

**SKRIPSI**  
**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK ARANG BATOK KELAPA**  
**SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FILLER PADA LAPISA AUS (AC-WC)**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi  
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Mataram



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK ARANG BATOK  
KELAPA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *FILLER* PADA LAPISAN AUS  
(AC-WC)**

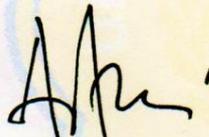
Disusun Oleh:

**BAIQ FITRIA ANNISSYA WIJAYA**

**417110076**

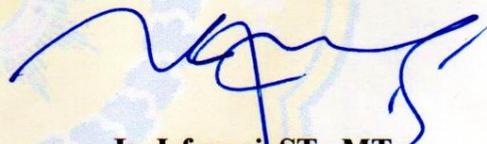
**Mataram, 10 Agustus 2021**

**Pembimbing I,**



**Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.**  
**NIDN. 0828087201**

**Pembimbing II,**



**Ir. Isfanari, ST., MT.**  
**NIDN. 0830086701**

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**



**Dr. Eric M. Islamy Rusyda, ST., MT**  
**NIDN. 0824017501**



**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK ARANG BATOK  
KELAPA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *FILLER* PADA LAPISAN AUS  
(AC-WC)**

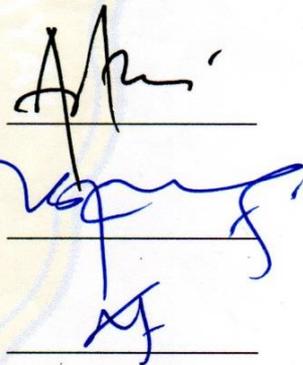
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : BAIQ FITRIA ANNISSYA WIJAYA  
NIM : 417110076

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji  
Pada hari: Kamis, 12 Agustus 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.
2. Penguji II : Ir. Isfanari, ST., MT.
3. Penguji III : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.



**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**



**Dekan,**

**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT**  
NIDN.0824017501

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini menyatakan :

1. Skripsi yang berjudul :

“Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Pengganti *Filler* Pada Lapisan AUS (AC-WC)”. Ini merupakan hasil karya tulis asli yang saya ajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

2. Semua sumber yang saya gunakan dalam penulisan skripsi tersebut telah saya cantumkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

3. Jika dikemudian hari terbukti bahwa karya saya tersebut bukan hasil karya tulis asli atau plagiasi dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, 8 September 2021

Yang membuat pernyataan



**(Baiq Fitria Anissya Wijaya)**

NIM. 417110076



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

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

**SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME**

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

Nama : BAIQ. FITRIA ANNISSYA WIJAYA  
NIM : 417110076  
Tempat/Tgl Lahir : Mataram, 09 Juni 1999  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 087 851 265 051 / bq.fitria0609@gmail.com  
Judul Penelitian : -

Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Arang Batok kelapa Sebagai  
Bahan Pengganti Filler pada Lapisan Aust(AC-wc)

*Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 43%*

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya *bersedia menerima sanksi* 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.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 18 Agustus 2021

Penulis

  
E65E2AJX355299748  
BQ. FITRIA ANNISSYA.W  
NIM. 417110076

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : BAIG.FITRIA ANNISSYA WIJATA  
NIM : 417110076  
Tempat/Tgl Lahir : Mataram, 09 Juni 1999  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 087 851 265 051 / @byfitria69@gmail.com  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI

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:

Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Pengganti Filler pada Lapisan Aas (AC-uc)

Segala tuntutan hukum yang timbul atas 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.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 18 Agustus 2021

Penulis



BA. FITRIA ANNISSYA W.  
NIM 417110076.

Mengetahui,  
Kepala UPT, Perpustakaan UMMAT



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

## HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

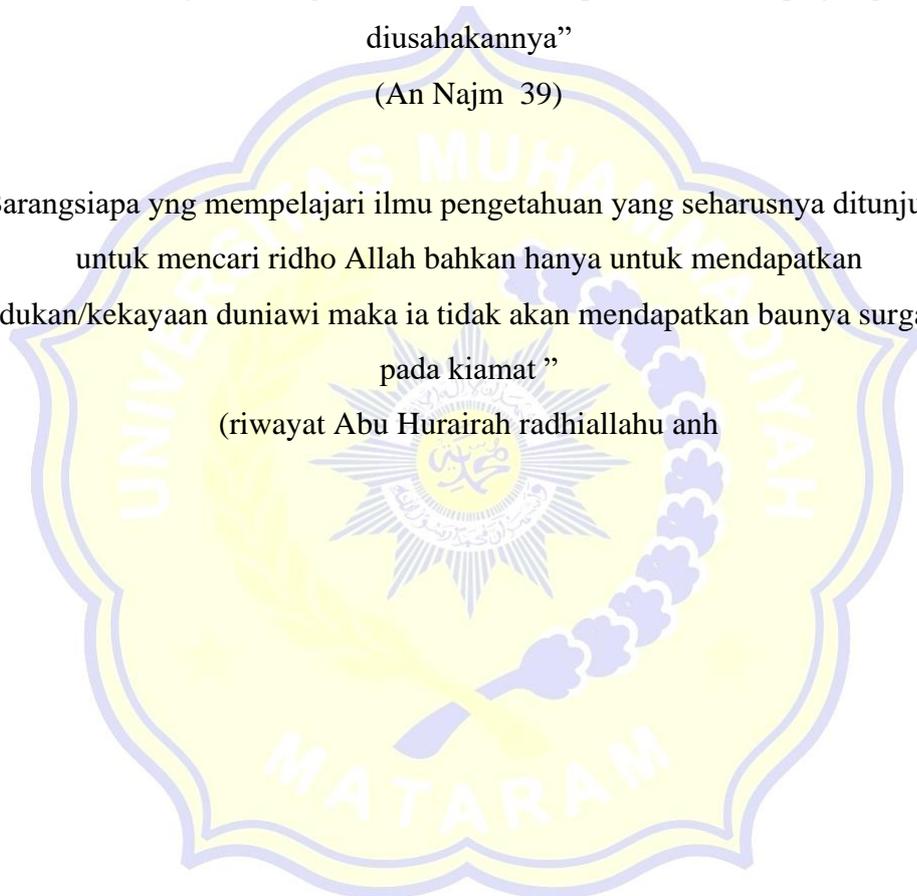
(Qs. Ar Ra'd : 11)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”

(An Najm 39)

“Barangsiapa yng mempelajari ilmu pengetahuan yang seharusnya ditunjukan untuk mencari ridho Allah bahkan hanya untuk mendapatkan kedudukan/kekayaan duniawi maka ia tidak akan mendapatkan baunya surga nanti pada kiamat ”

(riwayat Abu Hurairah radhiallahu anh



## KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktu. Skripsi ini berjudul “Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Pengganti *Filler* Pada Lapisan Aus (AC-WC)” walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna.

Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Penyusunan skripsi ini berdasarkan data hasil penelitian yang dianalisis menjadi sebuah data yang *valid* sesuai dengan landasan teori-teori dari berbagai sumber yang sesuai.

Skripsi ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa adanya dukungan moral dan fisik dari pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penyusun ingin menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Arsyad Ghani.,Mpd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng M. Islamy Rusyda, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing I.
5. Ir. Isfanari, ST., MT, selaku dosen pembimbing II.
6. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan do'a untuk kesuksesan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi.

8. Sapari Ramdan, A.Md., Par, yang telah memberikan dukungan, do'a dan semangat sehingga membantu penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Sahabat kecil saya, Anjilo Galuh, Putri Septiani, dan Iqbal Herdianto, yang telah memberikan dukungan dan motivasi untuk penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Civil Engineering C 2017 Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Mataram.
11. Teman – teman PKL Karya seperjuangan, Prilia Eka Delasari Malacca, Eti Putri Kurnilasari, Lalu Septiya Fahmi Rezi, Meldi Gijayanto, dan Syahrul Pratama.
12. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Demikian ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dari penyusun semoga kebaikan dari semua pihak yang telah membantu diberikan balasan oleh Allah Swt. Semoga laporan skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi semua orang dalam mengembangkan ilmu dibidang teknik sipil.

Mataram, 10 Agustus 2021

Penyusun

## ABSTRAK

Laston lapisan aus atau lapisan permukaan yang disebut AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan bagian lapisan yang paling sering terjadi kerusakan akibat repetisi beban kendaraan, faktor lingkungan dan faktor cuaca. Telah banyak diteliti bahwa dengan menggunakan bahan adiktif ( bahan tambah ) dari material lokal ramah lingkungan dapat memodifikasi sifat-sifat aspal dalam campuran beton aspal, untuk meningkatkan kinerja perkerasan. Serbuk arang batok kelapa digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan limbah batok kelapa yang kurang dimanfaatkan, selain sebagai bahan bakar. Selain itu pemanfaatan batok kelapa juga diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomis bagi masyarakat.

Pengujian dilaksanakan di Balai Pengujian Material Konstruksi, Laboratorium Bahan dan Jalan, Dinas Pekerjaan Umum, Provinsi NTB. Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data agregat dan campuran untuk perkerasan dengan kadar serbuk arang batok kelapa 1% 2% 3% terhadap berat total agregat sebagai bahan pengisi (*filler*) dan kadar aspal yang digunakan 5,5%, 6%, 6.5%. Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi, nilai-nilai yang akan diperoleh adalah Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFB dan MQ. Untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan dilakukan beberapa pengujian diantaranya adalah uji berat jenis *filler*, berat jenis campuran maksimum (GMM), perancangan kadar aspal optimum, dan marshall pada kadar aspal optimum.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa pada setiap parameter yang dibutuhkan, diperoleh nilai dari uji marshall *filler* serbuk arang batok kelapa menggunakan kadar aspal optimum sebesar 6.2% seluruhnya telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *density/unit weight* terbesar 2,485 terletak pada kadar *filler* 1% , nilai stabilitas terbesar 1220 kg terdapat pada kadar *filler* 1%, nilai *flow* terbesar 3,40 mm terdapat pada kadar *filler* 2%, nilai MQ terbesar 378 kg/mm terdapat pada kadar *filler* 3%, nilai VIM terbesar 4,88% terdapat pada kadar *filler* 1%, nilai VMA nilai terbesar 18,04% terdapat pada kadar *filler* 1% dan 2%, nilai VFB terbesar 74,55% terdapat pada kadar *filler* 2%.

**Kata kunci :** Laston, serbuk arang batok kelapa, kadar aspal optimum

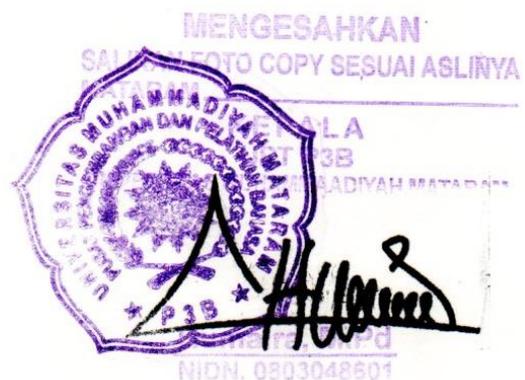
## ABSTRACT

The asphalt concrete wear layer, also known as AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), is a section of the layer that suffers the most damage as a result of repeated vehicle loads, environmental factors, and weather conditions. It has been well investigated that employing additive elements (additives) derived from environmentally friendly local materials might improve pavement performance by modifying the characteristics of asphalt in asphalt concrete mixtures. The use of the coconut shell charcoal powder employed in this study is to find another application for underutilized coconut shell waste besides fuel. Furthermore, the utilization of coconut shells is projected to reduce environmental pollution while also adding economic value to the community.

The test was conducted at the Construction Materials Testing Centre, Materials and Roads Laboratory, Public Works Department, NTB Province. The asphalt content employed in this study was 5.5%, 6%, and 6.5%, and the aggregate and mixed data was obtained for pavement with coconut shell charcoal powder content of 1% 2% 3% of the total weight of the aggregate as filler. Stability, Flow, VIM, VMA, VFB, and MQ are the values to be obtained based on the criteria and specifications. Several tests, including the filler density test, maximum mixed density (GMM), optimal asphalt content design and Marshall at optimum asphalt content, were conducted to achieve the required parameters.

The study found that the value of the Marshall Filler test of coconut shell charcoal powder utilizing an optimum asphalt content of 6.2% matched the Highways 2018 standards for each needed parameter. 1% filler content has the highest density/unit weight value of 2.485, the highest stability value of 1220 kg, the highest flow value of 3.40 mm, the highest MQ value of 378 kg/mm, and the highest VIM value of 4.88%. At 1% and 2% filler levels, the largest VMA value of 18.04% is found, and the largest VFB value of 74.55 percent is found at 2% filler content.

**Keywords:** *Asphalt Concrete, Shell Charcoal Powder, Optimum Asphalt Content*



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS .....	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	vi
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
MOTTO HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1 Penelitian terdahulu .....	5
2.1.2 Aspal .....	6
2.1.3 Bahan pengisi <i>filler</i> .....	8
2.1.3.1 Serbuk arang batok kelapa.....	9
2.1.3.2 Semen.....	10
2.1.4 Agregat.....	11

2.1.4.1 Agregat kasar .....	12
2.1.4.2 Agregat halus .....	12
2.1.5 Lapisan aspal beton (Laston) .....	13
2.1.6 Struktur perkerasan jalan.....	17
2.1.7 Lapisan permukaan ( <i>surface course</i> ) .....	18
2.1.8 Penyebaran beban pada perkerasan jalan.....	19
2.1.9 Karakteristik campuran .....	20
2.2 Landasan Teori .....	22
2.2.1 Pengujian gradasi .....	21
2.2.2 Pengujian volumetrik beda uji .....	22
2.2.3 Kadar aspal tengah ( <i>Pb</i> ).....	24
2.2.4 Pengujian marshall.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	29
3.1 Pengumpulan Data.....	29
3.2 Waktu Penelitian .....	29
3.3 Jenis Data .....	29
3.4 Peralatan .....	28
3.5 Bahan .....	35
3.6 Benda Uji.....	36
3.7 Prosedur Pelaksanaan .....	37
3.7.1 Pembuatan benda uji .....	37
3.7.2 <i>Volumetrik test</i> .....	38
3.7.3 <i>Marshall test</i> .....	39
3.7 Tahapan penelitian.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	42
4.1 Umum .....	42
4.2 Pengujian Material .....	42
4.2.1 Hasil analisa saringan pembagian butir .....	42
4.2.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat.....	49
4.2.3 Data pengujian aspal .....	53
4.2.4 Perkiraan awal kadar aspal tengah ( <i>Pb</i> ).....	54

4.3 Perancangan Kadar Aspal Optimum.....	56
4.3.1 <i>Job mix formula</i> perancangan kadar aspal optimum.....	56
4.3.2 Data pengujian jenis campuran maksimum (GMM).....	60
4.3.3 Hasil perancangan kadar aspal optimum.....	62
4.4 Analisa Marshall pada kadar aspal optimum .....	65
4.4.1 <i>Job mix formula</i> pada kadar aspal optimum.....	65
4.4.2 Hasil analisa pengujian marshall kadar aspal optimum .....	64
4.4.3 Perbandingan penggunaan <i>filler</i> pada campuran .....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran .....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74
DAFTAR LAMPIRAN .....	76



## DAFTAR TABEL

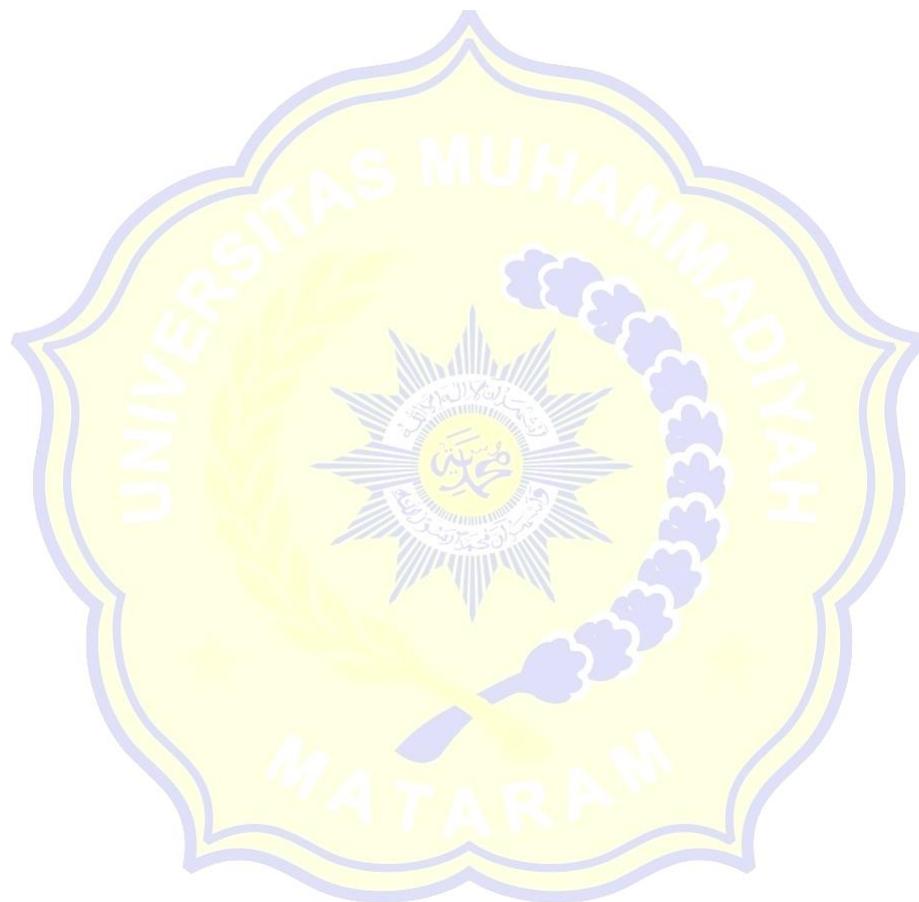
	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan semen portland sebagai <i>filler</i> LASTON .....	10
Tabel 3.1 Kebutuhan benda uji .....	36
Tabel 3.2 Kebutuhan benda uji dalam pengujian marshall optimum.....	36
Tabel 4.1 Analisa saringan pembagian butir material fraksi agregat ( $<3/4''$ ).....	43
Tabel 4.2 Analisa saringan pembagian butir material fraksi agregat ( $<3/8''$ ).....	43
Tabel 4.3 Analisa saringan pembagian butir material abu batu (T #200) .....	44
Tabel 4.4 Analisa saringan pembagian butir material <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa .....	44
Tabel 4.5 Kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 1% .....	45
Tabel 4.6 Kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 2% .....	47
Tabel 4.7 Kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 3% .....	48
Tabel 4.8 Pemeriksaan berat jenis material fraksi agregat ( $<3/4''$ ) .....	51
Tabel 4.9 Pemeriksaan berat jenis material fraksi agregat ( $<3/8''$ ).....	51
Tabel 4.10 Pemeriksaan berat jenis material abu batu (T #200).....	52
Tabel 4.11 Pemeriksaan berat jenis material <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa .....	53
Tabel 4.12 Properties aspal penetrasi 60/70 .....	54
Tabel 4.13 Hasil perhitungan perkiraan pemakaian kadar aspal (Pb) <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 1% .....	55
Tabel 4.14 Hasil perhitungan perkiraan pemakaian kadar aspal (Pb) <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 2% .....	55
Tabel 4.15 Hasil perhitungan perkiraan pemakaian kadar aspal (Pb) <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 3% .....	55
Tabel 4.16 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 5.5% dengan kadar <i>filler</i> 1% .....	56

Tabel 4.17 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 5.5% dengan kadar <i>filler</i> 2% .....	57
Tabel 4.18 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 5.5% dengan kadar <i>filler</i> 3% .....	57
Tabel 4.19 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6% dengan kadar <i>filler</i> 1% .....	58
Tabel 4.20 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6% dengan kadar <i>filler</i> 2% .....	58
Tabel 4.21 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6% dengan kadar <i>filler</i> 3% .....	59
Tabel 4.22 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6.5% dengan kadar <i>filler</i> 1% .....	59
Tabel 4.23 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6.5% dengan kadar <i>filler</i> 2% .....	60
Tabel 4.24 Komposisi materia <i>job mix formula</i> kadar aspal 6.5% dengan kadar <i>filler</i> 3% .....	60
Tabel 4.25 Pengujian berat jenis campuran maksimum (GMM) material <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa dengan kadar <i>filler</i> 1% 2% dan 3% .....	61
Tabel 4.26 Komposisi material <i>job mix formula</i> kadar aspal optimum 6.2% dengan kadar <i>filler</i> 1% .....	65
Tabel 4.27 Komposisi material <i>job mix formula</i> kadar aspal optimum 6.2% dengan kadar <i>filler</i> 2% .....	65
Tabel 4.28 Komposisi material <i>job mix formula</i> kadar aspal optimum 6.2% dengan kadar <i>filler</i> 3% .....	66
Tabel 4.29 Hasil analisa uji marshall pada kadar aspal optimum <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 1% .....	67
Tabel 4.30 Hasil analisa uji marshall pada kadar aspal optimum <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 2% .....	67
Tabel 4.31 Hasil analisa uji marshall pada kadar aspal optimum <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 3% .....	68
Tabel 4.32 Rekapitulasi hasil analisa uji marshall pada kadar aspal optimum.....	69
Tabel 4.33 Perbandingan hasil karakteristik sifat marshall <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa dan filler semen.....	70

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Spesifikasi pemeriksaan aspal .....	7
Gambar 2.2 Spesifikasi pemeriksaan agregat .....	11
Gambar 2.3 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC) .....	17
Gambar 2.4 Lapis struktur perkerasan .....	18
Gambar 2.5 Distribusi beban pada struktur jalan .....	19
Gambar 3.1 Satu set alat uji saringan standar ASTM. ....	30
Gambar 3.2 Alat penguji <i>volumetrik</i> .....	31
Gambar 3.3 Oven dan pengaturan suhu .....	31
Gambar 3.4 Timbangan .....	31
Gambar 3.5 Termometer .....	32
Gambar 3.6 Satu set cetakan ( <i>mold</i> ) .....	32
Gambar 3.7 Alat penumbuk ( <i>compactor</i> ) .....	33
Gambar 3.8 Alat pengangkat <i>briket</i> ( dongkrak hidrolis ) .....	33
Gambar 3.9 <i>Water bath</i> .....	34
Gambar 3.10 Satu set alat marshall .....	34
Gambar 3.11 <i>Filler</i> serbuk arang batok kelapa .....	36
Gambar 3.12 Diagram alir penelitian .....	40
Gambar 4.1 Grafik kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 1% .....	46
Gambar 4.2 Grafik kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 2% .....	47
Gambar 4.3 Grafik kombinasi analisa agregat dengan <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 3% .....	48
Gambar 4.4 Agregat yang digunakan pada penelitian .....	50
Gambar 4.5 Hasil perhitungan campuran <i>filler</i> serbuk arang batok kelapa 1% .....	62
Gambar 4.6 Hasil perhitungan campuran <i>filler</i> serbuk arang batok	

kelapa 2% .....	63
Gambar 4.7 Hasil perhitungan campuran <i>filler</i> serbuk arang batok	
kelapa 3% .....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem Perkerasan jalan sering menjadi penyebab utama kerusakan jalan. Dimana sistem pekerasaan jalan di Indonesia sering disebut-sebut masih tertinggal jauh dari negara-negara lain di dunia. Umumnya perkerasan jalan di Indonesia mengalami kerusakan awal antara lain akibat beban lalu lintas yang berlebihan (*overloading*), temperatur (cuaca), air dan konstruksi perkerasan teknis yang tidak memenuhi persyaratan. Dengan seiring berjalannya waktu banyak pengembang konstruksi zaman sekarang yang beramai-ramai untuk mencari solusi yang tepat untuk menanggulangi hal tersebut.

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekauan serta kestabilan tertentu yang berfungsi menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Letak lapis perkerasan jalan ada di antara tanah dasar dan roda kendaraan, yang artinya lapisan ini berhubungan langsung dengan kendaraan dan lingkungan, sehingga lapisan ini merupakan lapisan yang cepat rusak terutama akibat air. Perkerasan jalan memiliki campuran antara agregat dan bahan pengikat, berdasarkan pengikatnya konstruksi perkerasaan jalan dibedakan menjadi 3 yaitu : Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dan Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*). Namun yang umum digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Jenis perkerasan tersebut adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, dimana lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan lapis permukaan struktural atau lapisan yang berada di atas pada jalan raya. Laston merupakan campuran aspal keras, agregat yang bergradasi menerus dan bahan pengisi (*filler*) yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas. Laston bersifat

kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, kadar aspal berkisar 4 – 7 % terhadap berat campuran. Laston adalah aspal beton yang mempunyai degradasi yang digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat, laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*).

Laston lapisan aus atau lapisan permukaan yang disebut AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan bagian lapisan yang paling sering terjadi kerusakan akibat repetisi beban kendaraan, faktor lingkungan dan faktor cuaca. Telah banyak diteliti bahwa dengan menggunakan bahan adiktif (bahan tambahan) dari material-material lokal ramah lingkungan dapat digunakan untuk memodifikasi sifat-sifat aspal dalam campuran beton aspal, agar dapat meningkatkan kinerja perkerasan.

Serbuk arang batok kelapa dipilih untuk penelitian ini sebagai bahan pengisi (*filler*) khususnya pada kinerja karakteristik aspal beton (AC-WC). Batok kelapa yang digunakan pada penelitian ini didapatkan di Kelurahan Karang Baru, Mataram, dengan cara mengumpulkan limbah tempurung kelapa yang berada disekitar lingkungan tersebut. Serbuk arang batok kelapa adalah serbuk yang dibuat dengan cara pembakaran tempurung kelapa yang nantinya hasil dari pembakaran tersebut akan di tumbuk hingga benar-benar hancur, dijemur, lalu disaring hingga lolos saringan No. 200 (0,075mm). Serbuk arang batok kelapa memiliki sifat mengandung senyawa carbon non polar sama seperti senyawa carbon pada aspal (Nur dkk., 2017). Pemilihan serbuk arang batok kelapa yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk pemanfaatan limbah batok kelapa yang menurut peneliti kurang dimanfaatkan, selain sebagai bahan bakar. Selain itu pemanfaatan batok kelapa juga diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomis bagi masyarakat.

Pembangunan adalah salah satu alasan laju pertumbuhan penduduk di Indonesia, khususnya pada bidang infrastruktur yang kini telah menunjukkan peningkatan yang luar biasa, maka secara otomatis ketersediaan bahan/material akan sangat dibutuhkan. Dalam hal ini yang dimaksudkan adalah bahan batuan sebagai bahan susun lapis perkerasan. Maka dari itu akan

dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan serbuk arang batok kelapa sebagai bahan pengganti *filler* untuk meninjau karakteristik beton aspal AC – WC dengan mengacu kepada spesifikasi Bina Marga.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu :

1. Berapa nilai karakteristik *Marshall* pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*) dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa sebagai pengganti *filler* semen portland ?
2. Berapa nilai kadar aspal optimum pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*), dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa sebagai *filler* ?
3. Bagaimana karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal optimum pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*) dengan menggunakan *filler* serbuk arang batok kelapa ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*) menggunakan dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa sebagai pengganti *filler* semen portland.
2. Untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*), dengan menggunakan serbuk arang batok kelapa sebagai *filler*.
3. Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal optimum pada campuran AC–WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*) dengan menggunakan *filler* serbuk arang batok kelapa.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui sejauh mana serbuk arang batok kelapa dapat digunakan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran perkerasan AC – WC (*Asphalt Concrete–Wearing Course*).
2. Memberikan pengetahuan baru dalam ilmu konstruksi jalan.
3. Diharapkan dapat menjadi alternatif pilihan penggunaan bahan perkerasan yang baru, lebih ekonomis dan ramah lingkungan khususnya dibidang konstruksi jalan.

#### 1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada batasan – batasan permasalahan agar tidak menyimpang dari rumusan masalah di atas untuk membatasi ruang lingkup penelitian . Batasan – batasan tersebut adalah :

1. Pedoman acuan berdasarkan *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*
2. Campuran aspal beton yang diteliti adalah Laston AC–WC (*Ashpalt Concrete – Wearing Course*)
3. Untuk material digunakan agregat kasar <3/8, agregat kasar <3/4, agregat halus Abu batu, dan *Filler*.
4. *Filler* yang digunakan adalah dari hasil pembakaran dari batok kelapa, yang kemudian ditumbuk hingga halus dan dijemur hingga kering sehingga menjadi serbuk arang yang lolos saringan NO. 200 (0,075)
5. Penggunaan serbuk arang batok kelapa sebagai material pengisi (*filler*) dengan kadar 1% , 2 % , 3% dari berat total agregat dan kadar aspal 5,5% , 6% , 6,5%
6. Parameter yang dilihat adalah parameter *Marshall* yang terdiri dari *Marshall Quotient* (MQ), stabilitas, pengaruh terhadap kelelahan (*flow*), *Void In Mix* (VIM), *Void In Mineral Agregate* (VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1 Penelitian terdahulu**

Jenis beton aspal yang umum di Indonesia saat ini adalah laston atau dikenal dengan nama AC (Asphalt Concrete), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani, 2013). AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) merupakan salah satu jenis lapis perkerasan pada konstruksi perkerasan lentur, dimana jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Filler yang merupakan bahan pengisi campuran berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran lapisan perkerasan (Fithra, 2017).

Bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). pengisiannya dilakukan secara terstruktur, jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retak meskipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak guna memenuhi workability. Sebaliknya kekurangan bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang (Gunarto dan Candra, 2019). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan seperti; abu batu, portland cement (PC), abu vulkanik, abu terbang (fly ash), debu tanur tinggi pembuat semen, abu sekam padi dan serbuk arang batok kelapa. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi dibatasi antara 1% hingga 3% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih serbuk arang batok kelapa.

Penggunaan serbuk arang batok kelapa pada campuran beton aspal dapat meningkatkan kinerja stabilitas, kelelahan plastis, dan durabilitas

campuran perkerasan aspal beton dengan penambahan serbuk arang batok kelapa sebesar 2% pada campuran yang menggunakan batok kelapa sebagai bahan pengikat dengan skenario jumlah tumbukan 2 x 75 kali. Peningkatan jumlah tumbukan dapat meningkatkan nilai Marshall Quotient (MQ) campuran beton aspal baik tanpa serbuk arang batok kelapa maupun dengan serbuk arang batok kelapa yang berarti aspal semakin kaku dan cenderung getas dan akhirnya mudah hancur. Peningkatan jumlah tumbukan tertentu pada pembuatan benda uji beton aspal dan penambahan serbuk arang batok kelapa di atas 2% dapat mengurangi besarnya nilai stabilitas sisa (durabilitas campuran beton aspal menjadi rendah) (Mashuri, 2011).

Penggunaan serbuk arang batok kelapa sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kinerja beton aspal. Penambahan serbuk arang batok kelapa yang berlebihan cenderung mengalami penurunan nilai stabilitas. Penggunaan arang batok kelapa juga memberikan pengaruh jelek terhadap kinerja beton aspal. Persentase bahan tambah serbuk arang batok kelapa terhadap berat total campuran yang meningkatkan kinerja beton aspal adalah  $0.61\% - 2.44\% = 7.33 - 29.32$  gram (Nur dkk., 2017)

Namun berbeda dengan penelitian Putra (2013), penggunaan filler arang batok kelapa memiliki pengaruh yang baik terhadap peningkatan nilai stabilitas campuran aspal meskipun tidak signifikan. Hanya pada kadar aspal 4,5 % saja angka kenaikan stabilitas yang terjadi tampak signifikan yaitu senilai 800 kg. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dan kelelahan (flow) juga menurun seiring dengan penggunaan filler arang tempurung kelapa. Dengan demikian arang tempurung kelapa masih bisa digunakan sebagai material filler campuran aspal AC-WC.

### **2.1.2 Aspal**

Aspal merupakan bahan pembentuk lapis permukaan dari perkerasan lentur maupun perkerasan komposit yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah dasar atau lapis pondasi. Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah dan merupakan hasil dari industri perminyakan.

Aspal merupakan material untuk perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah *bitumen*. Hidrokarbon merupakan bahan dasar utama dari aspal yang sering disebut *bitumen* ini. Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan dan ketahanan campuran dalam mendukung beban kendaraan. Aspal dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk mengikat partikel-partikel agregat, mengisi rongga antar 7 agregat. Kadar aspal yang rendah dalam campuran akan mengurangi keawetan, kelenturan, kekuatan, kedapannya terhadap air, dan mengurangi *workability*. Namun, bila aspal terlalu banyak juga akan mengakibatkan stabilitas dan kekakuan campuran yang rendah. (Hardiyatmo, 2015). Spesifikasi pemeriksaan aspal dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan <sup>(1)</sup>	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) <sup>(3)</sup>	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan <sup>(2)</sup>	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :</b>					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
<b>Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 MPa</b>					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Gambar 2.1 Spesifikasi pemeriksaan aspal  
(Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018)

### 2.1.3 Bahan pengisi (*filler*)

*Filler* merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. *Filler* dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. #200. Fungsi *filler* yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, *portland cement* (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan *bitumen* dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan *bitumen* maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal ( Hamzah dkk., 2016).

Adapun *filler* yang digunakan pada penelitian dan dijadikan perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

### **2.1.3.1 Serbuk arang batok kelapa**

Buah kelapa mempunyai hasil sampingan berupa tempurung / batok yang dapat diolah menjadi arang. Namun, selama ini tempurung kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau dibiarkan sebagai limbah. Untuk meningkatkan nilai tambah produk kelapa, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung kelapa yang cenderung meningkat sebagai bahan baku pembuatan arang aktif (Hadi, 2011).

Menurut Isnanda dkk. (2017) abu tempurung kelapa merupakan lapisan yang keras terdiri dari selulosa, mektosil, lignin dan mineral lainnya. Kandungan dari bahan-bahan tersebut beragam disesuaikan dengan jenis kelapa. Berat dari tempurung kelapa berkisar 12% dari berat total keseluruhan kelapa, sedangkan pengaruh dari struktur tempurung yang keras adalah kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) yang cukup tinggi.

Serbuk arang batok kelapa merupakan salah satu limbah yang dikatakan sesuai dengan persyaratan agregat sebagai bahan jalan yang apabila ditinjau dari proses terbentuknya meliputi batuan dan bahan sisa/bekas. Serta ditinjau dari kriteria penggunaan, sumber, bentuk bahan bekas dan klasifikasinya maka, serbuk arang batok kelapa dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus.

Serbuk Arang Batok Kelapa yang dipergunakan pada campuran beton aspal harus tumbuk dan disaring untuk mendapatkan ukuran butir yang diinginkan serbuk yang lolos saringan No. 200 (0.075mm). Serbuk arang batok kelapa memiliki sifat mengandung senyawa Carbon non Polar yang sama seperti senyawa Carbon aspal ( Nur dkk., 2017).

### 2.1.3.2 Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (*Bonding material*) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu masa yang padat (Zulfikar dkk., 2014).

Semen merupakan satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air maupun mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu keatuan kompak. Sifat pengikat semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungannya. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga hanya dengan rentang 1% - 2% (Bina Marga, 2018).

Semen ini biasa digunakan sebagai bahan perekat. Kandungan tentang komposisi senyawa kimia pada semen portland dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.1 Kandungan semen portland sebagai *filler* LASTON

<b>Nama Senyawa</b>	<b>Persentase</b>
Tricalcium Silicate (C3S)	51%
Dicalcium Silicate (C2S)	24%
Tricalcium Aluminate (C3A)	6%
Tricalcium Aluminate Ferrit (C4AF)	11%
Magnesium Oksida (MgO)	2.9%
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	2.5%

### 2.1.4 Agregat

ASTM 1995 mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan *metamorph*. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan alami terlebih dahulu dan agregat buatan yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu (Waani, 2013). Agregat yang digunakan dalam campuran aspal harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada Gambar 2.2 berikut.

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						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

Gambar 2.2 Spesifikasi pemeriksaan agregat  
(Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018)

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2018 yaitu:

- a. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yakni yang tertahan saringan no. 8
- b. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yakni yang lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 200.

#### **2.1.4.1 Agregat kasar**

Menurut Bina Marga, (2018) agregat kasar adalah agregat yang lolos pada saringan 3/4" (19,1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Stabilitas mekanis agregat harus mempunyai suatu kekerasan untuk menghindari terjadinya suatu kerusakan akibat beban lalu lintas dan kehilangan kestabilan. Pemeriksaan ketahanan terhadap abrasi dengan menggunakan mesin los angeles, jika dalam pemeriksaan ini kehilangan berat lebih dari nilai yang ditentukan, maka agregat tidak layak untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Bentuk butir sangat menentukan kekuatan selain gradasi, kekompakkan dan kekerasan. Bentuk yang bundar relatif kurang stabil dibandingkan permukaan dengan bidang patah. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen 9 terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.

#### **2.1.4.2 Agregat halus**

Agregat halus adalah fraksi agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) terdiri bahan-bahan berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki. Karakteristik agregat halus yang menjadi tumpuan bagi kekuatan campuran aspal terletak pada jenis, bentuk dan tekstur permukaan dari agregat (Bina Marga, 2018).

Agregat halus memegang peranan penting dalam pengontrolan daya tahan terhadap deformasi, tetapi penambahan daya tahan ini diikuti pula dengan penurunan daya tahan campuran secara keseluruhan jika melebihi proporsi yang disyaratkan. Fraksi agregat halus dan pasir harus ditumpuk terpisah sehingga pemakaian

dalam campuran dapat dikendalikan. Bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu Abu Batu. Abu batu adalah batuan bahan bangunan yang merupakan hasil dari proses penghancuran bongkahan batu yang digunakan untuk campuran beton. Abu batu bisa dibilang memiliki jumlah yang sangat banyak dan masih dalam tahap pengembangan untuk mengurangi penggunaan pasir dalam adukan beton. Abu batu terdiri dari butiran yang cukup kasar. Ditinjau dari ukuran butirannya maka abu batu merupakan agregat halus. Abu batu memiliki penyerapan air yang lebih tinggi dari pada pasir alami, maka dari itu untuk mendapatkan kelecakan campuran beton yang sama dengan kelecakan campuran beton menggunakan pasir alami. (Ibrahim dan Saelan, 2019),

Pada umumnya pada perkerasan jalan, abu batu digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal karena abu batu merupakan agregat yang lolos saringan no.200 dan tertahan di pan. Abu batu yang tertahan di pan merupakan *filler*, dan partikel abu batu yang lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200 masih termasuk agregat halus. Maka dari itu pada penelitian yang dilakukan ini, abu batu yang tertahan saringan no.200 adalah agregat yang digunakan sebagai agregat halus.

#### **2.1.5 Lapis aspal beton (Laston)**

Lapis aspal beton (Laston) pada konstruksi jalan raya merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus (*well graded*) dengan atau tanpa bahan tambahan. material-material tersebut diangkut ke lokasi, dan kemudian dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Jika semen aspal,

maka pencampuran umumnya antara 145-155°C sehingga disebut beton aspal campuran panas (*hotmix*) (Sukirman, 2003).

Lapis Aspal Beton (Laston) terdiri dari AC (*Asphalt Concrete*) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus. Lapisan ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (*Asphalt Concrete Base / Asphalt Treated Base*). Laston sebagai lapisan aus (*Wearing Course*) adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan yang digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat, dan merupakan lapisan kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai tebal nominal laston 4- 6 cm (Bina Marga, 2010). Berdasarkan kegunaannya AC – WC di bagi menjadi dua yaitu AC – WC yang bergradasi kasar dimana agregat kasar lebih dominan pada campuran ini, yakni tertahan saringan No.8 (2.36 mm), biasanya digunakan untuk daerah pegunungan, gerbang tol dan dekat lampu lalu lintas, sedangkan AC – WC yang bergradasi halus dimana agregat halus lebih dominan pada campuran ini, yakni lolos saringan No.8 (2.36 mm) , biasa digunakan untuk jalan raya yang memiliki deformasi tidak terlalu besar.

Bahan lapis aspal beton yang digunakan merupakan campuran homogen yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Lapis Aspal Beton (Laston) dibuat untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan pada perkerasan jalan yang mampu memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut:

1. Tahan terhadap tekanan (*stability*)

Tahan terhadap tekanan adalah kemampuan dari suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Jalan yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan suatu perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan internal dan kohesi.

2. Keawetan (*durability*)

Keawetan adalah kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepampatan dan kedap airnya campuran. Semakin tebal film aspal akan mengakibatkan mudah terjadi *bleeding* yang akan menyebabkan jalan semakin licin.

3. Kelenturan (*flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan dari beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. *Fleksibilitas* dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat yang bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah suatu kemampuan dari beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5. Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga roda kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Selain itu agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga harus mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan

6. Kedap air (*impermeable*)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Mudah dilaksanakan (*workability*)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipampatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur gradasi serta kondisi agregat.

Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm, terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di lapisan pondasi (*Base Course*)
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Lapisan aspal beton (Laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. (Suhardi dkk. 2016).

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

Gambar 2.3 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC)

(Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018)

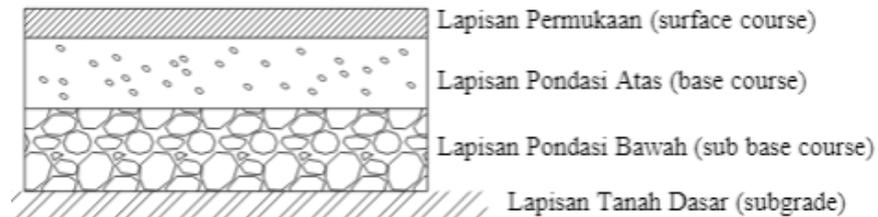
### 2.1.6 Struktur perkerasan jalan

Campuran pada perkerasan jalan adalah agregat dan bahan ikat (*binder*) yang diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan untuk melayani beban lalu lintas. Tujuan dibuatannya struktur perkerasan jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan yang disebabkan beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang memikul beban tersebut.

Pada penelitian ini yang digunakan adalah konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), dimana perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi ini mengijinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas, itulah mengapa konstruksi ini disebut “lentur”.

Lapisan ini memiliki fungsi memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas dari permukaan hingga ke tanah dasar.

Susunan struktur jalan (perkerasan lentur) di Indonesia pada umumnya mengacu kepada standar USA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lapis struktur perkerasan

### 2.1.7 Lapisan permukaan (*surface course*)

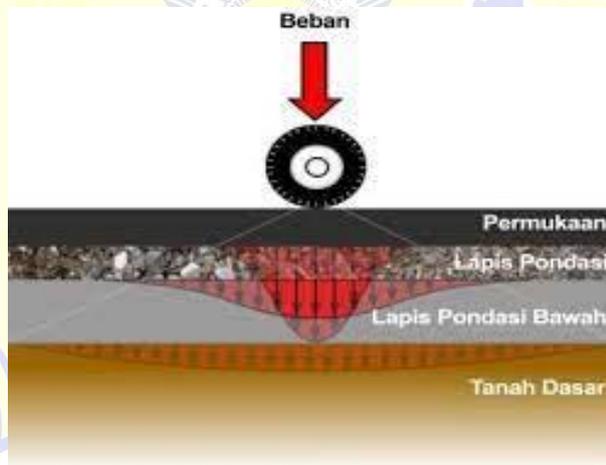
Lapis permukaan / Lapisan Aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas, yang biasanya kita pijak dan bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Fungsi lapis aus (*Wearing Course*) antara lain sebagai berikut :

- 1) Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, dan dapat diganti lagi dengan yang baru. Dengan persyaratan mempunyai stabilitas tinggi.
- 2) Sebagai lapisan kedap air, untuk mencegah air hujan terserap ke lapisan dibawahnya, yang apabila terserap dapat mengakibatkan melemahnya lapisan tersebut.
- 3) Menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat (anti selip).
- 4) Lapis yang fungsinya menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga lapisan lainnya dapat ikut memikul.
- 5) Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata sehingga nyaman dilalui.

### 2.1.8 Penyebaran beban pada perkerasan jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur perkerasan akan menimbulkan beban langsung pada arah vertikal yang terpusat pada kontak kecil antara roda dengan perkerasan. Saat kendaraan bergerak, terdapat tambahan beban dinamis pada arah horizontal akibat percepatan pergerakan pada kendaraan dan pada arah vertikal disebabkan pergerakan kendaraan keatas dan kebawah karena perkerasan yang tidak merata.

Lapisan-lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang telah dipadatkan merupakan lapis pada konstruksi perkerasan lentur. Lapisan-lapisan tersebut memiliki fungsi menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan disebarkan ke perkerasan jalan melalui kontak roda berupa beban terbagi rata atau  $P_0$ . Kemudian beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi  $P_1$  yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Distribusi beban pada struktur jalan

Lapisan perkerasan akan mengalami pembebanan yaitu beban tekan dan tarik. Dimana beban tarik adalah beban yang menyebabkan adanya retak, awal mula retakan (*crack initiation*) terjadi pada bagian bawah lapisan perkerasan yang selanjutnya akan menjalar ke permukaan. Namun, retakan

juga bisa diawali pada bagian atas lalu lintas yang kemudian menyebar ke bawah permukaan.

Salah satu sebab kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan adalah meningkatnya beban dan repetisi beban yang akhirnya mengarah kepada retak pada lapisan beraspal. Selain itu cuaca juga menyebabkan kerapuhan yang dapat menyebabkan lapisan beraspal menjadi rentan terhadap retak. Apabila retak mulai meluas dan tidak dilakukan perbaikan, maka retak akan terus meluas dengan cepat dan akan menciptakan lubang.

### **2.1.9 Karakteristik campuran**

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah karakteristik yang akan diinginkan dalam penelitian.

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
  - Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda

kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai durabilitas adalah:

- Tebalnya selimut aspal
  - Banyaknya pori dalam campuran
  - Kepadatan dan kedap airnya campuran.
3. Menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.
4. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip.

Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu:

- Kekasaran permukaan dari butir-butir agregat
  - Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
  - Gradasi agregat
  - Kepadatan campuran
  - Tebal film aspal.
5. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

- Kecilnya presentasi porositas
- Gradasi agregat
- Kepadatan campuran

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengujian gradasi

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh dari hasil pemecahan *stone crusher* (mesin pemecah batu). Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat di bedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan standard dari BS 812, ASTM C-33, C 136, ASHTO T.26 ataupun Standard Nasional Indonesia.

Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk menentukan komposisi dari bricket/sample campuran Aspal yang akan kita jadikan acuan untuk pengaspalan di lokasi proyek, hasil dari uji gradasi ini akan di peroleh pada grafik amplop yang nantinya pada grafik ini di tentukan berapa persen komposisi yang masuk spesifikasi. Saringan/ayakan untuk gradasi ini berbeda dengan gradasi tanah dan lapisan berbutir, adapun ukuran gradasi aspal dari yang terbesar hingga yang terkecil adalah 1.5” , 1” , 3/4” ,1/2” , 3/8” , #4 , #8, #16 , #30, #50, #100, #200

### 2.2.2 Pengujian volumetrik benda uji

Dilakukannya pengujian volumetrik ini bertujuan untuk membandingkan volumetrik benda uji yang akan digunakan pada pengujian marshall yaitu berupa stabilitas dan *flow*. Pengujian volumetrik dilakukan dengan cara membandingkan nilai *density*, VMA, VIM, dan VFB pada benda uji untuk masing-masing alat uji digital dan analog. pengujian marshall.

Data-data yang diperoleh daril *test* laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini.

#### A. Berat Jenis

- a) Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut ini.

$$Bulk = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.1)$$

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

$$APPT = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.3)$$

$$Penyerapan = \frac{(B-A)}{BA} \times 100\% \quad (2.4)$$

dengan,

*Bulk* = Berat jenis

*SSD* = Berat jenis kering permukaan

*APPT* = Berat jenis semu

*A* = berat benda contoh uji kering oven (gr)

*B* = berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

*C* = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

b) Berat jenis agregat halus & filler dengan rumus sebagai berikut :

$$Bulk = \frac{BK}{(B+500-Bt)} \quad (2.5)$$

$$SSD = \frac{500}{(B+500-Bt)} \quad (2.6)$$

$$APPT = \frac{BK}{(B+Bk-Bt)} \quad (2.7)$$

$$Penyerapan = \frac{(500-BK)}{Bk} \times 100\% \quad (2.8)$$

dengan,

*Bulk* = Berat jenis

*SSD* = Berat jenis kering permukaan

*APPT* = Berat jenis semu

*500* = Berat benda uji (gram)

- $B_k$  = Berat uji kering (gram)  
 $B$  = Berat picnometer diisi air (25°C) (gram)  
 $B_t$  = Berat piknometer + berat benda uji (SSD) + air (25°C) (gram)

c) Berat jenis *bulk* gabungan ( $U$ )

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_j a Bulk}\right) + \left(\frac{b}{B_j a Bulk}\right) + \left(\frac{c}{B_j a Bulk}\right) + \left(\frac{d}{B_j a Bulk}\right)} \quad (2.9)$$

d) Berat jenis *apparent* gabungan ( $App$ )

$$App = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_j a App}\right) + \left(\frac{b}{B_j a App}\right) + \left(\frac{c}{B_j a App}\right) + \left(\frac{d}{B_j a App}\right)} \quad (2.10)$$

e) Berat jenis efektif ( $V$ )

$$V = \frac{U + App}{2} \quad (2.11)$$

Dari data tersebut diperoleh harga *Density, Stabilitas, Marshall Quotient*

### 2.2.3 Kadar aspal tengah ( $P_b$ )

Kadar aspal tengah digunakan untuk menentukan kadar awal aspal yang nantinya akan digunakan pada penelitian di laboratorium, guna untuk memperoleh kadar aspal yang akan dipakai dalam perencanaan di lapangan. Kadar aspal tengah ( $P_b$ ) yang diperoleh menggunakan persamaan sesuai spesifikasi umum Bina Marga, 2018 sebagai berikut :

$$P = 0.035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0.18 (\%filler) + K \quad (2.12)$$

dengan,

$P$  = Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

$CA$  = Persen agregat tertahan saringan no.8

$FA$  = Persen agregat lolos saringan no.8 dn tertahan saringan no.200

$Filler$  = Persen agregat minimal 75% lolos saringan no.200

$K$  = Konstanta (0.5 – 1 untuk laston, 2 – 3 untuk lataston; 1- 25 untuk campuran lain).

#### 2.2.4 Pengujian marshall

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

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelehan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula *flow*nya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.

Dari hasil pengamatan pada pengujian marshall kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal *Void Filled With Bitumen* (VFB), Volume pori diantara partikel agregat *Void in Mineral Aggregates* (VMA), presentase rongga dalam campuran *Void in the Mix* (VIM), kelelehan (*flow*), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (MQ). Berikut ini penjelasan dari kata-kata di atas :

a) VMA adalah volume pori diantara partikel agregat dalam campuran yang telah dipadatkan, termasuk pori yang terisi oleh aspal, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran.

Rumus VMA adalah :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb - Ps}{Gsb} \quad (2.13)$$

dengan,  $Gmb$  = berat jenis campuran padat (AASHTO T-166)

$Gsb$  = berat jenis curah agregat

$Ps$  = persen agregat terhadap berat total campuran

- b) VFB adalah volume pori di antara partikel-partikel agregat yang terisi aspal dalam campuran padat, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran.

Rumus VFB adalah :

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.14)$$

dengan,  $VFB$  = rongga terisi aspal persen terhadap VMA

$VMA$  = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

$VIM$  = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

- c) VIM disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*.

Rumus VIM adalah :

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (2.15)$$

dengan,  $Gmm$  = berat jenis maksimum campuran

$Gmb$  = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

d) Kelelehan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

e) Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Rumus stabilitas adalah :

$$S = P \times r \quad (2.16)$$

dengan,  $P$  = Kalibrasi *proving ring* pada 0

$r$  = Nilai pembacaan arloji stabilitas

f) Nilai  $MQ$  menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai  $MQ$  terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai  $MQ$  terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

Rumus  $MQ$  adalah :

$$MQ = \frac{S}{t} \quad (2.17)$$

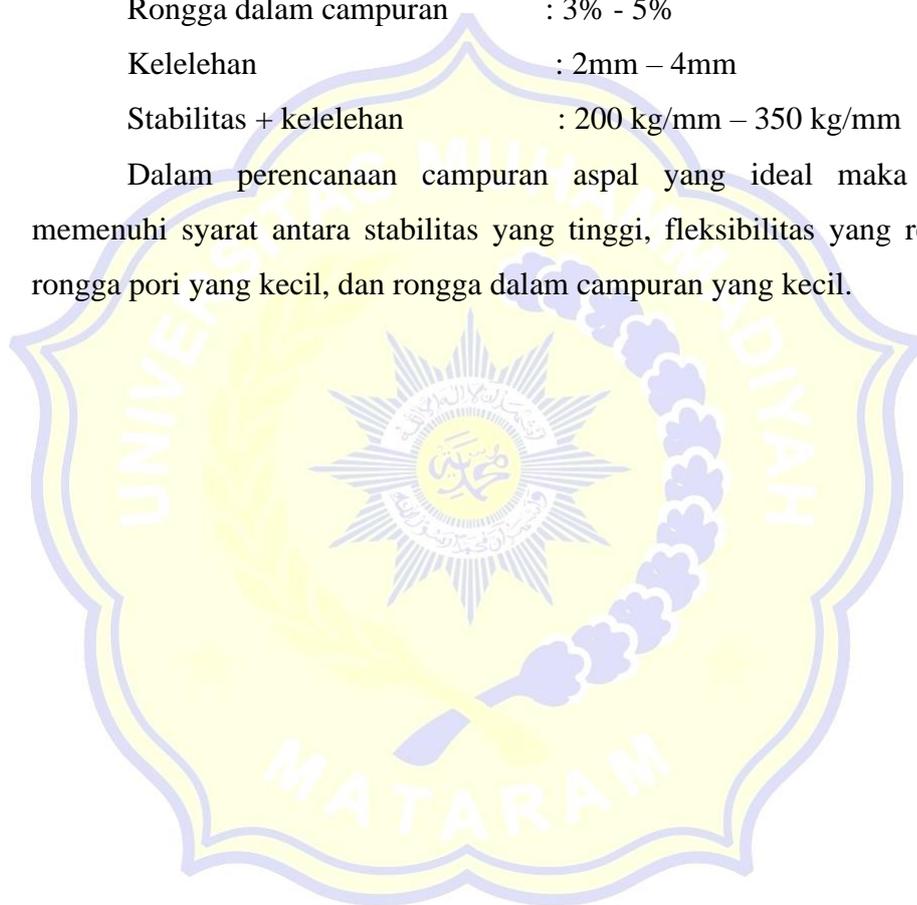
dengan,  $S$  = Nilai stabilitas terpendang (Kg)

$t$  = Nilai kelelehan/flow (mm)

Dari hasil yang telah didapatkan tersebut dapat diperoleh kadar aspal optimum berdasarkan kriteria di batas, untuk kemampuan campuran yang sesuai dengan Standar Bina Marga. Persyaratan campuran lapis aspal untuk lalu lintas berat berdasarkan buku petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Tabel IV halaman 10, untuk jalan raya adalah sebagai berikut :

Rongga terisi aspal	: > 75%
Rongga dalam campuran	: 3% - 5%
Kelelehan	: 2mm – 4mm
Stabilitas + kelelehan	: 200 kg/mm – 350 kg/mm

Dalam perencanaan campuran aspal yang ideal maka harus memenuhi syarat antara stabilitas yang tinggi, fleksibilitas yang rendah, rongga pori yang kecil, dan rongga dalam campuran yang kecil.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini dilakukan pengumpulan data agregat dan campuran untuk perkerasan *Asphalt Concrete* (AC) dan *Wearing Course* (WC) dengan kadar serbuk arang batok kelapa 1% 2% 3% terhadap berat total agregat sebagai bahan pengisi (*filler*) dan kadar aspal yang digunakan 5,5%, 6%, 6.5%

Sebelum penelitian dilakukan ada beberapa tahapan-tahapan yang harus dilalui, mulai dari persiapan, pemeriksaan, mutu bahan/materian (agregat, aspal, *filler*), perencanaan campuran sampai dengan tahap pelaksanaan pengujian menggunakan metode marshall. Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilakukan terhadap pengujian, sehingga diperoleh nilai-nilai Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFB dan MQ. Alat yang digunakan dalam pengujian penelitian ini yaitu marshall sebagai alat uji tekan aspal. Pengambilan data pada alat marshall dilakukan dengan mencatat besarnya gaya yang didapat dari menghancurkan benda uji tersebut.

#### **3.2 Waktu Penelitian**

Penelitian dan uji coba dimulai tanggal 28 Juni 2021 sampai tanggal 7 Juli 2021. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jalan, Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat.

#### **3.3 Jenis Data**

Jenis Data Penelitian terdiri dari :

##### **1. Data Primer**

Data primer adalah data pertama kali yang dikumpulkan oleh peneliti melalui upaya pengambilan data di lapangan langsung, misalnya dengan

melakukan penelitian atau pengujian secara langsung yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada. Karena inilah data primer di sebut sebagai data utama atau data pertama. Dalam penelitian ini yang termasuk data primer adalah pengujian berat jenis *filler* serbuk arang batok kelapa, pengujian gradasi *filler* serbuk arang batok kelapa, dan hasil uji marshall.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Hal tersebut berarti bahwa peneliti berperan sebagai pihak kedua, karena tidak didapatkan secara langsung. Data sekunder dalam penelitian ini adalah data pemeriksaan agregat, data gradasi agregat dan data hasil pemeriksaan karakteristik aspal yang diperoleh dari Laboraturium Bahan dan Jalan, Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB

## 3.4 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

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



Gambar 3.1 Satu set alat uji saringan standar ASTM.

b. Satu set alat pengujian *volumetrik*



Gambar 3.2 Alat penguji *volumetrik*

2. Oven dan pengatur suhu.



Gambar 3.3 Oven dan pengaturan suhu

3. Timbangan.



Gambar 3.4 Timbangan

4. Termometer.



Gambar 3.5 Termometer

5. Alat pembuat *briket* campuran aspal hangat terdiri dari :

- a. Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,60 mm, tinggi 80 mm .



Gambar 3.6 Satu set cetakan (*mold*)

- b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").



Gambar 3.7 Alat penumbuk (*compactor*)

- c. Satu set alat pengangkat *briket* ( dongkrak hidrolis ).



Gambar 3.8 Alat pengangkat *briket* ( dongkrak hidrolis )

6. Satu set *water bath*



Gambar 3.9 *Water bath*

7. Satu set alat marshall, terdiri dari :

- a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
- b. Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025
- c. Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta pelengkapannya.



Gambar 3.10 Satu set alat marshall

8. Alat Penunjang
  - a. kompor
  - b. sendok, spatula
  - c. sarung tangan
  - d. kunci pas
  - e. obeng
  - f. roll kabel
  - g. wajan

### 3.5 Bahan

Bahan – bahan yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari Stokpile PT. Sinarbali Binakarya, Lombok. Terdiri dari, agregat (<math><3/4''</math>), agregat (<math><3/8''</math>) dan abu batu (T #200). Hasil pemeriksaan agregat merupakan data sekunder yang diperoleh dari Laboraturium Bahan dan Jalan, Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB.

2. Aspal

Aspal penetrasi 60 / 70 produksi PERTAMINA (Base camp Pringga Baya) yang diperoleh dari Laboraturium Bahan dan Jalan, Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB.

3. Filler

Filler adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar (75%) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Penelitian ini menggunakan *filler* serbuk arang yang berasal dari limbah batok kelapa yang diambil dan dikumpulkan di Kelurahan Karang Baru, Mataram.



Gambar 3.11 *Filler* serbuk arang batok kelapa

### 3.6 Benda Uji

Berikut adalah kebutuhan benda uji yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2

Tabel 3.1 Kebutuhan benda uji

No	Kadar Aspal	Filler Serbuk Arang Batok Kelapa			Jumlah Benda Uji
		1%	2%	3%	
1	5.5%	3	3	3	9
2	6%	3	3	3	9
3	6.5%	3	3	3	9
					27

Tabel 3.2 Kebutuhan benda uji dalam pengujian marshall optimum

No	Kadar Aspal	Filler Serbuk Arang Batok Kelapa			Jumlah Benda Uji
		1%	2%	3%	
1	Optimum	3	3	3	9
					9

Jadi jumlah benda uji yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah 36 benda uji

## 3.7 Prosedur Pelaksanaan

### 3.7.1 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.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

#### 1. Tahap I

Pada tahap ini hal pertama yang akan dilakukan adalah persiapan yaitu mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan dan selanjutnya menentukan persentase pada masing - masing butiran, hal ini dilakukan untuk mempermudah pencampuran serta mempermudah saat melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.

#### 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 dituang ke dalam wajan yang berisi agregat yang diletakkan di atas 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 pematatan. 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, atau 2 x 75 kali tumbukan. 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 *volumetrik test* dan pengujian dengan alat uji marshall.

### 3.7.2 *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 di pisahkan menurut ukurannya di rendam 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 23-24.

3. Tahap III

Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (*Specific Gravity*) masing-masing benda uji dengan menggunakan rumus 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11

4. Tahap IV

Tahap keempat perhitungan dalam karakteristik sifat-sifat marshall dengan menggunakan rumus 2.12 – 2.17

5. Tahap V

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

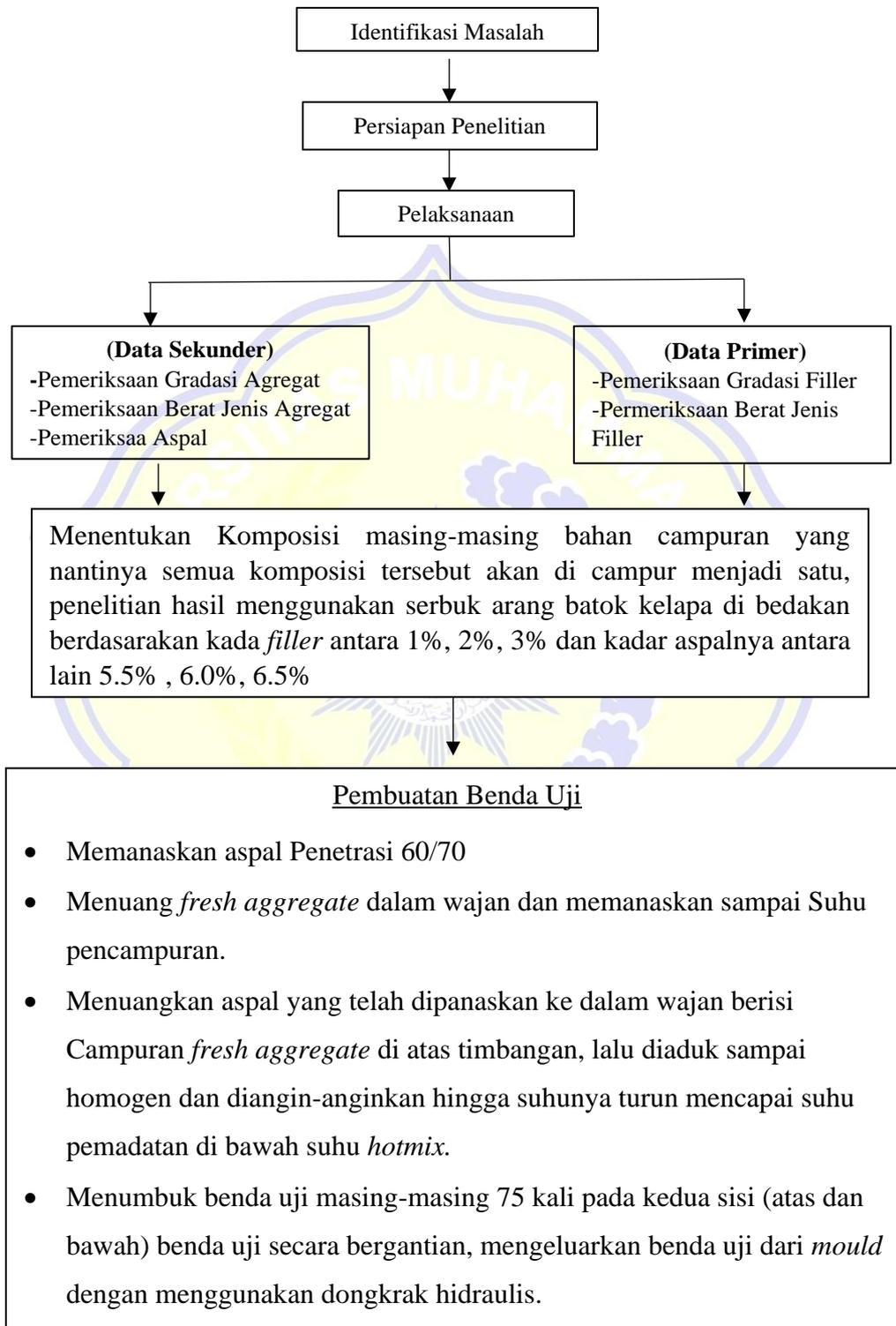
### 3.7.3 *Marshall test*

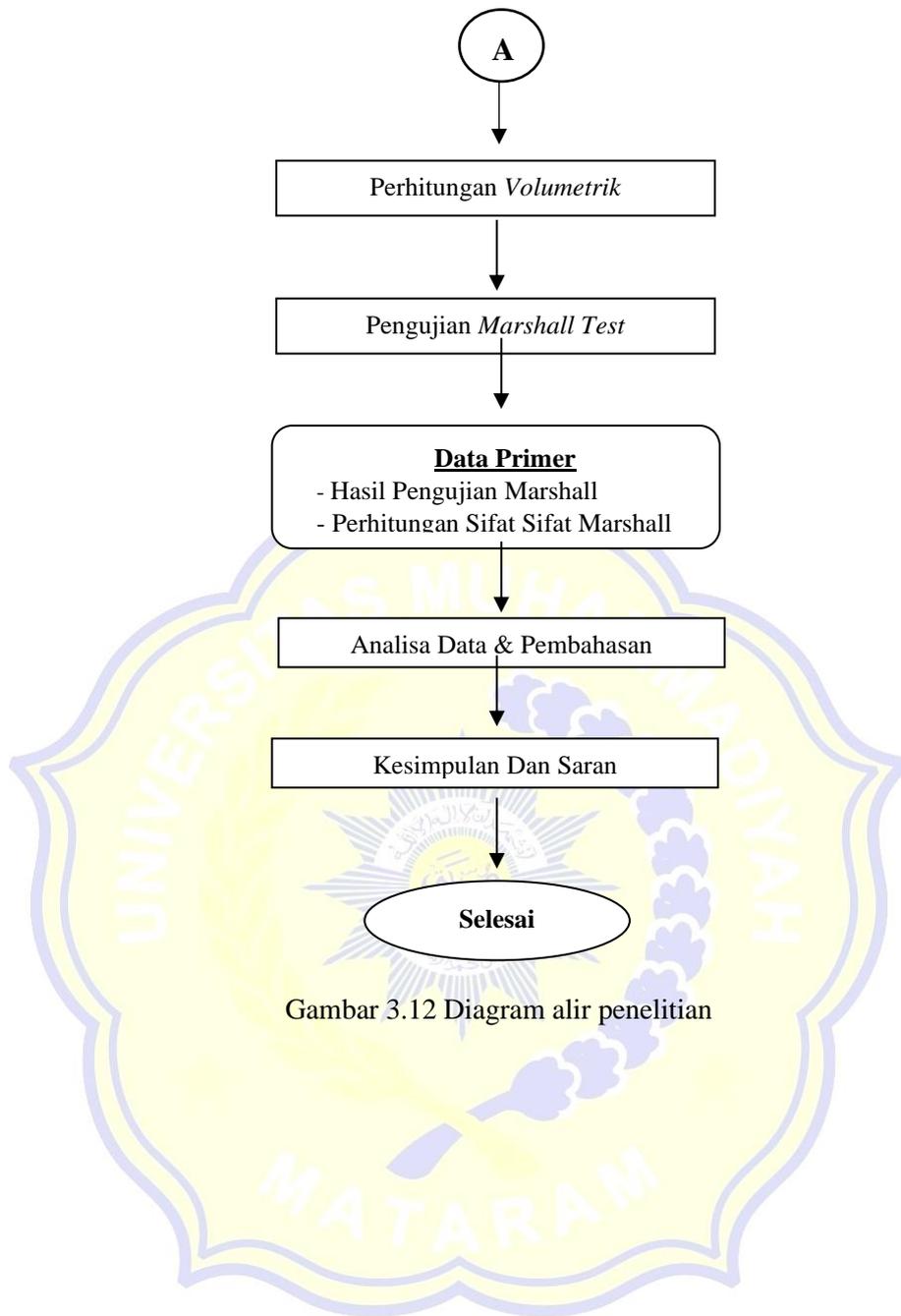
Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam.
2. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 menit dengan suhu 60 °C.
3. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji marshall untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan *marshall quotient* di dapatkan dengan rumus.



### 3.8 Tahap Penelitian





Gambar 3.12 Diagram alir penelitian