akan diperoleh grafik yang nantinya pada grafik ini akan disatukan.

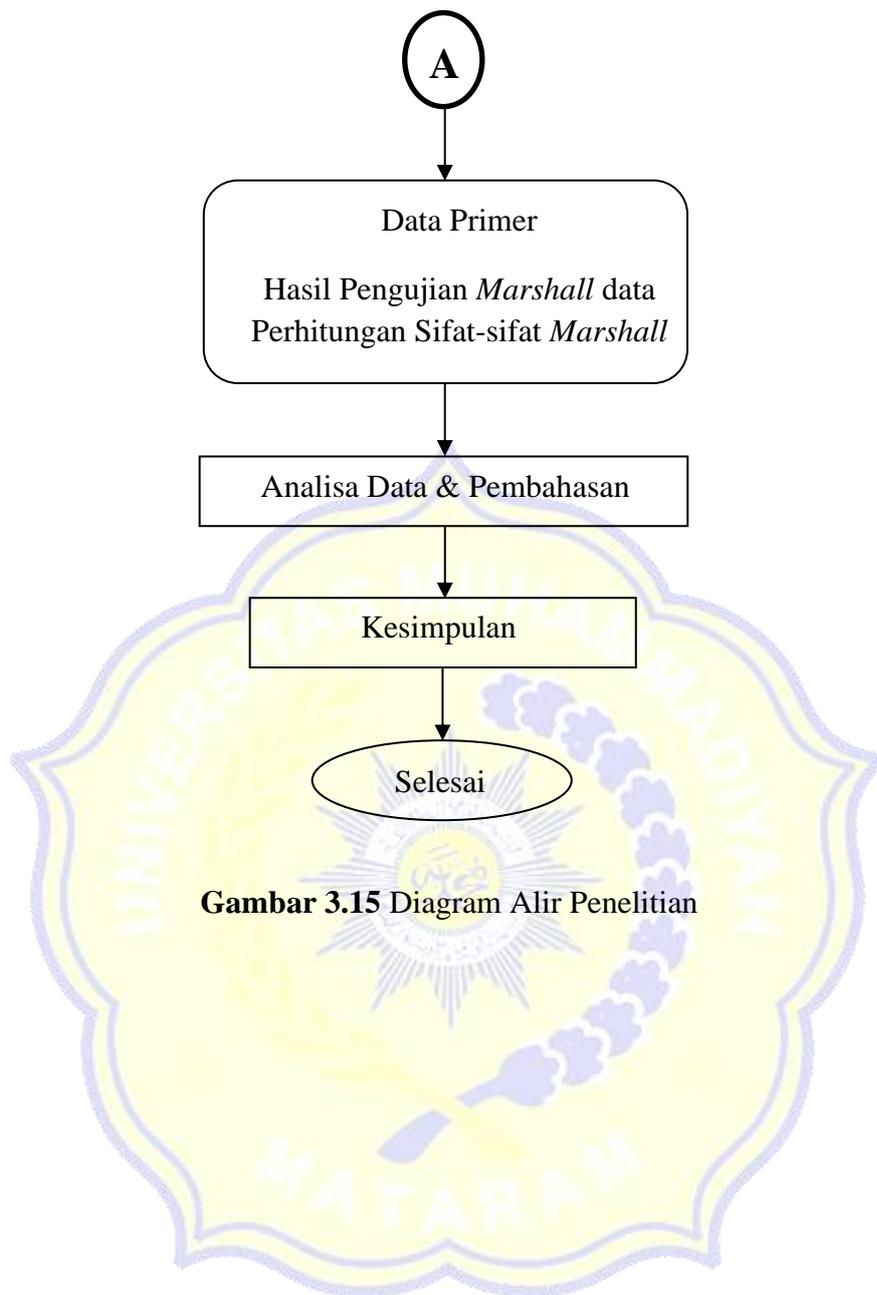
#### 3.6.4 *Marshall Test*

Pengujian *Marshall* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari suatu campuran aspal. Semakin tinggi nilai stabilitas pada campuran maka nilai *flow* juga akan

tinggi. Dengan nilai stabilitas yang tinggi dapat disimpulkan bahwa aspal mampu menahan beban.

### 3.7 Tahap Penelitian





**Gambar 3.15** Diagram Alir Penelitian