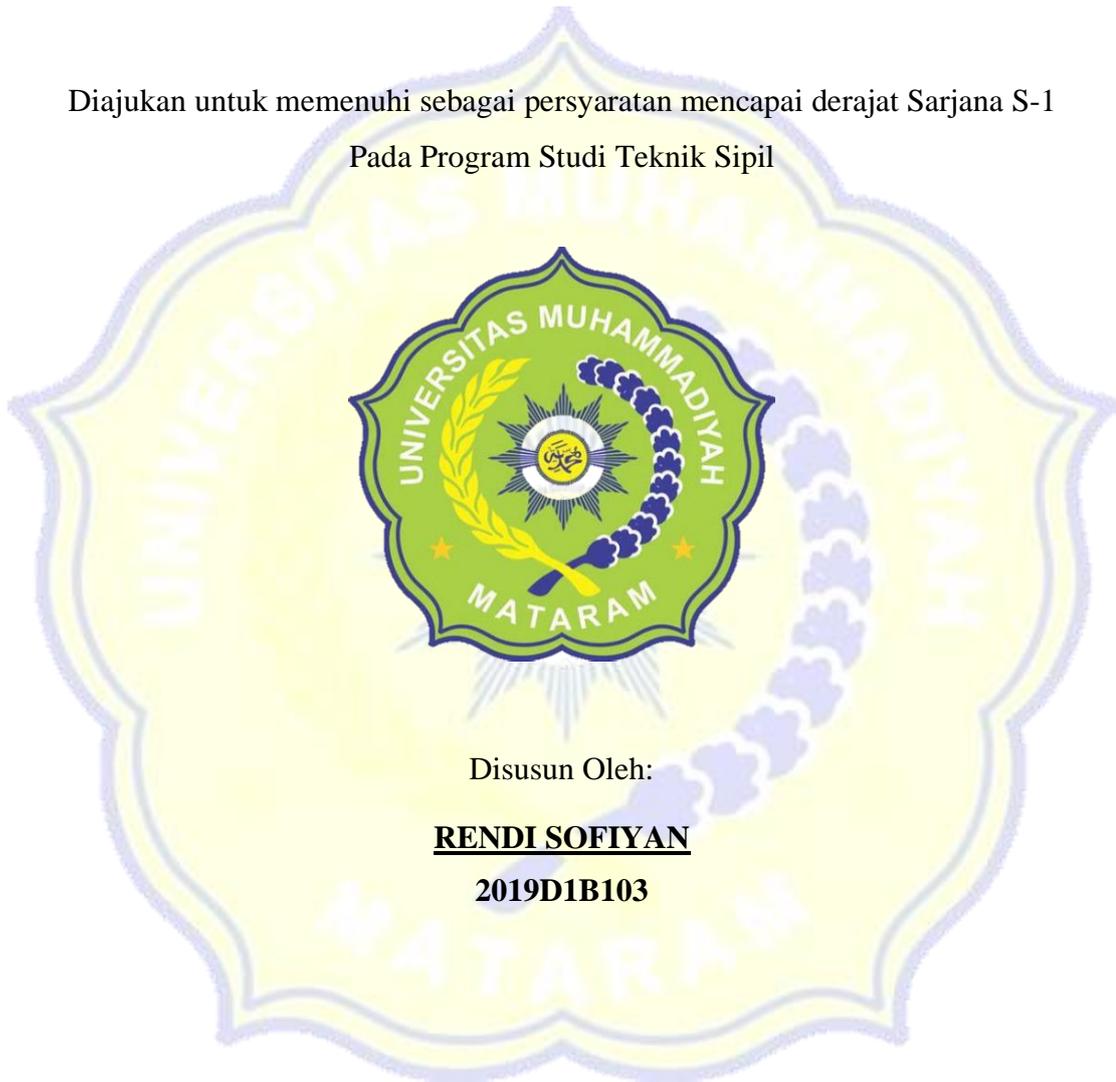


SKRIPSI

“ANALISA PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI PENGANTI *FILLER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN *ASPHALT AC-BC*”

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Pada Program Studi Teknik Sipil



Disusun Oleh:

RENDI SOFIYAN

2019D1B103

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN 2024**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

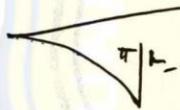
**ANALISA PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI PENGGANTI
FILLER TERHADAP PARAMETER MARSHALL PADA CAMPURAN
ASPHALT AC-BC**

Disusun Oleh :

RENDI SOFIYAN
2019DIB103

Mataram, 17 Januari 2024

Pembimbing I



Titik Wahyuningsih, ST.,MT
NIDN : 0819097401

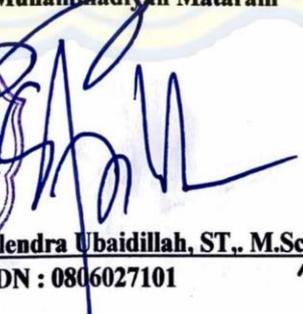
Pembimbing II



Anwar Efendy, ST.,MT
NIDN : 0811079502

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram




Dr. H. Aji Saalendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN : 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

**“ANALISA PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI
PENGANTI *FILLER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA
CAMPURAN *ASPHALT AC-BC*”**

Disusun Oleh :

RENDI SOFIYAN
2019DIB103

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal : 31 Januari 2024

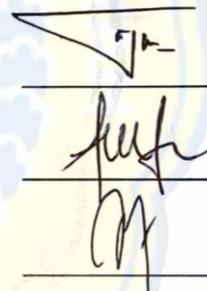
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Titik Wahyuningsih, ST.,MT.

Penguji II : Anwar Efendy, ST.,MT.

Penguji III : Adiman Fariyadin, ST.,MT.



Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



Dr. H. Aji Saalendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN : 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul:

**ANALISA PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI PENGGANTI
FILLER TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN
ASPHALT AC-BC**

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 dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukuman yang berlaku.

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

Mataram, 23 Februari 2024

Yang Membuat Pernyataan



METERAN
TEMPEL
10000
1DEALX081242534

RENDI SOFIYAN

NIM: 2019D1B103



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

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

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

Nama : Rendi Sofiyah
NIM : 2019018103
Tempat/Tgl Lahir : Praya 20 Mei 1997
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 081917222287
Email : sofiyahrendi@gmail.com

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

Analisa Penggunaan Abu Serbuk Kayu sebagai Pongganfi Piller
Terhadap Parameter Marshall pada campuran Asphalt AC-30

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 46%

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.

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

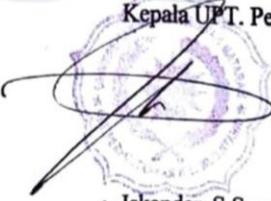
Mataram, 23 Februari 2024

Penulis


Rendi Sofiyah
NIM. 2019018103

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT


Iskandar, S.Sos., M.A.
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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Rendi Sofyan
NIM : 2019018103
Tempat/Tgl Lahir : Praya 20 Mei 1997
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 08190722287
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:

Analisa penggunaan Abu Serbuk kayu sebagai Pengganti filler terhadap parameter Marshall Pada campuran Asphalt AC-Bc

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, 23 Februari 2024
Penulis



Rendi Sofyan
NIM. 2019018103

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S Al-Baqarah, 2: 286)

"Siapa yang menjauhkan diri dari sifat suka mengeluh maka berarti ia mengundang kebahagiaan."

(Abu Bakar Asshidiq)

“Hindarilah sifat malas dan bosan, karena keduanya kunci keburukan. Sesungguhnya jika engkau malas, engkau tidak akan melaksanakan kewajiban. Jika engkau bosan, engkau tidak akan tahan dalam menunaikan kewajiban.

(Umar Bin Khattab)

“Apapun Yang Menjadi Takdirmu Akan Mencari Jalannya Menemukanmu”

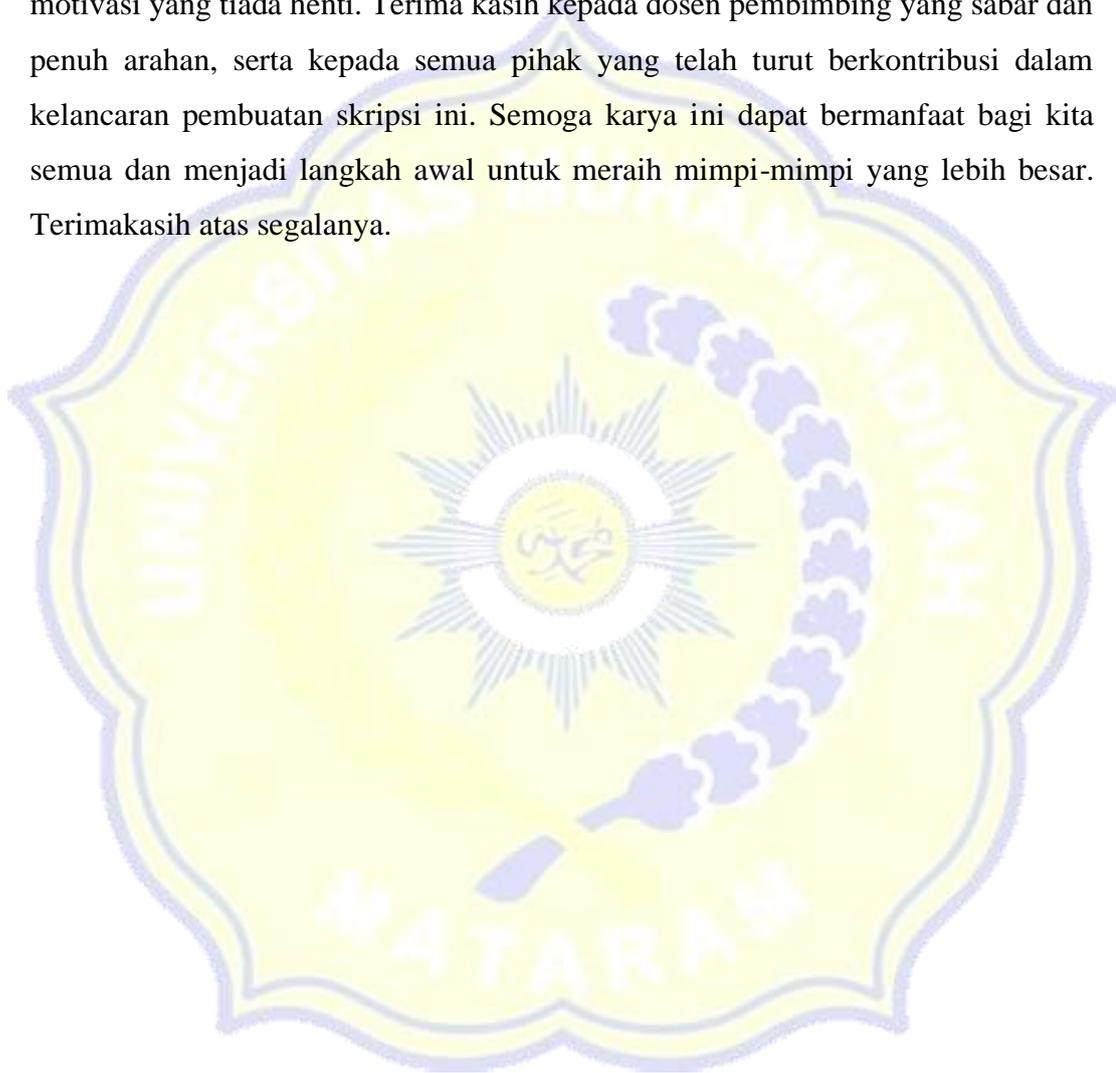
(Ali Bin Abi Thalib)

"Jalan adalah jalur menuju tempat-tempat yang belum diterjamah, direncanakan dengan tekad, dibangun dengan ketekunan, dan menghubungkan mimpi-mimpi dengan realitas."

(Rendi Orton)

PERSEMBAHAN

Tulus kami persembahkan hasil karya ini kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan nikmat-Nya, yang senantiasa memberikan petunjuk dan kekuatan dalam perjalanan pembuatan skripsi ini. Tak terhingga rasa syukur kami kepada kedua orang tua, keluarga, dan teman-teman yang telah memberikan doa, dukungan, serta motivasi yang tiada henti. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang sabar dan penuh arahan, serta kepada semua pihak yang telah turut berkontribusi dalam kelancaran pembuatan skripsi ini. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi langkah awal untuk meraih mimpi-mimpi yang lebih besar. Terimakasih atas segalanya.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal skripsi yang berjudul “Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai *Filler* Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran *ASPHALT AC-BC*”. Salawat beserta salam tidak lupa pula kita haturkan kepada junjungan alam Nabi besar Nabi Muhammad SAW. Dan pada keluarga, sahabat, yang telah berjuang dalam segala hal.

Demikian, semoga proposal/skripsi ini bisa diterima sebagai ide atau gagasan yang menambah kekayaan intelektual. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga untuk penulis sendiri.



UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir/Skripsi ini bisa selesai berkat dukungan dari keluarga, kerabat, sahabat, dan juga teman - teman seperjuangan. Maka dari itu saya ucapkan banyak terimakasih yang setulus tulusnya kepada

1. Kedua Orang Tua Saya yang telah mendoakan saya setiap waktu
 2. Bapak Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
 3. Bapak Adryan Fitrayudha, ST.,MT., selaku Ketua Program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
 4. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama.
 5. Bapak Anwar Efendy, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
 6. Semua Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
 7. Sahabat-sahabat tercinta seperjuangan, Muhammad Ihyan Ulumudin, Hendi Irawan, Hadi Mawardi, Muhammad Zulkarnaen, Fikri Haikal Hidayat, Lalu Galih Tandayu, Doni Amrullah, Lathifatusz zahro, Silmi wirda, Faiz Sugiono, Rivaldi Umar, Nur Alivia Anisa Risky dan juga Riki Martin yang telah memberikan dorongan dan semangat dalam menyelesaikan Skripsi ini.
- Akhir kata, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang memerlukannya.

ABSTRAK

Untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan secara keseluruhan, praktik penggantian bahan pengisi *Filler* digunakan. Pada penelitian yang dilakukan ini digunakan bahan dari bahan sisa abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler*. Serbuk kayu merupakan salah satu bahan sisa dari proses pengerjaan kayu yang sering terbuang begitu saja. Dalam pekerjaan pemotongan kayu yang berada di Jalan Pahlawan Renteng, Praya, Lombok Tengah, hasil sisa dari olahan kayu tersebut sebenarnya memiliki banyak sekali manfaat lain. Limbah serbuk kayu tersebut bisa menimbulkan banyak masalah apabila dibiarkan membusuk begitu saja.

Untuk menentukan stabilitas maupun kelelahan pada campuran aspal AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) ini menggunakan metode *Marshall*. Alat *Marshall* adalah demonstrasi yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) dengan kapasitas 22,2 KN (5000 lbs). Penggunaan *proving ring* untuk mengatur kestabilan pengukuran dan *flow* meter untuk mengatur kelelahan. Alat uji *Marshall* terbuat dari silinder dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur *Marshall* mengikuti Metode Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018).

Dari beberapa rekap hasil sifat-sifat campuran AC-BC untuk penggunaan Abu Serbuk Kayu sebagai pengganti *Filler* pada variasi 0%, 1%, 2%, dan 3% diperoleh hasil untuk nilai VIM dari variasi 0% sebesar 4,17, variasi 1% sebesar 6,28, variasi 2% sebesar 5,44, dan variasi 3% sebesar 5,43, dan untuk nilai VMA dari variasi 0% sebesar 17,66, variasi 1% sebesar 19,47, variasi 2% sebesar 18,75, dan variasi 3% sebesar 18,74. Kemudian nilai VFA dengan variasi 0% sebesar 76,39, variasi 1% sebesar 67,73, variasi 2% sebesar 70,99 dan variasi 3% sebesar 71,01. Stabilitas dari variasi 0% - 3% terpenuhi, untuk *Flow* dari variasi 0% - 3% terpenuhi dan MQ dapat terpenuhi berdasarkan spesifikasi yang dipersyaratkan. Sedangkan untuk nilai VIM ini tidak dapat memenuhi persyaratan karena melebihi batas spesifikasi yang dipersyaratkan. Berarti untuk penggunaan Abu Serbuk Kayu sebagai *Filler* pada campuran AC-BC ini tidak memenuhi spesifikasi dan tidak dapat dipakai dalam proses pencampuran ASPAL AC – BC.

Kata Kunci : *Marshall*, *Filler*, Abu Serbuk Kayu

ABSTRACT

To enhance the overall quality of road pavement, the practice of replacing Filler material is utilized. In this research, wood powder residue is employed as a substitute for Filler material. Wood powder is one of the byproducts from wood processing that is often discarded. In the wood cutting activities located at Jalan Pahlawan Renteng, Praya, Central Lombok, the residual output from wood processing actually possesses numerous other benefits. However, leaving wood powder waste to decay can lead to various issues.

The stability and flow characteristics of AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course) mixture are determined using the Marshall method. The Marshall apparatus is equipped with a proving ring with a capacity of 22.2 KN (5000 lbs) to control stability measurements, and a flow meter to regulate flow. The Marshall testing apparatus consists of a cylinder with a diameter of 4 inches (10.2 cm) and a height of 2.5 inches (6.35 cm). The Marshall procedure follows the Method Specifications of Bina Marga 2010 Revision 4 (2018).

From the summary of AC-BC mixture properties for the use of Wood Powder Ash as a Filler substitute at variations of 0%, 1%, 2%, and 3%, the following results were obtained: the VIM value for the 0% variation is 4.17, for the 1% variation is 6.28, for the 2% variation is 5.44, and for the 3% variation is 5.43. The VMA value for the 0% variation is 17.66, for the 1% variation is 19.47, for the 2% variation is 18.75, and for the 3% variation is 18.74. Furthermore, the VFA value for the 0% variation is 76.39, for the 1% variation is 67.73, for the 2% variation is 70.99, and for the 3% variation is 71.01. Stability from variations of 0% - 3% is met, flow from variations of 0% - 3% is also met, and MQ can be fulfilled based on the specified requirements. However, the VIM value fails to meet the criteria as it exceeds the specified limit. This implies that the use of Wood Powder Ash as a filler in AC-BC mixture does not meet the specifications and cannot be used in the process of mixing Asphalt AC-BC.

Keywords: Marshall, Filler, Wood Powder Ash

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



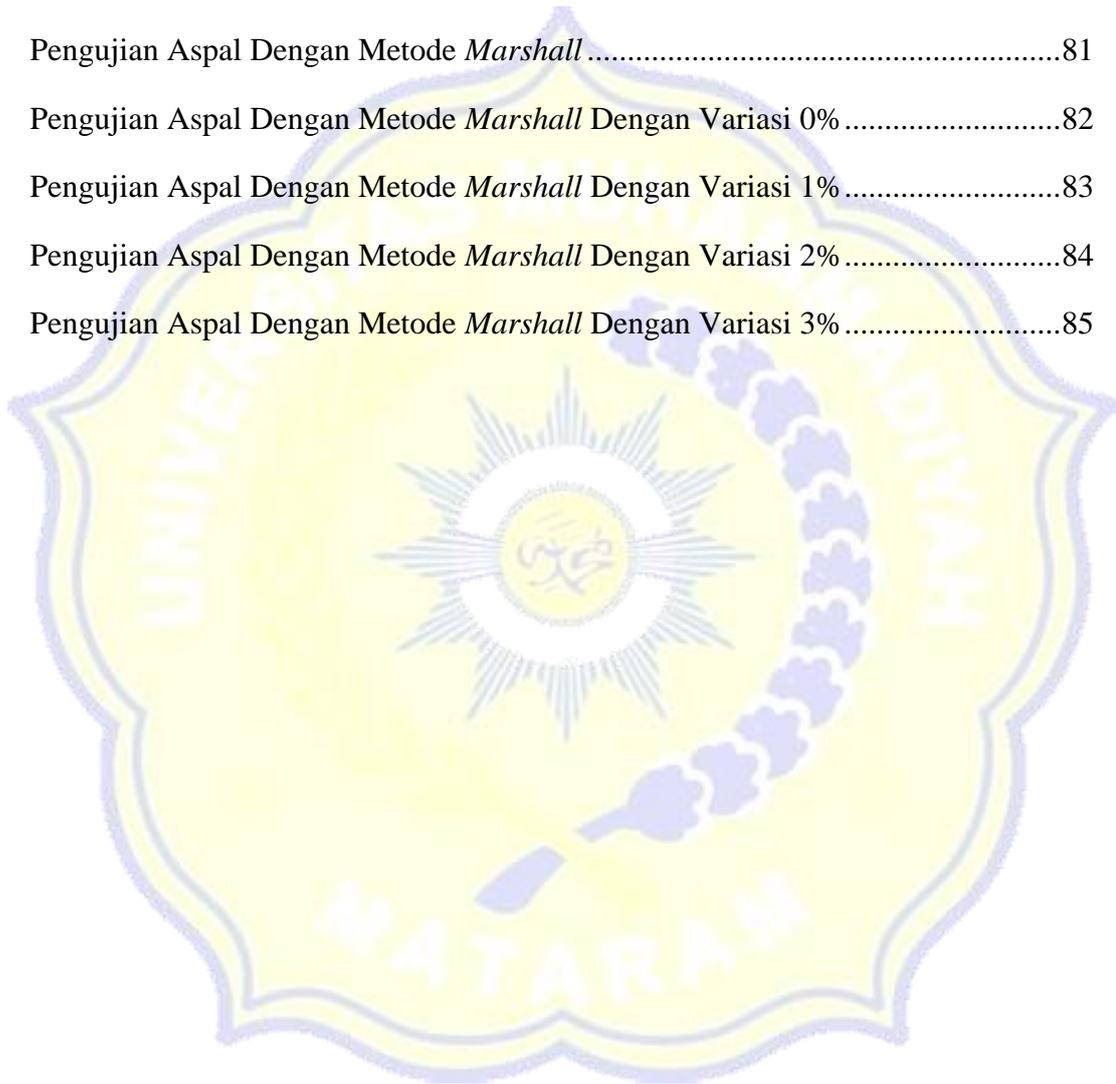
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5

2.1.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	8
2.2.2 Pengertian Aspal	10
2.2.3 Kandungan aspal	10
2.2.4 Jenis Aspal.....	11
2.2.5 Campuran Aspal AC-BC (<i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>) ..	14
2.2.6 Agregat	15
2.2.7 Jenis Agregat	17
2.2.8 <i>Filler</i>	20
2.2.9 Semen <i>Portland</i>	20
2.2.10 Perhitungan Kadar Aspal Rencana.....	20
2.2.11 Pengujian Volumetrik Campuran.....	21
2.2.12 Pengujian <i>Marshall</i> (Karakteristik Sifat-Sifat <i>Marshall</i>).....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel Serbuk Kayu	27
3.2 Teknik Pengumpulan Data	27
3.3 Peralatan	28
3.4 Bahan.....	34
3.5 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO	35
3.6 <i>Job Mix Design</i> Campuran Aspal.....	35
3.7 Tahapan Penelitian	36
3.7.1 Tahap Persiapan	37
3.7.2 Pembuatan benda uji	37

3.7.3 Tahap Pengujian Material	39
3.8 Volumetrik Test.....	39
3.9 <i>Marshall Test</i>	40
3.10 Diagram Alir	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Umum.....	43
4.2 Properties agregat.....	43
4.2.1 Agregat Kasar Dan Agregat Halus.....	43
4.2.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pada Masing – Masing Agregat.....	45
4.2.3 <i>Filler</i>	47
4.3 Properties aspal.....	48
4.4 Gradasi Gabungan Campuran Aspal AC-BC.....	49
4.5 Proporsi Agregat dan <i>Filler</i> berdasarkan Kadar Aspal Optimum.....	58
4.6 Nilai Grafik Hasil Pengujian <i>Stabilitas Marshall</i>	61
4.7 Analisa sifat – sifat campuran AC-BC dengan penambahan <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	67
Analisa Saringan Pembagian Butiran Fraksi Agregat (3/4).....	72
Analisa Saringan Pembagian Butiran Fraksi Agregat (3/8).....	73
Analisa Saringan Abu Batu.....	74
Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat (<3/4)	75

Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat (<3/8)	76
Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Abu Batu (#200)	77
<i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu.....	78
Berat Jenis <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu	79
Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70.....	80
Pengujian Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i>	81
Pengujian Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> Dengan Variasi 0%	82
Pengujian Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> Dengan Variasi 1%	83
Pengujian Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> Dengan Variasi 2%	84
Pengujian Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> Dengan Variasi 3%	85



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan Aspal Minyak	14
Tabel 2. 2 Gradasi campuran beton AC-BC	15
Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar	18
Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus	19
Tabel 2. 5 Ketentuan <i>Filler</i>	20
Tabel 2. 6 Angka koreksi pada Perhiungan Stabilitas <i>Marshall</i>	24
Tabel 4. 1 Analisa saringan pembagian butiran fraksi agregat (3/4)	44
Tabel 4. 2 Analisa saringan pembagian butiran fraksi agregat (3/8)	44
Tabel 4. 3 Analisa saringan Abu Batu	45
Tabel 4. 4 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/4).....	46
Tabel 4. 5 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/8).....	46
Tabel 4. 6 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat abu batu (200)	47
Tabel 4. 7 <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu.....	48
Tabel 4. 8 Berat Jenis <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu	48
Tabel 4. 9 Karakteristik aspal penetrasi 60/70	49
Tabel 4. 10 Gradasi Campuran Agregat <i>Filler</i> 0%	49
Tabel 4. 11 Pengujian Variasi Aspal dengan Metode <i>Marshall</i>	50
Tabel 4. 12 Hasil Rekap 0% dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,5%	55
Tabel 4. 13 Gradasi Gabungan <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu 1 %	56
Tabel 4. 14 Gradasi Gabungan <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu 2 %	57
Tabel 4. 15 Gradasi Gabungan <i>Filler</i> Abu Serbuk Kayu 3%	58
Tabel 4. 16 Proporsi Campuran Dengan KAO 5,5% <i>Filler</i> 0%.....	59
Tabel 4. 17 Proporsi Campuran Dengan KAO 5,5% <i>Filler</i> 1%.....	59
Tabel 4. 18 Proporsi Campuran Dengan KAO 5,5% <i>Filler</i> 2%.....	60
Tabel 4. 19 Proporsi Campuran Dengan KAO 5,5% <i>Filler</i> 3%.....	60
Tabel 4. 20 Rekap hasil Pengujian Sifat Campuran AC-BC	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposisi dari aspal	11
Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Serbuk kayu	27
Gambar 3. 2 Saringan Standar STM	28
Gambar 3. 3 Alat Pengujian Volumetrik.....	29
Gambar 3. 4 Oven atau Pemanas Agregat	29
Gambar 3. 5 Timbangan Digital.....	29
Gambar 3. 6 Termometer	30
Gambar 3. 7 Cetakan Benda Uji Briket	30
Gambar 3. 8 Alat Penumbuk.....	31
Gambar 3. 9 Dongkrak Hidrolis.....	31
Gambar 3. 10 <i>Water Bath</i>	32
Gambar 3. 11 Satu Set Uji Alat <i>Marshall</i>	32
Gambar 3. 12 Panci	33
Gambar 3. 13 Wajan, Spatula, dan Kompor Gas	33
Gambar 3. 14 Sarung Tangan.....	33
Gambar 3. 15 Agregat kasar dan agregat halus.....	34
Gambar 3. 16 Aspal.....	34
Gambar 3. 17 Abu Serbuk Kayu yang lolos saringan No.200	34
Gambar 3. 18 Air.....	35
Gambar 4. 1 Kurva Gradasi 0%	50
Gambar 4. 2 Grafik VMA	52
Gambar 4. 3 Grafik VFA	52
Gambar 4. 4 Grafik VIM.....	53
Gambar 4. 5 Grafik Stabilitas.....	53
Gambar 4. 6 Grafik <i>Flow</i>	54
Gambar 4. 7 Grafik KAO.....	54
Gambar 4. 8 Kurva Gradasi 1%	56
Gambar 4. 9 Kurva Gradasi 2%	57
Gambar 4. 10 Kurva Gradasi 3%	58

Gambar 4. 11 Grafik VIM (<i>Voild In Mix</i>).....	61
Gambar 4. 12 Grafik VMA (<i>Void Mix Agregat</i>).....	61
Gambar 4. 13 Grafik VFA (<i>Void Filled Asphalt</i>)	62
Gambar 4. 14 Grafik Hasil Pengujian Stabilitas <i>Marshall</i>	62
Gambar 4. 15 Grafik Hasil Pengujian <i>Flow</i>	63



DAFTAR NOTASI

D_{15}	=	Diameter butir pada persen lolos 15%
D_{85}	=	Diameter butir pada persen lolos 85%
P_b	=	Perkiraan kadar aspal tengah terhadap campuran (persentase berat terhadap campuran)
CA	=	Agregat tertahan saringan No.8 (Agregat lolos saringan 3/4 - agregat lolos saringan No.8)
FA	=	Agregat tertahan 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
$Bulk$	=	Berat Jenis
SSD	=	Berat jenis kering permukaan
$APPT$	=	Berat jenis semu
A	=	Berat benda contoh uji kering oven (gram)
B	=	Berat benda contoh uji kering permukaan jenuh (gram)
C	=	Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (g)
BK	=	Berat kering
B	=	Berat piknometer + berat air (gram)
Bt	=	Berat piknometer + berat benda uji + berat air (gram)
APP	=	Berat jenis Apparent gabungan
V	=	Berat jenis efektif
U	=	Berat jenis bulk gabungan
f	=	Nilai Flow
S	=	Stabilitas
P	=	Kalibrasi proving ring pada 0
r	=	Nilai pembacaan arloji stabilitas
MQ	=	Marshall Quotient
t	=	Nilai kelelahan/flow
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).
i	=	Bj benda uji
j	=	Bj campuran maksimal
VFA (<i>Foid Filled with</i>	=	rongga terisi aspal persen terhadap VMA.
VMA (<i>Void Mineral Ag</i>)	=	rongga di antara mineral agregat.
VIM (<i>Void In The Mix</i>)	=	rongga di dalam campuran
I	=	Persentase volume agregat
VFB (<i>Void Filled Bitum</i>)	=	nilai presentase rongga yang terisi aspal efektif

DAFTAR LAMPIRAN

Analisa Saringan Pembagian Butiran Fraksi Agregat (3/4).....	84
Analisa Saringan Pembagian Butiran Fraksi Agregat (3/8).....	85
Analisa Saringan Abu Batu.....	86
Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat (<3/4)	87
Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat (<3/8)	88
Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Abu Batu (#200)	89
Filler Abu Serbuk Kayu	90
Berat Jenis Filler Abu Serbuk Kayu.....	91
Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70.....	92
Pengujian Aspal Dengan Metode Marshall.....	93
Pengujian Aspal Dengan Metode Marshall Dengan Variasi 0%	94
Pengujian Aspal Dengan Metode Marshall Dengan Variasi 1%	95
Pengujian Aspal Dengan Metode Marshall Dengan Variasi 2%	96
Pengujian Aspal Dengan Metode Marshall Dengan Variasi 3%	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan suatu infrastruktur transportasi yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Secara umum, jalan raya dapat didefinisikan sebagai jalur atau ruas jalan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan bermotor. Jalan raya seringkali menjadi latar belakang yang penting dalam berbagai kegiatan manusia, seperti transportasi, perdagangan, dan interaksi sosial.

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan suatu kebutuhan krusial dalam meningkatkan perkembangan suatu wilayah. Dengan tersedianya akses jalan yang mudah dan optimal, akan terjadi berbagai kemajuan signifikan. Secara umum, jalan raya di Indonesia menggunakan bahan berupa aspal. Namun, peningkatan volume lalu lintas juga berdampak pada kerusakan dan menurunkan ketahanan konstruksi jalan. Pada dasarnya, jalan harus mampu menahan beban lalu lintas tanpa mengubah struktur lapisan tanah di atas dan di bawahnya, yang sering disebut sebagai stabilitas. Stabilitas ini mencakup kemampuan jalan untuk menahan tekanan dari roda kendaraan serta melawan kerusakan internal. Perkembangan dalam konstruksi jalan akan meningkatkan penggunaan campuran aspal, yang kemudian menyebabkan kekurangan bahan. Aspal berperan penting sebagai pengikat agregat dalam campuran aspal dan menjaga karakteristiknya sangatlah penting., Rosyad, dkk (2019)

Salah satu jenis campuran yang umum digunakan di Indonesia adalah aspal beton atau *Asphalt Concrete*. Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang disatukan secara terus-menerus, dicampur, kemudian disebar dan dipadatkan pada suhu tertentu (Bina Marga 2018). Umumnya, aspal beton digunakan untuk lapisan permukaan (*surface course*), lapisan perata (*levelling*), serta sebagai pengikat.

Lapisan perkerasan jalan ini juga mencakup lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) yang terletak di antara lapisan pondasi atas dan lapisan permukaan. Lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) adalah bagian dari lapisan permukaan yang berada di antara lapisan atas dan lapisan aus (*wearing*

course). Lapisan ini memiliki tekstur yang padat atau terus menerus dan harus mampu menanggung beban lalu lintas yang sangat berat. Meskipun tidak secara langsung terpapar oleh cuaca, lapisan ini harus memiliki ketebalan dan kekuatan yang memadai untuk mengurangi tegangan atau deformasi akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya, yaitu base dan subgrade (tanah dasar). Karakteristik utama dari campuran ini adalah stabilitas. Metode *Marshall* digunakan untuk mengevaluasi stabilitas dan kelelahan campuran aspal AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) ini.

Dalam penelitian ini, digunakan bahan alternatif pengganti *Filler*. Serbuk kayu merupakan bahan sisa dari proses pengolahan kayu yang seringkali dibuang begitu saja. Dalam pekerjaan pemotongan kayu yang berada di Jalan Pahlawan Renteng, Praya, Lombok Tengah, Sisa olahan kayu tersebut sebenarnya memiliki berbagai manfaat tambahan. Akan tetapi, jika limbah serbuk kayu dibiarkan membusuk tanpa pengolahan yang tepat, dapat menimbulkan masalah-masalah tertentu. Karena itu, pengelolaan limbah kayu menjadi langkah krusial dalam usaha untuk mencegah pencemaran lingkungan.

Abu serbuk kayu merupakan residu dari proses pengolahan kayu yang seringkali dibuang begitu saja setelah melalui proses pembakaran. Proses pembakaran ini biasanya dilakukan secara manual di dalam drum besi yang tertutup, dimana serbuk kayu dimasukkan dan dibakar untuk menghasilkan abu serbuk kayu. Selanjutnya, abu serbuk kayu hasil pembakaran disaring menggunakan saringan No.200 agar diperoleh butiran yang halus. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan akan bahan bangunan dan percepatan laju konstruksi, diperlukan pencarian solusi alternatif dengan menggunakan sumber daya alam yang tersedia. Oleh karena itu, inovasi perlu dilakukan dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan pengganti, salah satunya adalah abu serbuk kayu. Simanjuntak, dkk (2021).

Metode *Marshall* melibatkan evaluasi stabilitas dan kelelahan serta analisis data densitas. Alat *Marshall* adalah suatu demonstrasi yang dilengkapi dengan proving ring (cincin pengujian) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) untuk mengukur stabilitas, dan *flow* meter untuk mengukur kelelahan. Alat uji *Marshall*

terdiri dari *silinder* dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur *Marshall* mengikuti Metode Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018).

Berdasarkan pemaparan di atas maka tertuang sesuatu yang ingin diketahui yaitu apakah pemakaian abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* terhadap parameter *Marshall* pada campuran *asphalt* AC-BC. Dengan demikian penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul skripsi: “ANALISA PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN *ASPHALT* AC-BC”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, adapun rumusan masalah yakni:

1. Berapa nilai Kadar Aspal Optimum dengan pemakaian abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* pada campuran aspal AC-BC?
2. Bagaimana nilai karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler*?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah tersebut, terdapat beberapa tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian yang akan dilakukan, yaitu:

1. Untuk mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum dengan pemakaian abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* pada campuran aspal AC-BC?
2. Untuk mengetahui besaran nilai karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler*.

1.4 Batasan Masalah

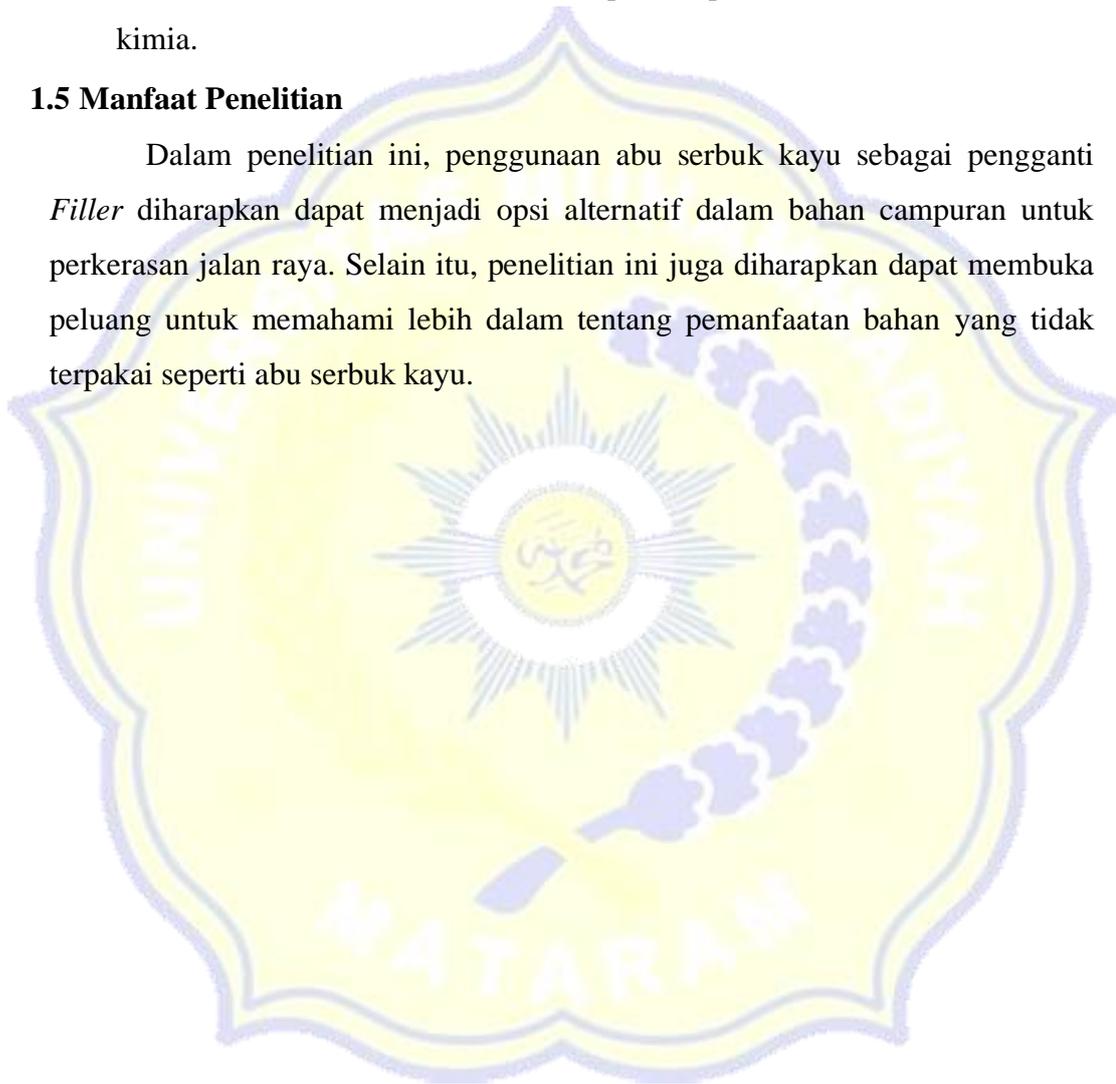
Adapun Batasan-batasan masalah yang ada dalam penelitian ini yakni :

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* terhadap karakteristik campuran dalam aspal AC-BC.

2. Spesifikasi campuran aspal AC-BC mengikuti pedoman Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga tahun 2018.
3. Aspal yang digunakan adalah jenis penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina.
4. Pengujian benda uji dilakukan menggunakan uji *Marshall*.
5. Abu serbuk kayu yang dimanfaatkan merupakan limbah yang tidak terpakai. Penelitian ini tidak menitikberatkan pada aspek reaksi kimia atau ikatan kimia.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini, penggunaan abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* diharapkan dapat menjadi opsi alternatif dalam bahan campuran untuk perkerasan jalan raya. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat membuka peluang untuk memahami lebih dalam tentang pemanfaatan bahan yang tidak terpakai seperti abu serbuk kayu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah referensi literatur relevan dengan permasalahan yang dihadapi studi kasus ini. Hasil penelitian terdahulu digunakan sebagai sumber untuk menyusun penelitian ini.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

1. Andy Junestin Simanjuntak (2021), membahas tentang **PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU SEBAGAI TAMBAHAN *FILLER* DALAM CAMPURAN PERKERASAN JALAN JENIS HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*)**. Penggunaan abu serbuk kayu yang luas dalam kehidupan sehari-hari menjadi salah satu penyebab banyaknya limbah abu serbuk kayu di Indonesia, yang menjadi masalah lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah abu serbuk kayu sebagai campuran aspal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan limbah abu serbuk kayu pada perkerasan lapisan HRS-WC terhadap karakteristik *Marshall*. Metode penelitian ini mengadopsi metode *Asphalt Institute* dengan harapan dapat meningkatkan kualitas perkerasan lentur jalan sesuai dengan umur rencana, serta mengurangi limbah abu serbuk kayu. Pengujian *Marshall* dilakukan dalam dua tahap: Tahap pertama bertujuan untuk menentukan komposisi terbaik dengan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, dan 8%, yang menghasilkan nilai Karakteristik Air Voids (KAO) sebesar 7,65%. Tahap kedua menggunakan komposisi dan KAO terbaik dari tahap pertama, dengan variasi kadar abu serbuk kayu 0%, 1,5%, 3%, dan 4,5% dari berat total agregat. Hasil analisis data menunjukkan bahwa parameter *Marshall* memenuhi spesifikasi, kecuali nilai Void in Mineral Aggregate (VIM) pada penambahan kadar abu serbuk kayu sebesar 3% dan 4,5%, yang berturut-turut adalah 3,83% dan 3,39%. Evaluasi karakteristik *Marshall* menunjukkan bahwa rentang kadar abu serbuk kayu maksimum dari 0% hingga 1,8% memenuhi semua persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018.

2. Doni Rinaldi Basri (2022), menyelidiki **PENGGUNAAN ABU SERBUK KAYU DAN SEMEN PORTLAND SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC)**. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik uji *Marshall* pada lapisan AC-WC yang menggunakan kombinasi *Filler* abu serbuk kayu dan semen *Portland*. Metode penelitian dilakukan melalui eksperimen di laboratorium, dimulai dengan penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) menggunakan abu batu sebagai *Filler*. Selanjutnya, *Filler* diganti dengan kombinasi abu serbuk kayu dan semen *Portland*. Variasi campuran semen *Portland* dan abu serbuk kayu meliputi 0%-0%, 15%-85%, 25%-75%, 30%-70%, 40%-60%, 50%-50%, dan 100%-0%. Spesifikasi yang diterapkan adalah Spesifikasi Universal Bina Marga 2018 Revisi 2. Nilai KAO yang diperoleh adalah 5,5%. Pengujian *Marshall* dilakukan pada setiap variasi untuk mendapatkan stabilitas dan kepadatan campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi *Filler* terbaik adalah 40% semen *Portland* dan 60% abu serbuk kayu. Komposisi ini memberikan stabilitas yang sangat baik dengan nilai 1.278,64 kg, MQ sebesar 491,78 kg/mm, dan kelelahan sebesar 2,60 mm. Dengan demikian, disimpulkan bahwa kualitas terbaik dari AC-WC dalam penelitian ini terdapat pada variasi *Filler* 40% semen *Portland* dan 60% abu serbuk kayu. Farlin Rosyad, Muhammad Ardian (2019).
3. Farlin Rosyad, Muhammad Ardian (2019), **ANALISIS PENGARUH PENGANTI FILLER MENGGUNAKAN ABU SERBUK KAYU TERHADAP KINERJA PERKERASAN ASPAL AC-WC** dilakukan dalam penelitian ini. Lapisan aspal beton (laston) terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, *Filler*, dan aspal, di mana agregat merupakan komponen dominan sebagai bahan penyusun campuran aspal, terutama agregat halus dan semen. Penggunaan bahan *Filler* seperti semen *Portland* umumnya memiliki harga yang relatif tinggi. Oleh karena itu, diperlukan inovasi untuk menggunakan bahan pengganti yang lebih ekonomis dan efisien, seperti Abu Serbuk Kayu (ASK), dengan variasi presentase 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap campuran lapisan *Asphalt Concrete-Wearing*

Coarse (AC-WC) dengan total 30 benda uji dan kadar aspal 5,6%. Metode penelitian ini mengacu pada persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 (revisi 2). Berdasarkan analisis kadar masing-masing *Filler* abu serbuk kayu, diperoleh stabilitas tertinggi sebesar 1185 kg, nilai *flow* sebesar 3,78 mm, VIM sebesar 5.0%, VMA sebesar 17.963%, VFB sebesar 70.33%, dan Density sebesar 2.302 gr.

4. Septiyan Cahyo Hidayat Sugito (2018), membahas tentang **PENGARUH *FILLER* SERBUK KAYU TERHADAP KINERJA CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN *METODE WARM MIX***. Pemanfaatan limbah abu serbuk kayu sebagai *Filler* dalam perkerasan belum umum. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi dampak penambahan abu serbuk kayu sebagai *Filler* dalam perkerasan. Penelitian ini menggunakan campuran aspal AC-WC dan metode *Warm Mix* dengan suhu pencampuran sekitar 60-100 derajat Celsius. Karakteristik campuran dievaluasi menggunakan metode *Marshall* dengan parameter seperti stabilitas, kelelahan, VMA, VFB, dan VIM, sesuai dengan SNI 8198:2015. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Studi ini menggunakan lima variasi kadar aspal (5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%) untuk mencari kadar aspal optimum, yang didapatkan sebesar 5,91%. Tiga variasi kadar abu kayu (2%, 3%, 4%) digunakan untuk menemukan kadar abu kayu optimum, yang diperoleh sebesar 3,15%. Dari campuran dengan kadar aspal optimum dan kadar abu kayu optimum, karakteristik *Marshall* diperoleh dengan stabilitas 1271,05 kg, VMA 17,52%, VFB 74,37%, VIM 4,52%, dan kelelahan 2,24%. Indeks kekuatan sisa yang diperoleh adalah 76,50% setelah perendaman selama 24 jam, meskipun tidak memenuhi syarat setelah perendaman selama 3 hari.
5. Laurensius M. Da Gomez, Wita Meutia (2021), mengkaji penggunaan *Filler* abu serbuk kayu kelapa pada aspal beton AC-WC. Jalan merupakan infrastruktur transportasi krusial yang memainkan peran penting dalam kemajuan dan pembangunan masyarakat. Struktur perkerasan jalan memiliki peran vital dalam menyediakan pelayanan optimal agar

masyarakat dapat menikmati perjalanan yang nyaman dan efisien menuju tujuan mereka, sehingga mendukung pembangunan yang merata. Spesifikasi yang dipertimbangkan dalam studi ini adalah lapisan aspal beton (laston) atau *Asphalt Concrete (AC)*. Lapisan *Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)* merupakan lapisan paling atas yang langsung berhubungan dengan kendaraan dan memiliki struktur yang sangat halus. Bahan utama dalam pembuatan perkerasan jalan meliputi agregat kasar, agregat halus, aspal, dan *Filler*. Penggunaan *Filler* dengan berat jenis yang lebih rendah daripada agregat kasar dan halus dapat mengakibatkan campuran kurang bahan aspal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Kadar Aspal Optimal (KAO) dalam penggunaan abu serbuk kayu sebagai pengganti *Filler* dalam campuran aspal AC-WC. Studi ini merencanakan penambahan serbuk abu kelapa sebagai *Filler* dengan variasi campuran 50% dan 80% abu serbuk kelapa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Kadar Aspal Optimal, campuran dengan 50% abu serbuk kayu kelapa memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan campuran yang mengandung 80% abu serbuk kayu kelapa, dinilai dari enam karakteristik *Marshall*, yaitu VIM, VMA, VFB, *Stabilitas*, *Flow*, dan *Marshall Quotient*.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan kerangka konseptual yang digunakan untuk menjelaskan fenomena yang diamati atau diteliti dalam suatu penelitian. Landasan teori terdiri dari konsep-konsep, prinsip-prinsip, teori-teori, dan paradigma yang relevan dengan topik penelitian. Ini memberikan struktur yang kokoh bagi penelitian dan membantu mengarahkan pertanyaan penelitian serta analisis data yang dilakukan.

2.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang umumnya menggunakan bahan seperti campuran aspal untuk lapisan permukaan dan butiran untuk lapisan di bawahnya. Akibatnya, perkerasan tersebut memiliki elastisitas yang dapat memberikan kenyamanan bagi kendaraan yang melintasi permukaan jalan. Komponen dari perkerasan lentur meliputi:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*).

Menurut Sukirman (2010), lapisan permukaan adalah bagian paling atas dari struktur perkerasan jalan. Fungsinya adalah sebagai berikut:

- a. Bertindak sebagai lapisan penopang beban secara vertikal dari kendaraan, sehingga harus memiliki stabilitas yang tinggi.
- b. Berperan sebagai lapisan yang aus, mengarahkan gaya gesek dari roda kendaraan saat pengereman.
- c. Mencegah air meresap ke dalam lapisan dengan memiliki sifat kedap air.
- d. Mengarahkan gaya ke lapisan penopang atas (LPA).

2. Lapis pondasi (*Base Course*).

Menurut Sukirman (2010), daerah di antara lapisan di bawah dan lapisan permukaan dalam struktur perkerasan jalan disebut sebagai lapisan pondasi atau *base course*. Jika tidak ada lapisan pondasi di bagian bawah, maka lapisan pondasi ditempatkan di atas dasar tanah. Fungsi dari lapisan pondasi meliputi:

- a. Mendukung beban vertikal dari kendaraan dan meneruskannya ke bawah.
- b. Memiliki kemampuan penyerapan pada dasar pondasi.
- c. Merupakan titik tumpuan bagi lapisan di atasnya

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*).

Menurut Sukirman (2010), lapisan pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian dari struktur perkerasan yang berada di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi dari lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- a. Mendukung dan menyebar beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus memiliki stabilitas yang cukup dan memiliki CBR (California Bearing Ratio) setara atau lebih besar dari 20%, serta memiliki Indeks Plastis (IP) setara atau lebih kecil dari 10%.
- b. Memungkinkan penggunaan material yang relatif murah, sehingga dapat mengurangi ketebalan lapis di atasnya.
- c. Menyerap air, mencegah pengumpulan air tanah di pondasi.
- d. Menjadi lapisan pertama yang diterapkan, memungkinkan kelancaran pelaksanaan pekerjaan terutama dalam situasi yang memerlukan penutupan

cepat terhadap pengaruh cuaca atau untuk mengatasi kelemahan tanah dasar dalam menahan beban alat berat.

e. Berfungsi sebagai lapisan filter untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi. Untuk itu lapis pondasi bawah haruslah memenuhi syarat:

$$\frac{D_{15} \text{ Pondasi}}{D_{15} \text{ tanah dasar}} \geq 5$$

$$\frac{D_{15} \text{ Pondasi}}{D_{85} \text{ tanah dasar}} < 5$$

Dengan:

D_{15} = diameter butir pada persen lolos = 15%.

D_{85} = diameter pada butir persen lolos = 85%.

2.2.2 Pengertian Aspal

Sukirman (2007), aspal adalah bahan dasar berwarna coklat tua yang mengandung bahan utama berupa bitumen. Aspal dapat ditemukan secara alami atau diproduksi dari residu hasil pengilangan minyak bumi. Aspal memiliki sifat termoplastik, yang berarti bahwa ia akan meleleh pada suhu tertentu dan menjadi padat kembali ketika suhu turun. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat dalam perkerasan jalan dengan mencampurkan dengan agregat. Proporsi aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau sekitar 15% berdasarkan volume campuran.

Selain itu menurut Sukirman, (1992) aspal memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan pengikat untuk membentuk ikatan yang kuat antara aspal, agregat, dan bahan pengikat lainnya.
- b. Sebagai bahan pengisi untuk mengisi rongga antara butiran agregat dan pori-pori yang ada dalam agregat itu sendiri.

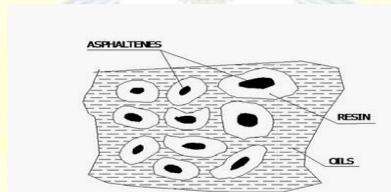
2.2.3 Kandungan aspal

Dengan mempertimbangkan varian jenis aspal dan proses pemurniannya, aspal mengandung sejumlah besar hidrogen, karbon, serta gas-gas lainnya secara

signifikan. Komposisi kimianya dapat beragam tergantung pada jenis aspal dan teknik pemurniannya. Antara lain:

- a. Karbon 80-87%.
- b. Hydrogenium 9-11%
- c. Nitrogen 2-8%
- d. Sulfur 0-1%
- e. Logam bert 0-0.5%

Komponen utama dalam struktur molekul aspal terdiri dari minyak, resin, dan *Asphaltenes*. *Asphaltenes* merupakan bagian dari aspal yang terdiri dari hidrokarbon dan tidak larut dalam neptana. *Asphaltenes* dapat ditemukan dalam zat yang disebut maltenes. Maltenes, yang terdapat dalam heptana, merupakan campuran kental yang mengandung resin dan minyak. Minyak berperan sebagai media yang terdiri dari *Asphaltenes* dan resin, sementara resin adalah zat cair dengan permukaan seperti lilin yang memiliki sifat adhesi dengan aspal dan mudah pecah. Maltenes merupakan komponen yang sensitif terhadap perubahan suhu dan waktu selama proses pengaspalan. (Sukirman, 2016). Lihatlah Gambar 2.1 untuk melihat ilustrasi komposisi aspal.



Gambar 2. 1 Komposisi dari aspal

2.2.4 Jenis Aspal

Menurut Sukirman (2016), aspal dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan tempat asalnya.

- a. Aspal alam adalah jenis aspal yang terdapat di alam, aspal alam biasa berbentuk batuan ataupun aspal. Di Indonesia, terdapat jenis aspal batuan (*Natural Rock Asphalts*) yang juga dikenal sebagai *Asbuton*, berasal dari *Buton*. Selain itu, aspal alam juga ada dalam bentuk aspal danau yang banyak ditemukan di Trinidad, yang dikenal sebagai *Trinidad Lake Asphalts*.
- b. Aspal minyak adalah hasil sisa dari proses produksi minyak. Setiap tempat

pengeboran minyak menghasilkan residu dari minyak mentah yang mengandung parafin, dan ini dapat berupa aspal cair, aspal emulsi, atau aspal hembus, menurut analisis yang dilakukan terhadap sisa-sisa tersebut.

- 1) Aspal padat merujuk pada jenis aspal yang memiliki keadaan padat karena terbentuk dari bahan-bahan padat. Sebelum digunakan, aspal padat harus dipanaskan terlebih dahulu untuk mempersiapkan penggunaannya dalam campuran material. Aspal padat umumnya merupakan hasil utama dari sisa proses pengolahan minyak, dan variasi aspal alternatif dapat dihasilkan dalam proses tersebut.
- 2) Aspal *cutback*, yang juga dikenal sebagai aspal cair, adalah jenis aspal yang berada dalam keadaan cair pada suhu ruangan. Aspal cair dibuat dengan menambahkan bahan pencair ke dalam aspal yang berasal dari hasil pengilangan minyak bumi seperti solar, bensin, atau minyak tanah. Bahan pencair ini mengubah aspal menjadi cairan yang dapat diaplikasikan dengan lebih mudah, dan aspal *cutback* dapat ditemukan dalam beberapa jenis, yaitu:
 - a) *Rapid curing cutback asphalt (RC)* adalah jenis aspal cair yang memiliki kemampuan menguap yang cepat, dan bahan pencair yang digunakan adalah bensin.
 - b) *Medium curing cutback asphalt (MC)* adalah jenis aspal cair yang menggunakan minyak tanah sebagai bahan pencair.
 - c) *Slow curing cutback asphalt (SC)* adalah jenis aspal cair yang menggunakan minyak diesel sebagai bahan pencair, yang memiliki waktu penguapan yang paling lama dibandingkan dengan jenis aspal *cutback la*
- 3) Emulsi aspal adalah bentuk khusus dari aspal yang dibuat dengan mencampurkan air dan bahan pengemulsi. Dalam bentuk ini, aspal emulsi cenderung lebih cair daripada aspal biasa. Butiran aspal larut di dalam emulsi aspal, dan untuk mencegah butiran tersebut menjadi terlalu besar, mereka diberi muatan listrik.

Salah satu jenis aspal minyak adalah aspal semen. Aspal semen dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Saat ini, di Indonesia, aspal semen yang digunakan adalah jenis Penetrasi 60, dengan nilai penetrasi antara 60-70. Organisasi standar seperti ASTM dan AASHTO membagi aspal semen ke dalam lima kelompok berdasarkan jenisnya, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

Di Indonesia, klasifikasi aspal semen sering kali didasarkan pada nilai penetrasi, yang meliputi:

1. AC pen 40/50 merupakan Penetrasi dari 40-50.
2. AC pen 60/70 merupakan Penetrasi dari 60-70.
3. AC pen 80/100 merupakan Penetrasi dari 80-100.
4. AC pen 200/300 merupakan Penetrasi dari 200-300.

Aspal semen yang memiliki nilai penetrasi rendah umumnya digunakan di daerah yang memiliki iklim panas atau lalu lintas dengan volume yang tinggi, sementara aspal semen dengan nilai penetrasi tinggi lebih cocok untuk daerah yang memiliki iklim dingin atau lalu lintas dengan volume yang rendah. Di Indonesia, aspal semen yang umumnya digunakan memiliki nilai penetrasi 60/70 dan 80/100. Persyaratan untuk aspal minyak dengan nilai penetrasi 60/70 dapat ditemukan dalam Tabel 2.1 seperti berikut:

Tabel 2. 1 Persyaratan Aspal Minyak

No	Jenis pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek °	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

Sumber: Spesifikasi seksi 6.3, campuran beraspal panas, Desember 2006

2.2.5 Campuran Aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*)

Lapisan pengikat beton aspal (*Asphalt Concrete Binder Course*) AC-BC adalah lapisan jalan yang diletakkan setelah lapisan aus atau wearing course dan sebelum lapisan pondasi atau base course. Lapisan ini tidak langsung dipengaruhi oleh cuaca, tetapi harus memiliki kekuatan dan ketebalan yang memadai untuk menahan tegangan atau regangan akibat beban lalu lintas yang ditransmisikan ke lapisan di bawahnya atau ke tanah dasar. Stabilitas merupakan karakteristik utama yang harus dipertimbangkan dalam hal ini.

Sebagai bahan pengikat untuk lapisan beton aspal, disebut *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC), susunan ini berperan sebagai bagian dari lapisan permukaan yang terletak di antara Base Course dan Wearing Course. Agregat ini, yang disebut sebagai penyatuan rapat menerus, umumnya digunakan pada jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi (Sukirman, 2008).

Gradasi agregat dalam lapisan beton AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) disesuaikan dengan ukuran butiran agregat yang memenuhi spesifikasi. Ukuran butiran ini dapat ditentukan melalui proses analisis saringan. Kelulusan agregat dievaluasi berdasarkan apakah agregat tersebut lolos atau tertahan pada analisis berat (Sukirman, 1999). Selanjutnya, akan dijelaskan spesifikasi gradasi campuran beton AC-BC, antara lain . dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Gradasi campuran beton AC-BC

Ayakan		Gradasi Halus	Gradasi Kasar
No. Saringan	Ukuran Saringan (Mm)	AC-BC	AC-BC
1 ½	3,750	-	-
1"	25,000	100	100
¾"	19,000	90-100	90-100
½"	12,500	74-90	71-90
⅜"	9,500	64-82	58-80
No. 4	4,750	47-64	37-56
No. 8	2,360	34,6-49	23-34,6
No. 16	1,180	28,3-38	15-22,3
No. 30	0,600	20,7-28	10-16,7
No. 50	0,300	13,7-20	7-13,7
No. 100	0,1500	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

Sumber: Spesifikasi Umum Bidang Jalan, 2010

2.2.6 Agregat

Agregat merujuk pada sekelompok butir batu pecah atau mineral lainnya, baik dari hasil alam maupun hasil pengolahan, yang digunakan sebagai komponen utama dalam pembuatan jalan.

Secara umum, agregat didefinisikan sebagai bagian keras dan padat dari permukaan bumi. Menurut definisi ASTM, agregat adalah materi yang terdiri dari mineral padat yang mungkin dalam bentuk massa besar atau fragmen. Dalam struktur perkerasan jalan, agregat menyusun sebagian besar komposisinya, mencapai sekitar 90-95% berdasarkan berat atau 75-85% berdasarkan volume. Oleh karena itu, kualitas perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh sifat agregat dan hasil campurannya dengan bahan lain (Sukirman, 2016).

Pemilihan agregat untuk perkerasan jalan harus memperhatikan karakteristik khusus dari agregat tersebut, terutama aspek-aspek kualitasnya antara lain :

1. Gradasi

Agregat dapat diklasifikasikan berdasarkan gradasinya tergantung pada penggunaannya di lapangan, baik untuk lapisan agregat tanpa bahan pengikat aspal atau untuk campuran beraspal. Gradasi mengacu pada penyebaran partikel berdasarkan ukuran agregat. Penambahan secara bertahap dari agregat dapat memperbaiki ukuran rongga antar butir, sehingga meningkatkan stabilitas dan kemudahan penggunaan selama proses aplikasi di lapangan. Terdapat tiga jenis gradasi agregat:

- a) Agregat dengan gradasi menerus akan menghasilkan lapisan perkerasan yang stabil, berat, dan memiliki daya tahan terhadap gesekan yang tinggi. Biasanya digunakan dalam campuran aspal AC.
- b) Agregat dengan gradasi senjang adalah agregat yang memiliki sedikit variasi ukuran, memberikan stabilitas yang cukup dan daya tahan terhadap gesekan yang sedang. Nilai stabilitas diperoleh dari analisis mortar. Campuran ini biasanya digunakan dalam aspal beton Lataston.
- c) Agregat dengan gradasi terbuka (Open Graded) memiliki ukuran butiran yang seragam. Meskipun menghasilkan lapisan perkerasan yang kuat, stabilitasnya kurang, dan memiliki berat total yang lebih ringan.

2. Kebersihan

Pada perkerasan, perlu menghilangkan unsur perusak dalam agregat sebelum digunakan. Hal ini penting karena unsur asing dapat merusak ikatan yang kuat antara aspal dan batuan, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan.

3. Kekuatan dan Kekerasan.

Kekuatan agregat mengacu pada kemampuan agregat untuk tidak hancur akibat tekanan mekanik saat digunakan dalam perkerasan. Agregat yang digunakan dalam susunan perkerasan harus mampu menahan tekanan yang terjadi selama proses pemadatan, pencampuran, repetisi beban kendaraan, dan pemeliharaan jalan.

4. Bentuk Permukaan.

Bentuk agregat memiliki dampak langsung terhadap stabilitas lapisan perkerasan. Agregat yang memiliki bentuk kubus dan sudut tajam cenderung memberikan interlock yang lebih kuat dan saling mengunci dengan lebih baik, sehingga merupakan pilihan yang lebih baik untuk konstruksi jalan.

5. Tekstur Permukaan.

Tekstur permukaan yang kasar dapat meningkatkan gaya gesekan, yang membantu menahan gaya bekerja pada batuan. Selain itu, permukaan yang kasar juga meningkatkan daya rekat antara batuan dan aspal. Meskipun batuan halus lebih mudah tertutup oleh aspal, batuan dengan struktur permukaan yang kasar lebih stabil dan memiliki durabilitas yang lebih tinggi.

6. Porositas

Porositas berhubungan erat dengan karakteristik ekonomi dari campuran lapisan perkerasan tertentu. Semakin tinggi porositas pada batuan, semakin sering batuan tersebut digunakan karena kemampuannya dalam menyerap oksigen dari udara.

7. Daya kelekatan

Daya kelekatan agregat dengan aspal dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Agregat yang hidrofilik, seperti granit dan batuan yang mengandung silika, tidak cocok untuk digunakan dalam campuran aspal karena mereka cenderung mengandung udara secara persisten.

2.2.7 Jenis Agregat

Agregat dapat beragam tergantung pada kategori pengolahan dan ukuran butirnya. Berdasarkan proses saat ini, agregat dapat diklasifikasikan menjadi batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorfik. Sementara itu, berdasarkan ukuran butirnya, agregat dapat dibagi menjadi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi. Sesuai dengan standar ASTM dan Depkimpraswil dalam spesifikasi teknis campuran panas tahun 2010, agregat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil yang berasal dari proses desintegrasi alami batuan atau merupakan batu pecah atau belah yang dihasilkan dari industri

pemecah batu, dengan ukuran butir yang lebih besar dari saringan No.4 (=4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci (150 mm). Ketentuan untuk agregat kasar dapat ditemukan pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode pengujian	Nilai
Kelelahan 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	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	Maks 5%
	Lainnya	D4791-10 perbandingan 1:5	Maks 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

b. Agregat Halus.

Agregat halus adalah jenis agregat dengan ukuran butiran yang lebih halus dari saringan No. 4 (= 4,75 mm), dan jumlah maksimum yang lolos melalui ayakan No. 200 (= 0,075 mm) adalah 10%. Rincian ketentuan untuk agregat halus dapat ditemukan dalam Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1967	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung danbutir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat adalah sayatan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

1) Abu batu

Pengolahan yang menggunakan *stone crusher* untuk pengelolaan batu pecah yaitu abu batu yang ditempatkan pada saringan bagian atas saringan No. 200.

2) Bahan Pengisi (*Filler*).

Bahan pengisi atau biasa disebut *Filler* adalah bagian dari agregat yang lolos saringan No. 200 (= 0,075 mm) minimal sebanyak 75% (Sukirman, 2016). Jumlah serat pengisi atau bahan pelengkap yang digunakan dalam semen harus berada dalam kisaran 1% hingga 2% dari berat agregat campuran. Namun, untuk campuran SMA, tidak ada persyaratan khusus terkait jumlahnya, tetapi penggunaan semen tidak diperbolehkan (Bina Marga 2018 Devisi 6).

Sebagai aturan umum, bahan yang digunakan sebagai pengisi tidak boleh dicampur dengan kotoran atau bahan lainnya, dan pengaplikasian bahan pengisi harus dilakukan dalam keadaan kering. Batas maksimum kandungan air pada agregat yang diperbolehkan adalah 1%.

3) Abu serbuk kayu

Abu serbuk kayu adalah salah satu material sisa dari proses pengolahan kayu yang seringkali dibuang tanpa digunakan. Debu ini telah melalui proses pembakaran dan memiliki kandungan silika (SiO₂) hingga mencapai 85%. Ketika dicampur dengan semen atau pasir, kandungan ini dapat meningkatkan ikatan antara partikel-partikel tersebut.(Otoko, 2014). Abu serbuk kayu merupakan limbah

industry yang merupakan inovasi yang layak untuk pengisi perkerasan jalan (Pratama et al., 2021). Menggunakan abu serbuk kayu sebagai pengisi bisa menjadi opsi alternatif untuk mengurangi limbah yang tidak termanfaatkan sepenuhnya.

2.2.8 Filler

Filler merupakan bahan yang digunakan dalam pembuatan laminasi aspal. Jumlah dan jenis *Filler* yang digunakan akan memengaruhi fleksibilitas dan sensitivitas campuran. Salah satu contoh penggunaan *Filler* dalam campuran aspal sesuai dengan ketentuan dari Bina Marga 2010 revisi 1 adalah sebagai berikut:

1. *Filler* yang digunakan meliputi debu batu kapur, kapur padam, semen, atau abu terbang yang telah disetujui oleh direktorat pembinaan pekerjaan.
2. Sesuai dengan spesifikasi SNI 03-1968-1990, *Filler* harus bersih dan bebas dari gumpalan, serta harus mengandung tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan lolos ayakan nomor 200.

Setiap campuran harus mengandung *Filler* dalam jumlah tidak kurang dari 1% dan tidak lebih dari 2% dari total agregat yang digunakan. Rincian ketentuan *Filler* dapat ditemukan dalam Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Ketentuan *Filler*

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

2.2.9 Semen Portland

Semen *Portland* berasal dari batu kapur dan bahan galian lain yang dihaluskan dan dipanaskan dalam tungku pembakaran, menghasilkan bubuk sebagai bahan bakunya. Bubuk ini dapat mengalami ikatan panas karena reaksi kimia tertentu ketika terpapar udara. (Wijoyo, 2006).

2.2.10 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal optimum (KAO) adalah kadar aspal yang menunjukkan tingkat stabilitas yang tinggi terhadap lapisan perkerasan, memenuhi syarat lain seperti stabilitas, kelelahan (*flow*), VIM, VFA, VMA, dan sebagainya, sehingga pada akhirnya menghasilkan kualitas aspal yang baik. Metode untuk menentukan nilai KAO dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1

$$a. P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K \quad (2.1)$$

dengan:

P_b = Perkiraan kadar aspal tengah pada campuran.

CA = Agregat tertahan saringan No.8.

FA = Agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200.

FF = Bahan pengisi lolos saringan No.200.

K = perkiraan konstanta 0,5 – 1 untuk laston.

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

Angka rencana kadar aspal tengah dibulatkan menjadi 0,5%.

2.2.11 Pengujian Volumetrik Campuran

Pengujian volumetrik merupakan metode yang digunakan untuk memastikan nilai kerapatan, berat jenis, dan porositas masing-masing benda uji dalam suatu campuran. Pengujian meliputi berbagai pengukuran seperti tinggi, diameter, berat *Solid-State Drive* (SSD), berat di udara, berat sampel di air, dan berat jenis agregat, bahan pengisi, dan aspal. Sebelum melakukan uji *Marshall*, dilakukan uji volumetrik pada masing-masing benda uji. Data-data yang diperoleh dari penelitian laboratorium, dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini :

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

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

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

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

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

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 dan *Filler* dengan persamaan 2.6, persamaan 2.7, persamaan 2.8, dan persamaan 2.9 sebagai berikut:

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

$$SSD = \frac{500}{(Bc+500-BD)} \quad (2.7)$$

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

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

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:

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{B \text{ j a Bulk}}\right) + \left(\frac{b}{B \text{ j a Bulk}}\right) + \left(\frac{c}{B \text{ j a Bulk}}\right) + \left(\frac{d}{B \text{ j a Bulk}}\right)} \quad (2.10)$$

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

$$App = \frac{100}{\left(\frac{a}{B \text{ j a App}}\right) + \left(\frac{b}{B \text{ j a App}}\right) + \left(\frac{c}{B \text{ j a App}}\right) + \left(\frac{d}{B \text{ j a App}}\right)} \quad (2.11)$$

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

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

Dari data tersebut dapat diperoleh harga Density, Stabilitas, dan *Marshall Quotient* (MQ).

2.2.12 Pengujian *Marshall* (Karakteristik Sifat-Sifat *Marshall*)

Mixed design yang didasarkan pada metode *Marshall* dikembangkan oleh *Bruce Marshall* dan selanjutnya distandarisasi oleh ASTM atau AASHTO melalui berbagai modifikasi, antara lain ASTM D 1559-76 dan AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode *Marshall* mencakup evaluasi karakteristik stabilitas dan aliran, di samping pemeriksaan densitas dan karakteristik pori dalam campuran padat yang dihasilkan. Alat *Marshall* adalah alat tekan hidrolik yang dilengkapi dengan cincin pembuktian, yang memiliki kapasitas maksimum 22,2 kilonewton (5000 pon), dan pengukur aliran. Proving ring digunakan untuk pengukuran nilai stabilitas, sedangkan *flow* meter digunakan untuk pengukuran pelelehan atau aliran plastik. Spesimen *Marshall* menunjukkan morfologi silinder, ditandai dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti Metode Spesifikasi Jalan Raya 2010 Revisi 4 (2018). Secara umum, uji *Marshall* mencakup beberapa langkah kunci, yaitu persiapan benda uji, penentuan berat jenis curah, evaluasi stabilitas dan nilai aliran, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Jumlah benda uji yang disiapkan.
- b. Persiapan agregat yang akan digunakan.
- c. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
- d. Persiapan campuran aspal beton.
- e. Pemadatan benda uji.
- f. Persiapan untuk pengujian *Marshall*.

Karakteristik sifat-sifat *Marshall* sebagai berikut:

- a. Kelelehan (*Flow*)

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

- b. Stabilitas

Stabilitas mengacu pada kemampuan lapisan kaku untuk menahan pengaruh beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen, seperti pembentukan gelombang, alur, atau munculnya aspal di permukaan. Nilai stabilitas spesimen ditentukan dengan mengukur pembacaan pada jam stabilitas pengukur tekanan

Marshall. Angka yang diberikan telah disesuaikan dengan menggunakan nomor kalibrasi alat dan nomor koreksi ketebalan khusus untuk benda uji.

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

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

Dengan:

P = Kalibrasi proving ring pada 0.

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas

Koreksi ketebalan pada lapisan aspal beton adalah sebesar 1,00 (sesuai Pd T-05- 2005-B), dengan nilai koreksi pada aspal beton hanya dipertimbangkan dari rentang 0,83 hingga 1,00. Ketebalan benda uji dapat ditentukan berdasarkan nilai koreksi, yang dapat ditemukan dalam Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2. 6 Angka koreksi pada Perhiungan Stabilitas *Marshall*

Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
200-213	25.4	5.56	421-431	52.4	1.39
214-225	27	5.00	432-443	54	1.32
226-237	28.6	4.55	444-456	55.6	1.25
238-250	30.2	4.17	457-470	57.2	1.19
251-264	31.8	3.85	471-482	58.7	1.14
265-276	33.3	3.57	483-495	60.3	1.09
277-289	34.9	3.33	496-508	61.9	1.04
290-301	35.5	3.03	509-522	63.5	1.00
302-316	38.1	2.78	523-535	65.1	0.96
317-328	39.7	2.5	536-546	66.7	0.93
329-340	41.3	2.27	547-559	68.3	0.89
341-353	42.9	2.08	560-573	69.9	0.86
354-367	44.4	1.92	574-585	71.4	0.83
368-379	46	1.79	586-598	73	0.81
380-392	47.6	1.67	599-610	74.6	0.78
393-405	49.2	1.56	611-625	76.2	0.76
406-420	50.8	1.47			

Sumber: Badan Standarisasi Nasional. Tabel 2. RSNi M-06-2004.

c. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah metrik yang melibatkan perbandingan nilai stabilitas dan nilai aliran. Hubungan antara nilai *Marshall Quotient* (MQ) dengan sifat-sifat campuran dapat digambarkan sebagai berikut: semakin besar nilai MQ, campuran cenderung menunjukkan sifat yang lebih kaku, sedangkan penurunan nilai MQ sesuai dengan sifat campuran yang lebih fleksibel.

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14

sebagai berikut:

$$MQ = \frac{s}{t} \quad (2.14)$$

Dengan:

S = Nilai stabilitas terpadang (Kg).

t = Nilai kelelehan/flow (mm).

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

d. Density

Kepadatan mengacu pada tingkat kekompakan yang ditunjukkan oleh campuran aspal setelah proses pemadatan. Kepadatan campuran meningkat ketika nilai kerapatannya meningkat. Kepadatan suatu bahan tergantung pada berbagai faktor, termasuk komposisi dan karakteristik bahan penyusunnya, distribusi ukuran partikel dalam campuran, tingkat pemadatan yang diterapkan, suhu saat pemadatan terjadi, dan proporsi aspal yang ada.

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

$$g = g - f \quad (2.15)$$

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

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 nilai persentase rongga udara yang ada dalam campuran, untuk mendapatkan nilai VIM dihitung dengan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$VIM = 100 - i x j \quad (2.17)$$

Dengan:

i = Bj benda uji

j = Bj campuran maksimal

f. *Void Filled Asphalt (VFA)*

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

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (2.18)$$

Dengan:

VFA = rongga terisi aspal persen terhadap VMA.

VMA = rongga di antara mineral agregat.

VIM = rongga di dalam campuran.

g. *Void Mineral Agregat (VMA)*

VMA adalah Kehadiran rongga udara di dalam butir agregat dalam campuran agregat aspal kompak merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan. Ini termasuk rongga udara itu sendiri dan kadar aspal efektif, yang mengacu pada persentase volume rongga dalam agregat yang terisi aspal, dinyatakan sebagai persentase dari volume total.

VMA adalah persentase kadar mineral pada *sample briket* yang dapat dihitung dengan persamaan 2.19 sebagai berikut :

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

Dengan:

l = Persentase volume agregat

Kadar aspal optimal (KAO) dapat ditentukan berdasarkan kriteria uji *Marshall* tersebut di atas. Penentuan apakah suatu campuran memenuhi standar Bina Marga dapat dilakukan berdasarkan kadar aspal yang optimal. Spesifikasi Divisi 6 Bina Marga menguraikan persyaratan yang diperlukan untuk campuran beton aspal AC, juga dikenal sebagai laston.

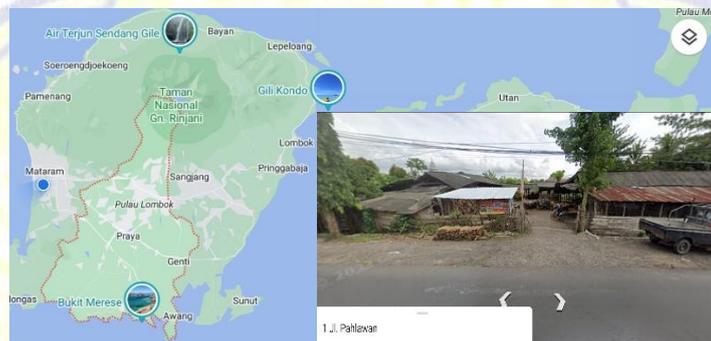
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Bahan Jalan UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

3.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel Serbuk Kayu

Lokasi pengambilan Serbuk Kayu sebagai bahan penelitian terletak di Jalan Pahlawan Renteng, Praya, Lombok Tengah. Untuk lebih jelas lokasi pengambilan Serbuk Kayu dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Sumber : Google Maps

Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Serbuk kayu

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Jenis data dalam penelitian ini yaitu:

1. Data Primer

Data primer mengacu pada informasi yang dikumpulkan secara sistematis melalui metode independen, seperti pengungkapan bertahap dari penelitian yang sedang berlangsung atau penerapan prosedur pengujian. Analisis hasil pengujian dalam penelitian ini menggabungkan data primer yang meliputi hasil pengujian *Marshall*, pengujian kadar aspal efektif, hasil pengujian *Marshall* untuk kadar aspal optimum, dan volume benda uji.

2. Data Sekunder

Data sekunder ialah informasi yang dikumpulkan langsung oleh peneliti, sedangkan data sekunder mengacu pada data yang telah dikumpulkan oleh peneliti atau sumber lain dan dapat diakses untuk digunakan dalam upaya penelitian selanjutnya. Bentuk

data khusus ini bersumber dari peneliti yang melakukan upaya pengumpulan data dengan tujuan tertentu, selanjutnya menyebarluaskan data yang diperoleh untuk memudahkan pemanfaatannya oleh sesama peneliti.

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.

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat saringan standar (yang terdiri dari ukuran $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " #4, #8, #16, #30, #50, dan #200. Untuk mengurutkan ukuran agregat dari yang terkecil sampai terbesar seperti pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Saringan Standar STM

- b) Satu alat Pengujian Volumetrik
 - c) Untuk mengukur volume cairan dan/atau memanipulasinya dengan presisi sesuai dengan karakteristik spesifiknya. Seperti pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Alat Pengujian Volumetrik

2. Oven dan pengatur suhu.

Suatu alat digunakan untuk memfasilitasi proses pengeringan benda uji pada kondisi suhu tertentu untuk memperoleh data yang diperlukan. Seperti pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3. 4 Oven atau Pemanas Agregat

3. Timbangan Digital

Alat yang digunakan untuk mengukur berat benda uji pada penelitian ini terdiri dari timbangan dengan ketelitian 0,1 gram. Seperti pada Gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3. 5 Timbangan Digital

4. Termometer



Gambar 3. 6 Termometer

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur aspal. Seperti pada Gambar 3.6 sebagai berikut:

5. Alat pembuat briket campuran aspal hangat terdiri dari :

- a. Alat untuk membuat briket campuran aspal hangat terdiri dari: a. Sekumpulan cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm dan tinggi 80 mm, lengkap dengan plat atas dan leher sambung. Seperti yang digambarkan pada Gambar 3.7 di bawah ini.:



Gambar 3. 7 Cetakan Benda Uji Briket

- b. Penumbuk atau compactor yang memiliki permukaan tumbuk yang rata dan berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18"). Seperti pada Gambar 3.8 sebagai berikut



Gambar 3. 8 Alat Penumbuk

- c. Alat Pengangkat Briket atau Dongkrak Hidrolis yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji didalam mold. Seperti pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3. 9 Dongkrak Hidrolis

6. *Water Bath* yang digunakan untuk merendam benda uji didalam suhu 60° C selama 30 menit. Seperti pada Gambar 3.10 sebagai berikut:



Gambar 3. 10 *Water Bath*

7. *Alat Marshall*, terdiri dari :

- a. Pemegang penekan yang memiliki bentuk lengkung (*Breaking Head*), dengan jari-jari bagian dalam sebesar 50,8 mm (2 inci).
- b. Pemegang beban (*loading jack*) yang dioperasikan secara listrik dengan kecepatan pergerakan vertikal 50,8 mm per menit.
- c. Cincin uji (*proving ring*) dengan kapasitas 2500 kg atau 5000 kg dilengkapi dengan pengukur tekanan (*dial*) dengan ketelitian 0,0025 (0,001 inci).
- d. Pengukur aliran (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm bersama dengan aksesoris lainnya.

Fungsi dari alat *Marshall* adalah untuk menentukan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta menganalisis kepadatan dan porositas dari campuran padat yang terbentuk. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3. 11 Satu Set Uji *Alat Marshall*

8. Alat Penunjang

- a. Panci, memiliki fungsi sebagai tempat pencampuran agregat pencampuran aspal. Seperti Gambar 3.12 sebagai berikut:



Gambar 3. 12 Panci

- b. Wajan, spatula dan kompor gas memiliki fungsi untuk memanaskan aspal. Seperti pada Gambar 3.13 sebagai berikut:



Gambar 3. 13 Wajan, Spatula, dan Kompor Gas

- c. Sarung tangan, fungsinya untuk melindungi tangan ketika memanaskan campuran aspal. Seperti pada Gambar 3.14 sebagai berikut:



Gambar 3. 14 Sarung Tangan

3.4 Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat kasar dan agregat halus



Gambar 3. 15 Agregat kasar dan agregat halus

2. Aspal penetrasi 60 / 70



Gambar 3. 16 Aspal

3. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah Abu Serbuk Kayu, Gambar 3.18 Abu Serbuk Kayu dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 3. 17 Abu Serbuk Kayu yang lolos saringan No.200

4. Air



Gambar 3. 18 Air

3.5 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO

Proses penentuan jumlah benda uji yang akan dilakukan meliputi penentuan median kadar aspal (p_b). Selanjutnya kadar aspal antara digunakan sebagai acuan untuk pembuatan benda uji, dengan tujuan untuk mencapai kadar aspal optimal (KAO) dalam suatu campuran. Dalam merumuskan komposisi campuran aspal, penentuan kadar aspal optimal dilakukan dengan menggunakan rumus yang diturunkan dari spesifikasi Depkimpraswil tahun 2002, seperti diuraikan di bawah ini

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (FF) + \text{Konstanta} \quad \dots(3.1)$$

Dengan:

P_b = kadar aspal rencana perkiraan

CA = agregat kasar (tertahan saringan No. 4)

FA = agregat halus (lolos No. 4 tertahan saringan No. 200)

FF = bahan pengisi (lolos saringan No. 200)

K = 0,5-1 untuk laston

3.6 Job Mix Design Campuran Aspal

Setelah semua agregat halus, agregat kasar, dan *Filler* telah melalui pemeriksaan dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan, langkah selanjutnya adalah melakukan perencanaan campuran aspal (*job mix design*), yang kemudian diikuti dengan pembuatan benda uji. *Job mix design* adalah proses merancang proporsi campuran yang meliputi penentuan fraksi agregat kasar dan fraksi agregat halus, menentukan kadar aspal, dan juga menetapkan proporsi *Filler* sesuai dengan

persentase yang telah ditetapkan, yaitu persentase fraksi agregat kasar ditambah persentase fraksi agregat halus ditambah persentase *Filler* harus sama dengan 100 %.

Tabel 3. 1 Variasi Campuran Kadar Aspal

VARIASI	Agregat Kasar 3/4 (gram)	Agregat Kasar 3/8 (gram)	Agregat Halus (Abu Batu) (gram)	<i>Filler</i> Semen (gram)	Aspal (gram)	TOTAL
4,0%	345,6	288	506,88	11,52	48	1200
4,5%	343,8	286,5	504,24	11,46	54	1200
5,0%	342	285	501,6	11,4	60	1200
5,5%	340,2	283,5	498,96	11,34	66	1200
6,0%	338,4	282	496,32	11,28	72	1200

Sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024

Rencana setelah mendapatkan kadar aspal yaitu membuat variasi campuran menggunakan Abu Serbuk Kayu sebagai *Filler* dengan variasi campuran 0% 1%, 2%, dan 3%.

Adapun jumlah dari sampel yang dibutuhkan pada saat melakukan pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Pengujian

No	Variasi <i>Filler</i>	<i>Marshal test</i>
1	0%	3 Buah
2	1 %	3 Buah
3	2 %	3 Buah
4	3 %	3 Buah
	Total	12 Buah

Sumber: Hasil pengujian laboratorium 2024

3.7 Tahapan Penelitian

Penelitian terdiri dari 3 tahapan:

1. Tahap persiapan
2. Tahap pembuatan benda uji
3. Tahap pengujian material

3.7.1 Tahap Persiapan

Tahap awal dari proses penelitian melibatkan penetapan desain penelitian, dimana semua alat dan bahan yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu. Memastikan ketersediaan alat dan bahan sangat penting karena berdampak signifikan terhadap proses penelitian. Alat dan bahan sudah dipersiapkan secara matang sejak awal.

3.7.2 Pembuatan benda uji

Desain campuran dilakukan sebelum produksi benda uji. Perencanaan desain campuran mencakup berbagai komponen seperti perencanaan gradasi agregat, penentuan kadar aspal, dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi, termasuk agregat, aspal, dan bahan pengisi. Gradasi yang digunakan mengikuti Standar Nasional Indonesia (RSNI M-01-2003)

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap I

Untuk mengestimasi awal kadar aspal (Pb), langkah pertama adalah menghitung nilai tersebut. Setelah mendapatkan nilai kadar aspal, langkah selanjutnya adalah menghitung berat jenis maksimum (BJ Max). Data untuk menghitung BJ Max diambil dari percobaan yang dilakukan terhadap berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

2. Tahap II

Menentukan berat aspal jenis penetrasi 60/70, berat *Filler*, dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. Persentase masing-masing ditentukan berdasarkan total berat campuran, yang sebesar 1200 gram. Kadar aspal dihitung dengan memperhitungkan komposisi agregat dalam campuran.

3. Tahap III

Panaskan agregat pada temperatur 28°C setelah itu panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan seperti diperlihatkan pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. 3 Kekentalan aspal keras untuk pencampuran dan pemadatan

Alat uji	Kekentalan untuk		satuan
	pencampuran	pemadatan	
Viscosimeter Kinematik	170 ± 20	280 ± 30	Centistokes
Viscosimeter Saybolt Furol	85 ± 10	140 ± 15	Detik Saybolt Furol

Sumber: RSNI M-01-2003

4. Tahap IV

Pencampuran Pencampuran benda uji dilakukan sebagai berikut:

- a. Agregat seberat sekitar 1200 gram digunakan untuk setiap benda uji, sehingga tinggi benda uji mencapai sekitar 63,5 mm dengan toleransi sekitar ± 1,27 mm.
- b. Wadah pencampur dipanaskan sekitar 28°C di atas suhu pencampuran aspal yang keras.
- c. Agregat yang sudah dipanaskan dimasukkan ke dalam wadah pencampur.
- d. Aspal yang sudah mencapai kekentalan sesuai dengan Tabel 3.3 dituangkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian diaduk dengan cepat hingga tercampur merata dengan aspal.

5. Tahap V

Pemadatan benda uji dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Setelah aspal dituangkan ke dalam agregat, campuran tersebut diaduk hingga merata, lalu didiamkan hingga mencapai suhu pemadatan antara 120°C hingga 140°C.
- b. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap sesuai dengan ukuran dasar cetakan.
- c. Seluruh campuran dimasukkan ke dalam cetakan dan ditusuk-tusuk menggunakan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
- d. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji sesuai dengan ukuran cetakan.

- e. Campuran dipadatkan dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan, kemudian dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali di kedua sisinya.
- f. Setelah pemadatan campuran selesai, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji.
- g. Keluarkan benda uji dari cetakan, letakkan di atas permukaan yang rata, beri tanda pengenal, dan biarkan selama sekitar 24 jam pada temperatur ruang.

6. Tahap VI

Persiapan pengujian dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
- b. Mengukur tinggi benda uji dengan akurasi yang tepat.
- c. Menimbang benda uji untuk mendapatkan berat udara.
- d. Merendam benda uji dalam air selama sekitar 24 jam pada suhu ruangan.
- e. Menimbang benda uji di dalam air untuk menghitung isi dari benda uji.
- f. Menimbang benda uji dalam kondisi kering dengan permukaan jenuh.

3.7.3 Tahap Pengujian Material

Angka koreksi dapat ditentukan berdasarkan tebal benda uji, dapat dilihat pada Tabel 2.6

3.8 Volumetrik Test

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan Volume Isi Maksimum (VIM) dari masing-masing benda uji. Berikut adalah tahapan pengujian:

1. Tahap I

Benda uji dipilah berdasarkan ukurannya untuk direndam selama 1 hari dengan tujuan menghilangkan debu. Setelah direndam, benda uji dijemur.

2. Tahap II

Volume bulk dan densitas dihitung menggunakan rumus volumetrik setelah mengukur tinggi, berat, dan diameter benda uji.

3. Tahap III

Dilakukan perhitungan berat jenis terhadap setiap benda uji.

4. Tahap IV

Pemeriksaan dan perhitungan ciri-ciri sifat *Marshall* dilakukan pada tahap ini.

5. Tahap V

Hasil perhitungan dari tahap-tahap sebelumnya digunakan untuk membuat grafik yang nantinya akan digabungkan dengan grafik dari tahap ini.

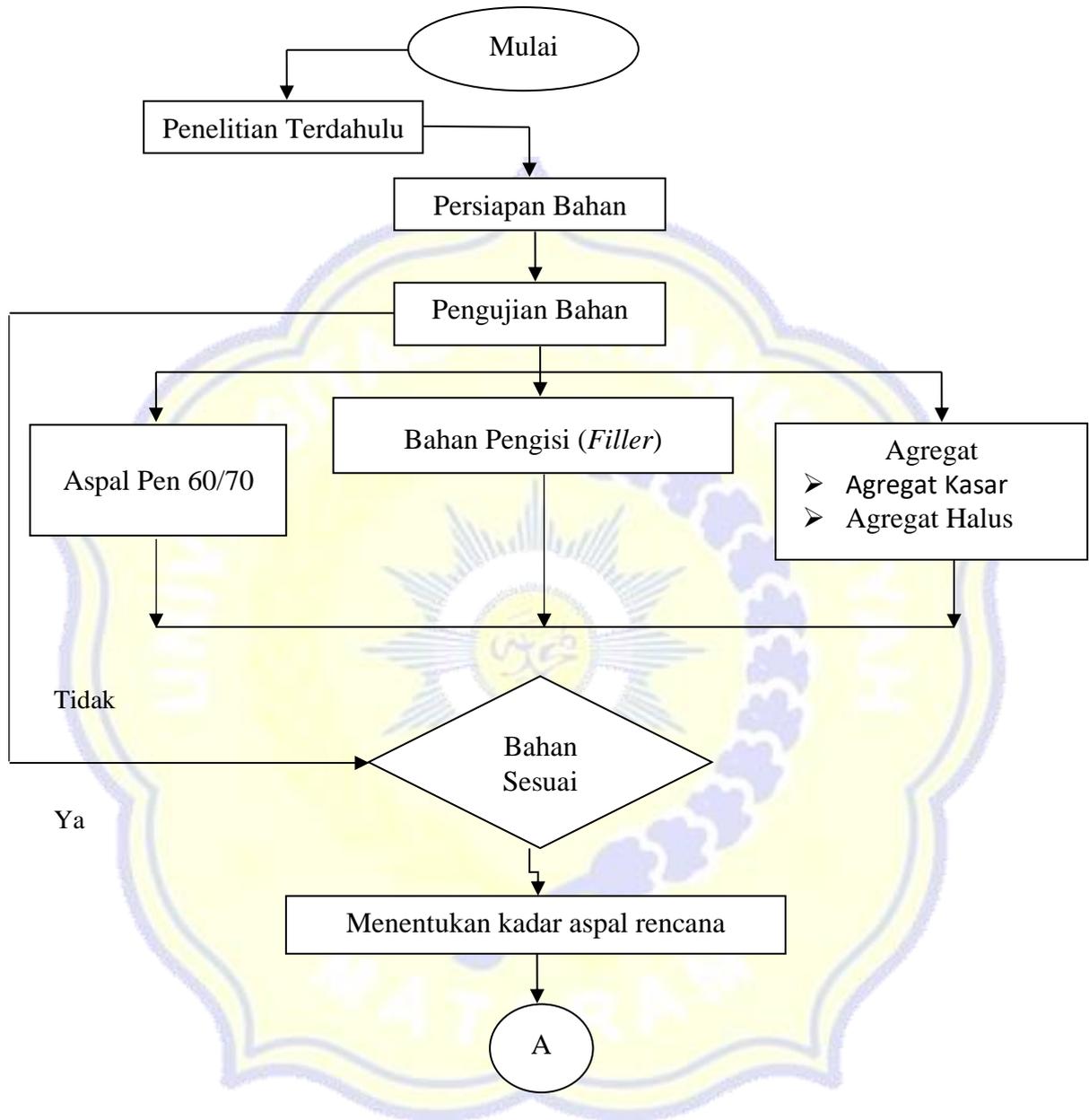
3.9 *Marshall Test*

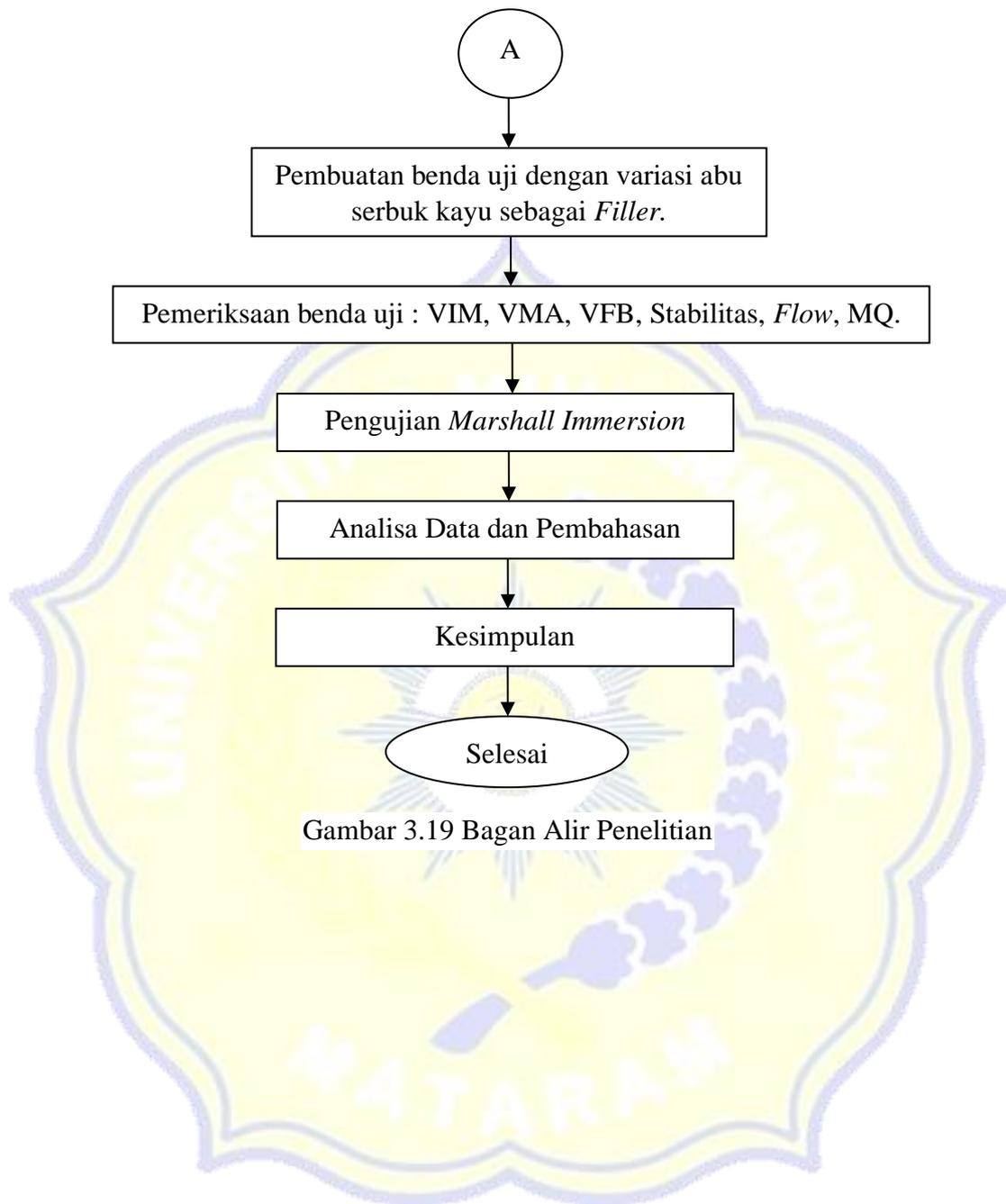
Pengujian *Marshall* adalah Eksperimen dilakukan untuk menilai ketahanan (stabilitas) campuran aspal terhadap peledakan (aliran) plastik. Ada korelasi positif antara nilai stabilitas campuran dan nilai aliran yang sesuai, sehingga peningkatan nilai stabilitas menyebabkan peningkatan nilai aliran yang sesuai. Berdasarkan nilai stabilitasnya yang tinggi, dapat disimpulkan bahwa aspal memiliki kemampuan menahan berbagai beban.

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Benda uji direndam selama sekitar 24 jam sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Benda uji direndam dalam *Water Bath* (perendaman dalam mesin bak) selama 30 – 40 menit dengan suhu 60°C.
3. Benda uji dikeluarkan dan diletakkan pada alat uji *Marshall* untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini, diperoleh nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan *Marshall* quotient didapatkan menggunakan rumus persamaan 3.2.

3.10 Diagram Alir





Gambar 3.19 Bagan Alir Penelitian