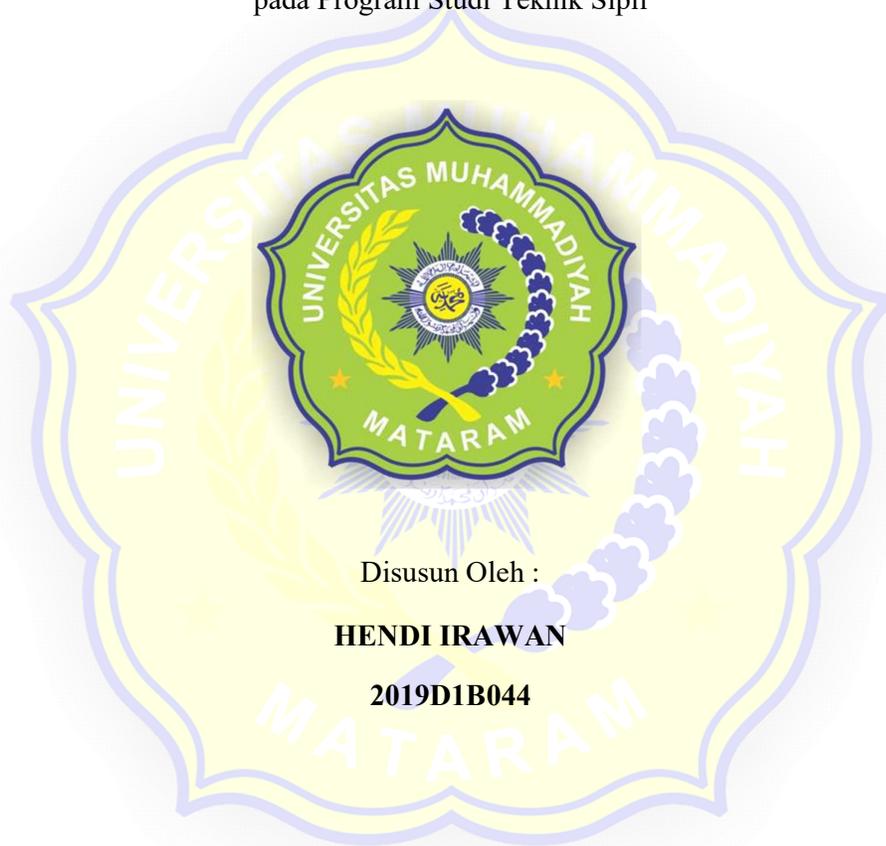


SKRIPSI

PENGARUH PENGGUNAAN ABU KULIT JAGUNG SEBAGAI *FILLER* DAN PASIR PANTAI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
pada Program Studi Teknik Sipil



Disusun Oleh :

HENDI IRAWAN

2019D1B044

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI
PENGARUH PENGGUNAAN ABU KULIT JAGUNG SEBAGAI *FILLER*
DAN PASIR PANTAI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC

Disusun Oleh:

HENDI IRAWAN
2019D1B044

Mataram, 17 Januari 2024

Pembimbing I



Titik Wahyuningsih, ST., MT.
NIDN. 0819097401

Pembimbing II



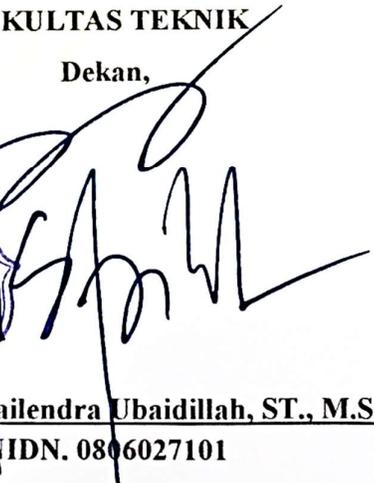
Anwar Efendy, ST., MT.
NIDN. 0811079502

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,




Dr. H. Aji Svailendra Ubaidillah, ST., M.Sc.
NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN ABU KULIT JAGUNG SEBAGAI *FILLER*
DAN PASIR PANTAI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP
PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh

HENDI IRAWAN
2019D1B044

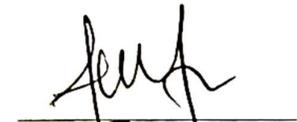
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada hari Kamis, 1 Februari 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Titik Wahyuningsih, ST., MT.



Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT.



Penguji III : Nurul Hidayati, ST., M.Eng.



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan

Dr. H. Aji Sunilendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN. 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hendi Irawan

NIM : 2019 D1B044

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Abu Kulit Jagung Sebagai *Filler* dan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran AC-BC

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya, bahwa penulisan Skripsi ini adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas hasil karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat atau disebut plagiarisme. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

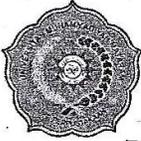
Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Mataram, 12 Februari 2024

Pembuat pernyataan,



Hendi Irawan
2019D1B044



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 : HENDI IRAWAN
NIM : 2019018044
Tempat/Tgl Lahir : DOMPUR, 01 Januari 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 081 237 071 591
Email : hendicmc@gmail.com

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

Pengaruh Penggunaan Abu kulit Jagung sebagai Filler dan Pasir
Pantai Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall Pada
Campuran AC-BC.

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 50%

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

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

Mataram, 15 Februari 2024

Penulis



HENDI IRAWAN
NIM. 2019018044

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 : Hendi Irawan
NIM : 2019D1B044
Tempat/Tgl Lahir : Dampu, 01 Januari 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 081237071591 / hendiinc@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

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

Pengaruh Penggunaan Abu kulit Jagung sebagai filler dan pasir
Pantai sebagai Agregat Halus terhadap parameter Marshall
pada campuran 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, 15 Februari 2024
Penulis



Hendi Irawan
NIM. 2019D1B044

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

MOTTO

“barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah SWT”

(HR. Tirmidzi)

“sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka merubah keadaan diri mereka sendiri”

(QS, Ar-Rad, 11)

“tidak perlu kata-kata, yang penting aksi nyata”

(Master Limbad)

“konsisten adalah kunci keberhasilan”

(penulis)



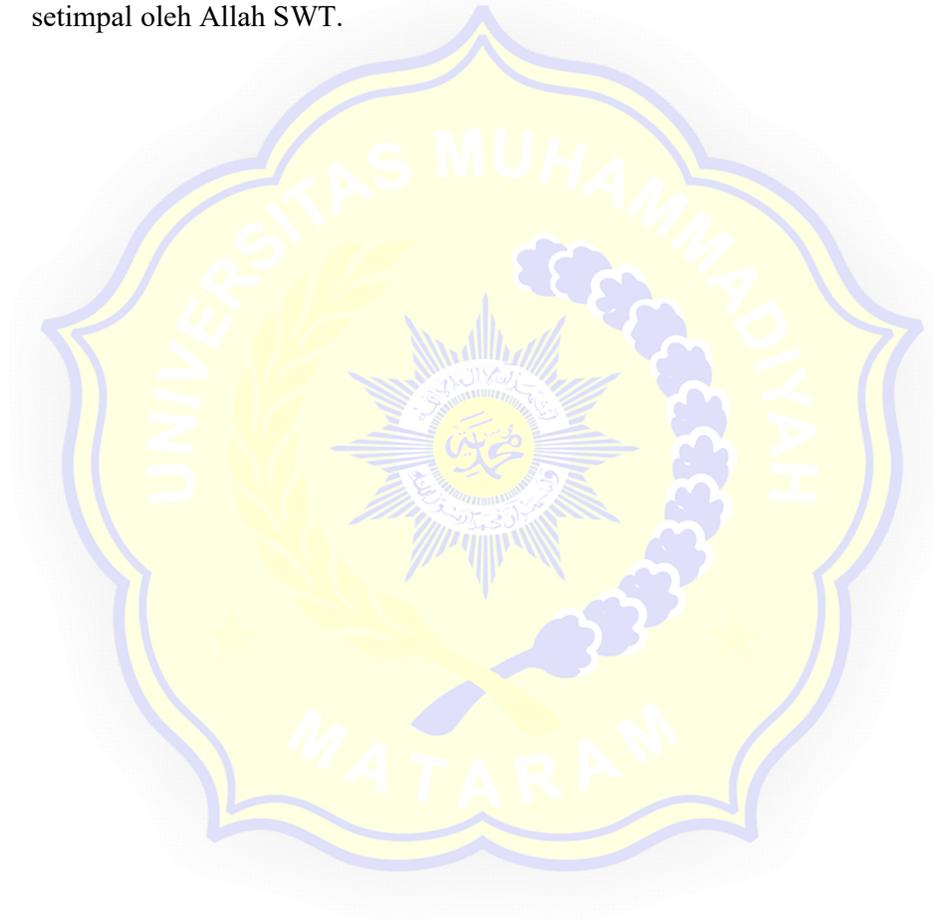
PERSEMBAHAN

Penyusunan skripsi ini tentunya tidak murni atas usaha dari penulis sendiri, tanpa bantuan, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak yang telah berkontribusi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini penulis secara khusus ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT Tuhan yang maha esa, atas rahmat dan nikmat yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.
2. Kedua orang tua (ibu dan bapak) yang sangat penulis sayangi dan cintai, yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta kasih sayang yang tiada hentinya diberikan kepada penulis, sehingga menjadi penyemangat penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Keluarga tercinta yang telah memberikan *support* sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
4. Bapak Drs. Abdul Wahab., MA, selaku rektor kampus Universitas Muhammadiyah Mataram.
5. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
6. Pada Dosen Pembimbing skripsi penulis yakni, pembimbing 1 Titik Wahyuningsih, ST., MT. dan pembimbing II Anwar Efendy, ST., MT. yang telah mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram khususnya bagi para dosen yang telah berbagi ilmu selama masa perkuliahan di kampus.
8. Seluruh kerabat dan sahabat penulis yang telah berkontribusi dalam penyusunan skripsi ini diantaranya : Diki Arya Sugara, I Gede Anaga A.S, Doni Prangana L.Q, Irzi Maulana Sahpurta, Hairul Hadi, dan rekan-rekan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
9. Seluruh teman-teman yang mengambil pengujian *Marshall* yang sama-sama

berjuang saling membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini sehingga memudahkan penulis dalam melakukan penelitian dan pengolahan data.

10. Kampus Universitas Muhammadiyah Mataram, sebagai wadah bagi para mahasiswa/i untuk menggali ilmu dan pengalaman.
11. Seluruh pihak terkait yang telah membantu penulis selama pengumpulan data maupun pengujian di laboratorium. Atas *i'tikad* baik-nya semoga dibalas setimpal oleh Allah SWT.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, hidayah serta limpahan nikmat yang begitu banyaknya. Diantara sekian banyak kenikmatan itu adalah penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Penggunaan Abu Kulit Jagung Sebagai *Filler* dan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran AC-BC**”. Sebagai syarat untuk menempuh gelar akademik sarjana teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulisan skripsi ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk mengembangkan gagasan dan ide bagi penulis kedepannya. Demikian, semoga skripsi ini bisa diterima sebagai ide atau gagasan yang menambah kekayaan intelektual dan dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga untuk penulis sendiri.

Mataram, 17 Januari 2024

Hendi Irawan

ABSTRAK

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting dalam menunjang aktifitas manusia yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan salah satunya dengan memodifikasi campuran aspal, dengan memanfaatkan limbah hasil produksi pertanian dan bahan lainnya yang mudah didapatkan serta keberadaannya yang melimpah di alam. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan dalam campuran lapis aspal beton yaitu limbah abu kulit jagung dan bahan pengganti agregat halus yaitu menggunakan pasir pantai. Alasan penggunaan kedua bahan pengganti tersebut karena mudah didapatkan, dan keterbatasan abu batu selain itu juga untuk mengurangi keberadaan limbah kulit jagung menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan secara optimal dan bermanfaat.

Penelitian yang dilakukan menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) 5,5 % dimana untuk campuran agregat pembuatan benda uji dengan variasi abu kulit jagung dan pasir pantai sebanyak 0%:0%, 0,25%:11%, 0,5%:22%, dan 0,75%:33%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai abgregat halus terhadap parameter *Marshall* pada campuran AC-BC.

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, didapatkan untuk nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi ke-3 (0,5%:22%) dengan nilai sebesar 1707 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah berada pada variasi ke-1 (0%:0%) dengan nilai sebesar 1153 kg. Nilai *flow* seluruh variasi campuran telah memenuhi spesifikasi minimal 2 mm dan maksimal 4 mm. Nilai VIM hanya pada variasi ke-1 (0%:0%) yang memenuhi spesifikasi yakni minimal 3% dan maksimal 5% dengan nilai sebesar 4.61%. Nilai VMA tertinggi berada pada variasi ke-2 (0,25%:11%) dengan nilai 21,45% dan terendah pada variasi ke-1 (0%:0%) dengan nilai 17,66%. Pada parameter VFA, hanya pada variasi ke-2 (0,25%:11%) saja yang tidak memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu minimal 65% dengan nilai sebesar 58,04%.

Kata Kunci: *Abu kulit jagung, Pasir pantai, AC-BC, Marshall*

ABSTRACT

Roads are a vital component of the land transportation infrastructure that facilitates human activity. They cover the entire length of the road, including the supplemental sections meant for traffic. Using readily available, naturally occurring ingredients such as agricultural waste and other readily obtained components, asphalt mixtures are modified in an effort to improve the quality of road pavement. Beach sand can be used in place of fine aggregate in asphalt concrete mixtures and leftover corn cob ash can also be utilized as a filler. These two alternatives are being used since they are easily obtained, stone dust is not readily available, and there is less corn cob waste that can be put to better and more advantageous use.

Optimum Asphalt Content (OAC) of 5.5% was used in the research, and different ratios of beach sand to corn cob ash were used in the aggregate mixtures for specimen creation, including 0%:0%, 0.25%:11%, 0.5%:22%, and 0.75%:33%. The purpose of this study is to quantify the impact of beach sand as fine aggregate and corn cob ash as filler on *Marshall* Parameters in AC-BC mixes.

According to the findings of the *Marshall* test, the first variant (0%:0%) had the lowest stability value, with a value of 1153 kg, and the third variation (0.5%:22%) had the highest stability value, 1707 kg. All mixture variants' flow values satisfied the minimum requirement of 2 mm and maximum requirement of 4 mm. With a value of 4.61%, the VIM value only satisfied the requirements in the first variation (0%:0%), which is a minimum of 3% and a maximum of 5%. With a value of 21.45%, the second variation (0.25%:11%) had the highest VMA value, while the first variation (0%:0%) had the lowest value, 17.66%. With a score of 58.04%, the second variation (0.25%:11%) was the only one that did not reach the minimum requirement of 65% in terms of the VFA parameter.

Keywords: *Corn Cob Ash, Beach sand, AC-BC, Marshall*

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM _____

KEPALA
UPT P3B



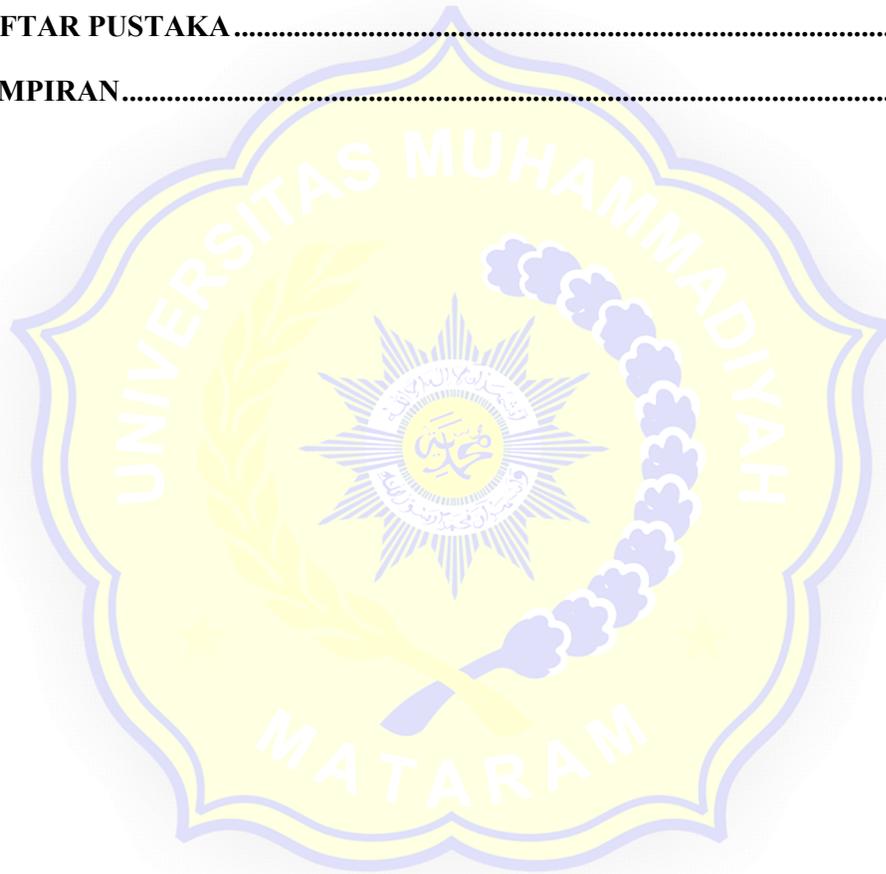
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
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
2.2 Landasan Teori	8
2.2.1 Perkerasan jalan.....	8
2.2.2 Perkerasan lentur (<i>flexible pavement</i>)	8
2.2.3 Aspal.....	11
2.2.4 Agregat	15
2.2.5 Bahan pengisi (<i>filler</i>).....	20
2.2.6 Perhitungan kadar aspal rencana	22
2.2.7 Pengujian volumetrik campuran.....	23
2.2.8 Pengujian <i>marshall</i> (karakteristik sifat-sifat <i>marshall</i>).....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Lokasi Penelitian dan Metode Penelitian	29
3.1.1 Lokasi penelitian	29
3.1.2 Metode penelitian	29
3.2 Variabel Penelitian	29
3.3 Peralatan Pengujian.	30
3.4 Bahan Pengujian.....	36
3.5 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO	39
3.6 Tahapan Pengujian	40
3.6.1 Persiapan benda uji.....	40
3.6.2 Persiapan pengujian.....	42
3.6.3 Pengujian sampel.....	43
3.7 <i>Volumetric Test</i>	44
3.8 Diagram Alir	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46

4.1 Umum.....	46
4.2 Pengujian Material	46
4.2.1 Hasil analisa pembagian butiran	46
4.2.2 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.....	49
4.2.3 Data pengujian aspal	53
4.3 Penentuan Gradasi Agregat.....	53
4.4 Perhitungan Kadar Aspal Rencana.....	60
4.5 Perencanaan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	60
4.6 <i>Job Mix Formula</i> pada Kadar Aspal Optimum (KAO), variasi campuran <i>filler</i> abu kulit jagung dan pasir pantai sebagai agregat halus.	68
4.6.1 <i>Job Mix Formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0% dan 0% pasir pantai.....	68
4.6.2 <i>Job Mix Formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,25% dan 11% pasir pantai	68
4.6.3 <i>Job Mix Formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,5% dan 22% pasir pantai.....	69
4.6.4 <i>Job Mix Formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,75% dan 33% pasir pantai	69
4.7 Sifat <i>Volumetric</i> Campuran Beraspal.....	70
4.7.1 Hasil pengujian stabilitas	70
4.7.2 Hasil pengujian <i>flow</i>	71
4.7.3 Hasil pengujian rongga dalam campuran (<i>Void in The Mix/VIM</i>)	72
4.7.4 Hasil pengujian rongga diantara mineral agregat (<i>Void in Mineral Agregate/VMA</i>).....	73

4.7.5 Hasil pengujian rongga terisi aspal (<i>Void Filled with Asphalt</i> /VFA).....	74
4.8 Rekapam Hasil Analisa Parameter <i>Marshall</i>	75
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81



DAFTAR TABEL

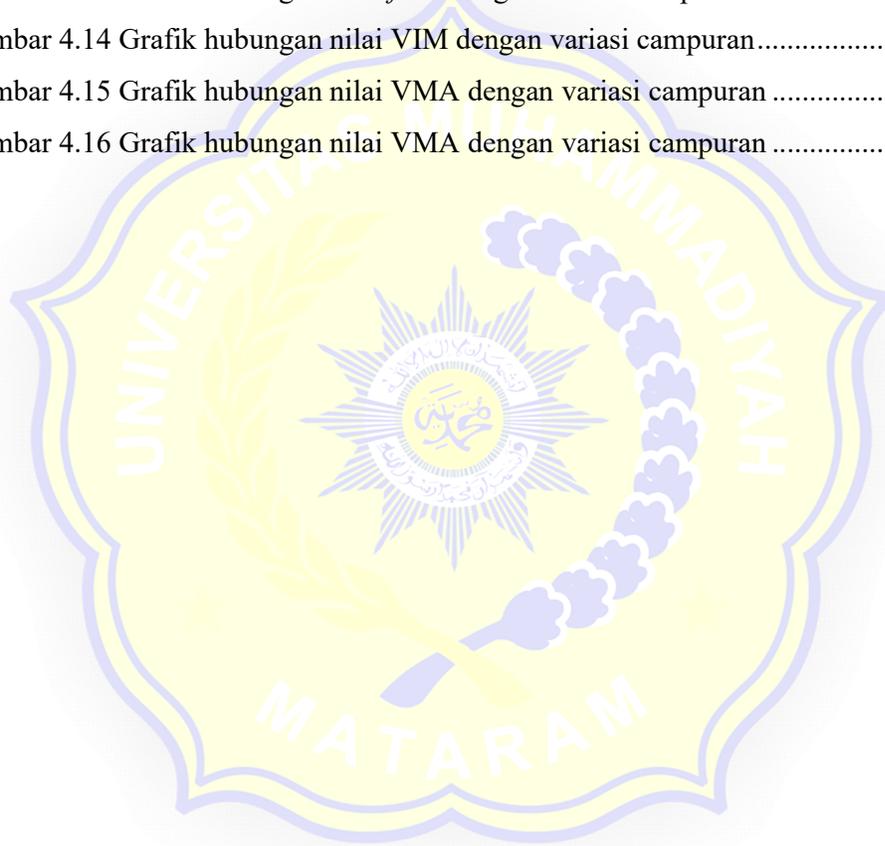
Tabel 2.1 Persyaratan Campuran Lapis Beton.....	10
Tabel 2.2 Persyaratan Aspal Minyak	14
Tabel 2.3 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal.....	15
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar	19
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus	20
Tabel 2.6 Ketentuan <i>Filler</i>	21
Tabel 2.7 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas <i>Marshall</i>	26
Tabel 3.1 Variasi campuran abu kulit jagung dan pasir pantai	29
Tabel 3.2 Jumlah Sampel Pengujian variasi campuran.....	40
Tabel 3.3 Kekentalan aspal keras untuk pencampuran dan pemadatan	41
Tabel 4.1 Analisa saringan pembagian butiran agregat kasar ukuran $\frac{3}{4}$ "	47
Tabel 4.2 Analisa saringan pembagian butiran agregat kasar ukuran $\frac{3}{8}$ "	47
Tabel 4.3 Analisa saringan pembagian butiran agregat halus abu batu (tertahan #200)	48
Tabel 4.4 Analisa saringan pembagian butiran <i>filler</i> abu kulit jagung (lolos #200)	48
Tabel 4.5 Analisa saringan pembagian butiran agregat halus pasir pantai	49
Tabel 4.6 Pemeriksaan baret jenis dan penyerapan agregat fraksi agregat (<3/4)	50
Tabel 4.7 Pemeriksaan baret jenis dan penyerapan agregat fraksi agregat (<3/8)	50
Tabel 4.8 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat abu batu.....	51
Tabel 4.9 pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus pasir pantai	52
Tabel 4.10 pemeriksaan berat jenis dan penyerapan <i>filler</i> abu kulit jagung.....	52
Tabel 4.11 Karakteristik aspal penetrasi 60/70	53
Tabel 4.12 Gradasi agregat	54
Tabel 4.13 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0% - agregat halus pasir pantai 0%).....	55
Tabel 4.14 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,25% - agregat halus pasir pantai 11%).....	56

Tabel 4.15 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,5% - agregat halus pasir pantai 22%).....	57
Tabel 4.16 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,75% - agregat halus pasir pantai 33%).....	58
Tabel 4.17 kebutuhan agregat masing-masing kadar aspal dalam gram.....	61
Tabel 4.18 Persentase agregat masing-masing kadar aspal	62
Tabel 4.19 Hasil pengujian <i>Marshall</i> pada campuran AC-BC	62
Tabel 4.20 <i>Job mix formula</i> variasi campuran agregat	68
Tabel 4.21 <i>Job mix formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0% dan 0% pasir pantai	68
Tabel 4.22 <i>Job mix formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,25% dan 11% pasir pantai.....	69
Tabel 4.23 <i>Job mix formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,5% dan 22% pasir pantai.....	69
Tabel 4.24 <i>Job mix formula</i> pada variasi abu kulit jagung 0,75% dan 33% pasir pantai.....	69
Tabel 4.25 Hasil pengujian stabilitas	70
Tabel 4.26 Hasil pengujian <i>flow</i> (mm).....	71
Tabel 4.27 Hasil pengujian VIM (%).....	72
Tabel 4.28 Hasil pengujian VMA (%).....	73
Tabel 4.29 Hasil pengujian VFA (%)	74
Tabel 4.30 Rekapitan hasil parameter <i>Marshall</i>	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 komposisi dari aspal	12
Gambar 3.1 Saringan Standar ASTM	30
Gambar 3.2 Oven	31
Gambar 3.3 Timbangan Digital	31
Gambar 3.4 <i>Thermometer</i>	32
Gambar 3.5 Cetakan Benda Uji	32
Gambar 3.6 Alat Penumbuk	33
Gambar 3.7 Dongkrak Hidrolis	33
Gambar 3.8 <i>Water Bath</i>	34
Gambar 3.9 Satu Set Uji Alat <i>Marshall</i>	35
Gambar 3.10 Teko	35
Gambar 3.11 Alat penggoreng	36
Gambar 3.12 Sarung tangan	36
Gambar 3.13 Agregat kasar	37
Gambar 3.14 Abu Batu	37
Gambar 3.15 Pasir pantai Taman Loang Baloq	38
Gambar 3.16 Aspal Pen. 60/70	38
Gambar 3.17 Semen	39
Gambar 3.18 Abu kulit jagung	39
Gambar 3.19 Diagram alir	45
Gambar 4.1 Grafik hasil <i>blending</i> agregat PT. Sinar Bali Binakarya	54
Gambar 4.2 Grafik kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0% - agregat halus pasir pantai 0%)	56
Gambar 4.3 Grafik Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,25% - agregat halus pasir pantai 11%)	57
Gambar 4.4 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,5% - agregat halus pasir pantai 22%)	58
Gambar 4.5 Kombinasi analisa agregat (<i>filler</i> abu kulit jagung 0,75% - agregat halus pasir pantai 33%)	59

Gambar 4.6 Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO).....	63
Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian <i>stability</i>	64
Gambar 4.8 Grafik hasil pengujian <i>flow</i>	65
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian VIM	65
Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian VMA.....	66
Gambar 4.11 Grafik hasil pengujian VFA	67
Gambar 4.12 Grafik hubungan nilai stabilitas dengan variasi campuran	71
Gambar 4.13 Grafik hubungan nilai <i>flow</i> dengan variasi campuran.....	72
Gambar 4.14 Grafik hubungan nilai VIM dengan variasi campuran.....	73
Gambar 4.15 Grafik hubungan nilai VMA dengan variasi campuran	74
Gambar 4.16 Grafik hubungan nilai VMA dengan variasi campuran	75

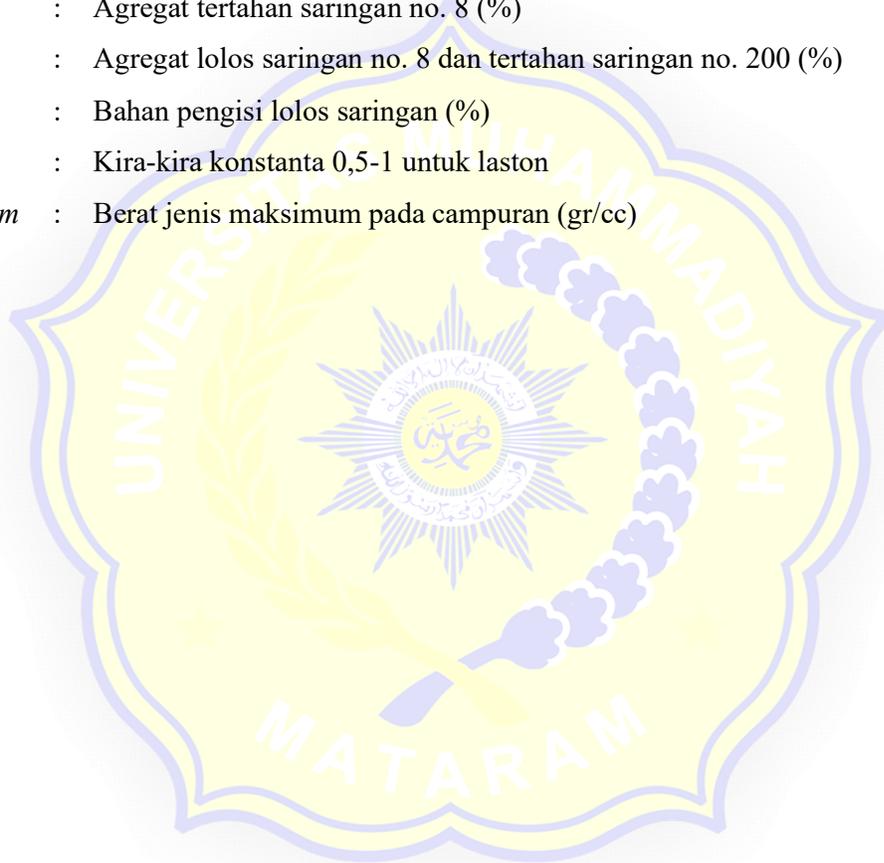


DAFTAR NOTASI



<i>A</i>	: Berat benda uji kering oven (gr)
<i>APPT</i>	: Berat jenis semu
<i>B</i>	: Berat benda uji jenuh kering permukaan jenuh (gr)
<i>Bulk</i>	: Berat jenis
<i>C</i>	: Berat benda uji dalam air (gr)
<i>Sd</i>	: Berat jenis curah (gr)
<i>Ss</i>	: Berat jenis jenuh kering permukaan (gr)
<i>Sa</i>	: Berat jenis semu (gr)
<i>Sw</i>	: Penyerapan air
<i>Bk</i>	: Berat benda uji kering (gr)
<i>B</i>	: Berat <i>picnometer</i> + berat air (gr)
<i>SSD</i>	: Berat jenis kering permukaan
<i>S</i>	: Stabilitas (kg)
<i>p</i>	: Kalibrasi <i>proving ring</i> pada 0
<i>r</i>	: Nilai pembacaan arlojo stabilitas
<i>MQ</i>	: <i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
<i>t</i>	: Nilai kelelehan/ <i>flow</i> (mm)
<i>e</i>	: Berat benda uji sebelum direndam (gr)
<i>f</i>	: Berat benda uji jenuh air (gr)
<i>g</i>	: Berat benda uji dalam air (gr)
<i>h</i>	: Isi benda uji (ml)
<i>i</i>	: Berat isi benda uji (gr/ml)
<i>VIM</i>	: Rongga di dalam campuran (%)
<i>j</i>	: Bj campuran maksimal
<i>VFA</i>	: Rongga terisi aspal (%)
<i>VMA</i>	: Rongga diantara mineral agregat (%)
<i>l</i>	: Persenetase volume agregat (%)
<i>Bt</i>	: Berat <i>picnometer</i> + benda uji + berat air (gr)

- $W1$: Berat *picnometer* + *filler* (gr)
 $W2$: Berat *picnometer* (gr)
 $W3$: Berat *picnometer* + air + *filler* (gr)
 $W4$: Berat *picnometer* + air pada t°C (gr)
 $W5$: Isi *filler* (gr)
 Wt : Berat *filler* (gr)
 Pb : Perkiraan kadar aspal tengah terhadap campuran (%)
 CA : Agregat tertahan saringan no. 8 (%)
 FA : Agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200 (%)
 FF : Bahan pengisi lolos saringan (%)
 K : Kira-kira konstanta 0,5-1 untuk laston
 Gmm : Berat jenis maksimum pada campuran (gr/cc)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar asistensi

Lampiran 2 Surat-surat skripsi

Lampiran 3 Hasil pengujian

Lampiran 4 Dokumentasi penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan penting dalam menunjang aktifitas manusia yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap yang diperuntukkan bagi lalu lintas. Jalan raya tersusun atas empat lapisan mulai dari lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan antara (*binder course*), dan lapisan aus (*wearing course*). Peningkatan status ekonomi suatu negara sangat dipengaruhi oleh kualitas dari jalan raya itu sendiri. Karena semakin baiknya layanan transportasi pada jalan raya tersebut tentu memicu pada lancarnya laju transportasi dalam pemanfaatan pemindahan barang dalam bidang perdagangan dan perekonomian lainnya dalam suatu negara.

Ada beberapa jenis campuran aspal yang digunakan di Indonesia, salah satunya yaitu aspal beton (*Asphalt Concrete*). Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai agregat menerus lalu dicampur, kemudian dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu (Bina Marga 2018). Aspal beton biasanya digunakan untuk lapisan permukaan (*surface course*), dan lapisan perata (*levelling*) serta pengikat. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan salah satunya dengan memodifikasi campuran aspal, dengan memanfaatkan limbah hasil produksi pertanian dan bahan lainnya yang mudah didapatkan serta keberadaannya yang melimpah di alam. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan dalam campuran lapis aspal beton yaitu limbah abu kulit jagung yang didapat dari desa Nusa Jaya, kecamatan Manggelewa, kabupaten Dompu, provinsi Nusa Tenggara Barat.

Nusa Jaya adalah sebuah desa yang berada di kecamatan Manggelewa, kabupaten Dompu, provinsi NTB yang merupakan salah satu desa dengan mayoritas penduduknya memiliki profesi sebagai petani. Dimana para petani ini menanam berbagai jenis tanaman di setiap musim tanam diantaranya yaitu

tanaman jagung dan akan dipanen pada saat musim panen. ketika musim panen tiba, seluruh tanaman yang sudah diambil bijinya dibiarkan mengering kemudian dibakar ditempat atau diambil sebagian untuk dijadikan pakan ternak tanpa pemanfaatan lainnya. Itulah mengapa pada penelitian ini digunakan limbah abu kulit jagung sebagai *filler* pada campuran perkerasan jalan karena mudah didapatkan, selain itu juga untuk mengurangi keberadaan limbah hasil pertanian menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan secara optimal dan bermanfaat.

Selain menggunakan bahan pengganti *filler* semen menggunakan abu kulit jagung, pada penelitian ini juga melakukan modifikasi campuran dengan menggantikan sebagian agregat halus menggunakan pasir pantai yang didapat di Desa Wisata Taman Loang Baloq yang terletak di kelurahan Tanjung Karang, Sekarbela, kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Alasan penggunaan pasir pantai sebagai alternatif bahan pengganti terhadap agregat halus abu batu, karena keterbatasan ketersediaan abu batu di alam bisa saja terjadi sehingga menyebabkan harganya menjadi mahal. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran aspal.

Pada penelitian ini juga berfokus pada lapisan perkerasan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Coarse*). Yang dimana lapisan AC-BC ini merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak diantara lapis pondasi atas dan lapis aus yang memiliki karakteristik gradasi agregat gabungan rapat atau menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup besar. Pada lapisan ini, hal yang terpenting yaitu stabilitas campurannya karena walau tidak berhubungan langsung dengan cuaca, akan tetapi harus memiliki kekuatan dan ketebalan yang cukup untuk mengurangi tegangan maupun regangan yang diberikan oleh beban lalu lintas yang bekerja diatasnya untuk diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu lapisan pondasi dan tanah dasar. Sehingga untuk menentukan nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal AC-BC ini dapat diketahui dengan metode pengujian *Marshall*.

Pengujian dengan metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang

terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,2 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm). Pada penelitian ini prosedur pengujian *Marshall* mengacu pada RSNI M-01-2003.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis tertarik melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Abu Kulit Jagung Sebagai *Filler* dan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran AC-BC”.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa nilai *Marshall test* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus ?
2. Berapa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain yaitu:

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus.
2. Untuk mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus.

1.4 Batasan Masalah

berikut batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat kasar yang digunakan tertahan saringan no 8 (2,38 mm).

2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir pantai yang lolos saringan no 8 (2,38 mm).
3. Penelitian ini dilakukan untuk meninjau seberapa besar pengaruh abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus terhadap nilai karakteristik campuran dalam aspal AC-BC.
4. Spesifikasi campuran aspal AC-BC mengacu pada spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018.
5. Aspal penetrasi 60/70.
6. Pengujian benda uji dilakukan dengan *Marshall test*.
7. Abu kulit jagung yang digunakan merupakan limbah alam yang tidak terpakai
8. Penelitian ini tidak membahas tentang reaksi kimia maupun ikatan kimia.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini yang menampilkan hasil dari pengaruh penggunaan pasir pantai dan abu kulit jagung terhadap campuran aspal diharapkan mampu menjadi pertimbangan dalam pemanfaatan limbah kulit jagung dan pasir pantai dalam campuran aspal AC-BC. Selain itu juga dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan bisa memberikan pemahaman tentang pemanfaatan bahan tidak terpakai melimpah lainnya selain limbah kulit jagung dan pasir pantai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada sub-bab tinjauan pustaka ini berisi uraian tentang hasil dari beberapa penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya hanya pada segi teori yang terkait dengan judul, akan tetapi lokasi pengambilan material dan *filler* yang digunakan berbeda.

Najihan (2019), melakukan sebuah penelitian proyek akhir dengan judul "Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Dengan Penambahan *Filler* Abu Tebu Pada Campuran Aspal Terhadap Karakteristik *Marshall*". Penelitian ini berbentuk eksperimen dan menggunakan *filler* berupa abu tebu dengan variasi kadar yang berbeda, yakni 0%, 5%, 10%, dan 15%, serta menggunakan pasir Pantai Parangtritis sebagai pengganti agregat halus. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan *filler* abu tebu dan penggantian agregat halus dengan pasir pantai berpengaruh terhadap karakteristik aspal pada uji *marshall*. Semakin tinggi kadar *filler* dalam campuran aspal, maka nilai stabilitas dan MQ meningkat, sementara nilai *flow*, kepadatan, VIM, VMA, dan VFA cenderung menurun. Nilai stabilitas dan kelelahan dengan kadar *filler* 0% dan 10%, serta VMA dengan kadar *filler* 0%, dan MQ, telah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010. Namun, nilai VIM, VMA dengan kadar *filler* 5%, 10%, dan 15%, VFA, dan kelelahan dengan kadar *filler* 5% dan 15%, tidak memenuhi standar Bina Marga 2010.

Rafianto, dkk (2022), melakukan penelitian yang berjudul "Analisis Pemanfaatan Pasir Pantai Sadranan Sebagai Bahan Tambah Campuran (AC-BC) Terhadap Sifat *Marshall*". Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal sebesar 4%, 5%, dan 6%, serta variasi persentase campuran pasir pantai sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45% dari berat total agregat halus. Setelah pembuatan sampel selesai, selanjutnya dilakukan pengujian sifat *Marshall* dan perhitungan aspek ekonomis sebelum dan sesudah penggunaan pasir pantai. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa pasir pantai mempengaruhi campuran AC-BC dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5% dan Proporsi Pasir Pantai Optimum (PPPO) sebesar 15%. Penggunaan KAO 5% dan PPPO 15% berdampak pada Sifat *Marshall* dan Aspek Ekonomis, dengan nilai stabilitas tertinggi dan efisiensi penurunan harga yang signifikan. Sifat *Marshall* yang diperoleh adalah: Stabilitas = 1739,86 kg, VIM = 4,33%, VMA = 16,87%, dan VFB = 74,80%. Dari segi aspek ekonomis, penggunaan tambahan pasir pantai sebesar 15% menghasilkan harga AHSP sebesar Rp 1.424.006,76/m³, sedangkan menggunakan pasir sungai menghasilkan harga AHSP sebesar Rp 1.470.899,43/m³. Oleh karena itu, penggunaan pasir pantai mengakibatkan penurunan anggaran sebesar Rp 46.892,67/m³ atau 0,032% dari harga menggunakan pasir sungai.

Arifiardi, dkk (2016) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter *Marshall*”. Pada penelitiannya dibuatlah variasi campuran antara pasir pantai dengan pasir gunung dengan perbandingan yaitu 1). 0% pasir pantai : 100% pasir gunung, 2). 50% pasir pantai : 50% pasir gunung, dan 3). 100% pasir pantai : 0% pasir gunung. Hasil pengujian *marshall* yang didapat dari ketiga variasi tersebut bahwa hanya pada variasi ke-3 (100% pasir pantai : 0% pasir gunung) yang tidak memenuhi spesifikasi dari parameter *marshall* itu sendiri yaitu pada parameter stabilitas dan parameter MQ (*Marshall Quotient*). Pada parameter stabilitas diperoleh nilai sebesar 678,65 kg, sedangkan batas minimum stabilitas yaitu 800 kg. Yang kedua pada parameter MQ (*Marshall Quotient*) dengan nilai yang didapat sebesar 218,92 kg/mm, sedangkan batas minimum spesifikasi MQ untuk AC-WC sebesar 250 kg/mm. Sehingga penggunaan 100% pasir pantai tidak dapat dijadikan bahan substitusi secara keseluruhan sebagai agregat halus pada perkerasan AC-WC.

Salsabilla dkk (2022), melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Hasil Tes *Marshall* Pada Aspal Dengan Penggunaan Pasir Pantai Alam Indah Tegal Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Campuran AC-BC”. Mereka melakukan eksperimen dengan bahan tambah pasir Pantai Alam Indah Kota Tegal sebagai pengganti sejumlah agregat halus dengan kadar 25%, 50% ,

dan 100%. Dari hasil analisis pengujian *marshall* didapatkan bahwa dengan menggunakan pasir Pantai Alam Indah Kota Tegal sebagai pengganti agregat halus dengan ketiga variasi tersebut sangat berpengaruh terhadap nilai *marshall* itu sendiri. Didapat beberapa parameter *marshsall* yang tidak terpenuhi spesifikasinya dari ketiga variasi campuran pasir pantai yang dibuat. Mulai dari parameter VIM yang seluruh variasi campuran tersebut tidak memenuhi spesifikasi yaitu minimal 3% dan maksimal 5% sedangkan nilai VIM yang diperoleh melebihi dari batas maksimal dari VIM itu sendiri. Yang kedua pada parameter VFA juga tidak memenuhi spesifikasi yaitu minimal 65%. Yang ketiga pada parameter stabilitas hanya pada variasi 100% saja yang tidak memenuhi spesifikasi minimal 900 kg, dengan nilai sebesar 878,90 kg. selanjutnya pada parameter *flow* hanya pada variasi 25% yang memenuhi spesifikasi yaitu minimal 2 mm dan maksimal 4 mm, dengan nilai *flow* yang didapatkan sebesar 3,68 mm. Yang terakhir pada parameter MQ (*Marshall Quotient*), hanya pada variasi 25% yang memenuhi spesifikasi yaitu minimal 250 kg/mm, dengan nilai yang didapatkan sebesar 320,31 kg/mm. sehingga kesimpulan yang diambil dari penelitian tersebut yaitu dengan menggunakan pasir Pantai Alam Indah Kota Tegal dinilai tidak layak untuk bahan pengganti agregat halus pada perkerasan aspal AC-BC.

Wijaya (2023), melakukan penelitian tugas akhir/skripsi berjudul "Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai *Filler* dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran AC-BC ". Penelitian ini menggunakan kadar aspal optimum sebesar 5,1%. Campuran agregat dalam pembuatan benda uji dibuat dengan variasi abu batu karang dan pasir besi sebanyak 0%:0%, 0,5%:5%, 1%:10%, dan 1,5%:15%. Hasil analisis pengujian *marshall* menunjukkan nilai tertinggi VMA pada variasi II (0,5%:5%) sebesar 19,24%, sementara nilai minimum pada variasi IV (1,5%:15%) sebesar 12,96%. Nilai VFB tertinggi pada variasi IV (1,5%:15%) sebesar 107,79%, sedangkan nilai minimum pada variasi II (0,5%:5%) sebesar 67,36%. VIM mencapai maksimum pada variasi II (0,5%:5%) sebesar 6,28%, sementara nilai minimum terdapat pada variasi IV (1,5%:15%) sebesar -1,01%. Stabilitas mencapai nilai

maksimum pada variasi I (0%:0%) sebesar 1385,1 kg, sedangkan nilai minimum pada variasi III (1%:10%) sebesar 898,5 kg. Nilai *flow* mencapai maksimum pada variasi I (0%:0%) sebesar 4,6 mm, sedangkan nilai minimum pada variasi IV (1,5%:15%) sebesar 1,75 mm. MQ mencapai nilai maksimum pada variasi IV (1,5%:15%) sebesar 775 kg/mm, sedangkan nilai minimum pada variasi II (0,5%:5%) sebesar 246 kg/mm. Dengan demikian, kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Wijaya adalah semakin tinggi penggunaan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus dapat mengakibatkan kerusakan pada benda uji. Sebaliknya, semakin rendah penggunaan batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus menghasilkan campuran yang lebih optimal dari berbagai aspek.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori adalah alur logika atau penalaran yang merupakan seperangkat konsep, definisi, dan proporsi yang disusun secara sistematis (Sugiyono, 2010)

2.2.1 Perkerasan jalan

Menurut Sukirman (2003), bagian jalan raya yang diperkuat dengan lapisan khusus disebut dengan perkerasan jalan raya, perkerasan jalan raya memiliki kekuatan, ketebalan, kekakuan, dan kestabilan khusus sehingga menyalurkan beban kendaraan dan lapis permukaan menuju tanah dasar dengan aman. Lapis yang berada diantara lapisan tanah dasar dengan roda kendaraan berfungsi melayani transportasi dan direncanakan agar tidak terjadi kerusakan. Perkerasan jalan adalah hasil pencampuran bahan pengikat dengan agregat dengan tujuan menahan beban kendaraan di atasnya. Agregat yang digunakan antara lain adalah batu kali, batu belah, batu pecah, atau sisa dari peleburan baja. Sebagai pengikatnya digunakan antara lain semen, aspal, atau tanah liat.

2.2.2 Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapisan permukaan serta bahan

berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut memiliki kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan pada kendaraan ketika melintas di atas jalan tersebut. Adapun susunan dari perkerasan lentur antara lain sebagai berikut:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*).

Lapisan permukaan merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan jalan (Sukirman, 2010), fungsi utamanya yaitu sebagai berikut:

- a. Sebagai lapisan penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
- b. Sebagai lapisan aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapisan permukaan tidak meresap ke lapisan di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

2. Lapis pondasi (*base course*).

Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan dinamakan lapisan pondasi (*base course*). Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar (Sukirman, 2010). Adapun fungsi lapis pondasi antara lain sebagai berikut:

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis di bawahnya.
- b. Lapis peresap untuk pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

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

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar (Sukirman, 2010). Berikut merupakan fungsi dari lapisan pondasi bawah (*Subbase course*) antara lain:

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai $CBR \geq 20\%$, serta Indeks Plastis (IP) $\leq 10\%$.
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- e. Lapis *filter* untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi. Untuk itu lapis pondasi bawah haruslah memenuhi syarat:

$$\frac{D_{15\text{pondasi}}}{D_{15\text{tanahdasar}}} \geq 5$$

$$\frac{D_{15\text{pondasi}}}{D_{85\text{tanahdasar}}} < 5$$

Dengan:

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

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

Berikut untuk persyaratan campuran lapis beton dapat dilihat pada **Tabel 2.1** berikut ini :

Tabel 2.1 Persyaratan Campuran Lapis Beton

Sifat-sifat campuran	Laston		
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 m dengan kadar aspal	Min	0,6	
	Max	1,2	
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0	
	Max	5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65
Pelelehan (mm)	Min	2	
	max	4	
			3
			6

Sifat-sifat campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60°c	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2		

(Sumber: *Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018.*)

2.2.3 Aspal.

Menurut Sukirman, (2007) aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau cokelat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang terbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan pada suhu tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Selain itu menurut Sukirman, (1992) aspal dapat dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal dengan bahan pengikat itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi antara rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

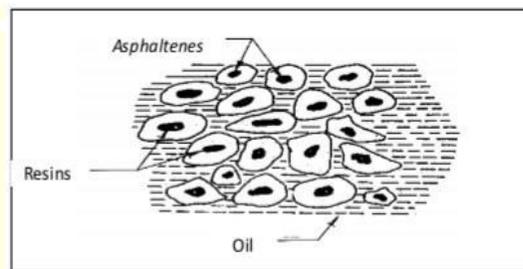
1) Kandungan Aspal.

Pada dasarnya aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Secara garis besar unsur kimiawi yang terdapat dalam aspal terdiri dari:

- a. Carbon 80-87%.
- b. Hidrogen 9-11%.
- c. Nitrogen 2-8%.
- d. Sulfur 0-1%.

- e. Logam berat 0-0,5%.

Secara garis besar struktur molekul aspal terdiri dari *asphaltenes*, *resins*, dan *oils*. *Asphaltenes* terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon merupakan material berwarna hitam atau cokelat tua yang tidak larut dalam *nheptane*. *Asphaltenes* menyebar di dalam larutan yang disebut dengan *maltenes*. *Maltenes* larut dalam *heptanes*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau cokelat tua yang memberikan sifat *adhesi* dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*. *Maltenes* merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan perkerasan jalan (Sukirman, 2016). Berikut merupakan **Gambar 2.1** mengenai komposisi dari aspal sebagai berikut:



Gambar 2.1 komposisi dari aspal

(sumber: Sukirman, 2016)

2. Jenis Aspal.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal alam dan aspal minyak (Sukirman, 2016).

- a. Aspal alam merupakan aspal yang ditemui di alam, dapat berbentuk batuan ataupun aspal alam. Di Indonesia sendiri memiliki aspal batuan (*Natural Rock Asphalts*) di pulau Buton yang dikenal dengan nama Asbuton (Aspal Batuan Buton). Selain itu aspal alam juga terdapat berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalts*) yang banyak ditemui di Trinidad.
- b. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil*

yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Berdasarkan pengolahan hasil residu aspal minyak dapat berbentuk aspal cair, aspal emulsi, aspal hembus (*blown asphalt*) (Sukirman, 2016).

- 1) Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang, dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Aspal padat merupakan bagian utama dari residu minyak bumi, dan melalui proses lanjutan dapat diperoleh jenis aspal minyak yang lain.
- 2) Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicirikan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi:
 - a) *Rapid curing cutback asphalt* (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.
 - b) *Medium curing cutback asphalt* (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (*kerosene*).
 - c) *Slow curing cutback asphalt* (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair (minyak disel), SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.
- 3) Aspal emulsi (*Emulsified Asphalt*), adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik membentuk butiran-butiran lebih besar, maka butiran tersebut diberi muatan listrik.

Salah satu jenis aspal yang termasuk ke dalam aspal minyak adalah aspal semen. Aspal semen dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositas nya. Indonesia saat ini hanya menggunakan aspal Pen 60 yaitu semen aspal dengan

penetrasi antara 60-70. ASTM ataupun AASHTO membagi semen aspal ke dalam lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

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

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

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan pada daerah yang bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan pada daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya biasanya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Persyaratan aspal minyak 60/70 dapat dilihat pada **Tabel 2.2** berikut ini:

Tabel 2.2 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: RSNI S-01-2003)

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

Lapisan aspal AC-BC merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*wearing course*) dan di atas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekuatan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau renggangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base*

dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

Lapis aspal beton (Laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat atau menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat (Sukirman, 2008).

Gradasi agregat pada lapisan beton AC-BC adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman, 1999). Berikut ini akan dipaparkan spesifikasi gradasi agregat untuk campuran aspal antara lain dapat dilihat pada **Tabel 2.3** sebagai berikut:

Tabel 2.3 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

No. Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran		
		Laston (AC)		
		WC	BC	Base
	37,5			100
1"	25		100	90-100
3/4"	19	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	77-90	66-82	52-71
#4	4,75	53-69	46-64	35-54
#8	2,36	33-53	30-49	23-41
#16	1,18	21-40	18-38	13-30
#30	0,600	14-30	12-28	10-22
#50	0,300	9-22	7-20	6-15
#100	0,150	6-15	5-13	4-10
#200	0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

2.2.4 Agregat

Agregat adalah kumpulan butiran batu pecah atau mineral lain berupa agregat hasil alam atau hasil pengolahan yang digunakan sebagai bahan utama

pembuatan jalan. Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat yang berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2016).

1. Sifat agregat

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

a. Gradasi

Berdasarkan penggunaannya di lapangan, baik untuk penggunaan lapisan agregat tanpa bahan pengikat aspal maupun untuk campuran beraspal, agregat tersebut dibedakan atas gradasi nya. Gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat nya. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses penggunaan di lapangan. Gradasi agregat dibedakan atas:

- 1) Agregat bergradasi menerus, agregat dengan gradasi ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, berat volume besar dan *skid resistance* yang tinggi. Campuran agregat ini digunakan untuk campuran beraspal pada *asphalt concrete (AC)*.
- 2) Agregat bergradasi senjang (*gap graded*), merupakan agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit. Agregat ini menghasilkan lapis perkerasan dengan sifat stabilitas campuran sedang, dan juga *skid resistance* yang rendah. Stabilitas tersebut diperoleh dari mortar. Gradasi agregat ini digunakan untuk campuran beraspal pada lapis aspal beton (Lataston) atau *Hot Rolled Sheet (HRS)*.
- 3) Agregat bergradasi terbuka (*Open Graded*), merupakan agregat dengan ukuran yang sama. Agregat ini akan menghasilkan lapisan perkerasan

dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volumenya kecil.

b. Kebersihan.

Agregat yang mengandung substansi asing merusak harus dihilangkan sebelum digunakan dalam campuran perkerasan aspal, misalnya tumbuh-tumbuhan, partikel halus dan gumpalan lumpur. Hal ini dikarenakan substansi asing tersebut dapat mengurangi daya lekat aspal terhadap batuan sehingga mempengaruhi perkerasan.

c. Kekuatan dan Kekerasan.

Kekuatan agregat adalah ketahanan agregat agar tidak hancur atau rusak akibat pengaruh mekanis maupun kimiawi. Agregat yang akan digunakan sebagai lapisan perkerasan jalan harus tahan terhadap degradasi (pemecahan) selama proses pencampuran, pemadatan, dan pengulangan beban lalu lintas, serta *disitegradasi* (kehancuran) selama umur layanan jalan.

d. Bentuk Permukaan.

Bentuk permukaan partikel agregat berpengaruh terhadap stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Agregat berbentuk kubus dan memiliki sudut tajam merupakan bentuk partikel yang paling cocok digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan karena memberikan *interlock*/saling mengunci yang lebih besar antar agregat.

e. Tekstur Permukaan.

Tekstur permukaan yang kasar dan kasar akan memberikan gaya gesek yang lebih besar sehingga mampu menahan gaya pemisah yang terjadi pada batuan. Selain itu, teksturnya yang kasar meningkatkan kemampuan aspal dalam melekat pada batuan. Batuan halus lebih mudah terselimuti oleh aspal namun tidak dapat menjaga kelekatan aspal dengan baik. Akan tetapi, bila tekstur permukaan partikel agregat semakin kasar dapat menghasilkan stabilitas dan durabilitas campuran yang semakin tinggi.

f. Porositas

Porositas berpengaruh besar terhadap nilai ekonomis suatu campuran lapis perkerasan. Semakin besar porositas batuan maka aspal yang digunakan

semakin banyak. Hal ini disebabkan kemampuan absorpsi dari batuan terhadap aspal juga semakin tinggi.

Daya kelekatan dengan aspal dipengaruhi juga oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silika merupakan agregat bersifat *hydrophilie* yaitu agregat yang cenderung menyerap air. Agregat demikian tidak baik untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal.

2. Jenis Agregat.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya pengolahan dan ukuran butir nya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*) dan batuan metamorfik (*mertamorphic rock*). Sedangkan berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Sesuai ASTM dan Depkimpraswil dalam spesifikasi teknis campuran panas, (2010) membedakan agregat menjadi :

a. Agregat Kasar.

Menurut SNI 03-1737-1989, agregat kasar yaitu batuan yang tertahan saringan no. 8 (diameter 2,38 mm). Dalam pelaksanaan pengujian campuran aspal, agregat yang digunakan harus dari sumber dan jenis yang sama. Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Keausan pada 500 putaran (PB.0206-76 Manual Pemeriksaan Bahan Jalan) : maksimum 40%.
- 2) Kelekatan dengan aspal (PB.0205-76 MPBJ) : Minimum 95%.
- 3) Jumlah berat butiran tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : Minimum 50% (khusus untuk kerikil pecah).
- 4) Indeks kepipihan/kelonjongan butir tertahan 9,5 mm atau 3/8" (British Standards - 812) : Maksimum 25%.
- 5) Penyerapan air (PB.0202-76 MPPBJ) : Maksimum 3%.

6) Berat jenis curah (*bulk*) (PB.0202-76 MPBJ) : Minimum 2,5 (khusus untuk terak).

7) Bagian yang lunak (AASHTO T-189) : Maksimum 5%.

Untuk ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini:

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode pengujian	Nilai
Kelelehan untuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	Maks 12%
		Magnesium sulfat	Maks 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	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	100/90 [*])
		Lainnya	95/90 ^{**})
Partikel pipih dan lonjong		SMA	Maks 5%
		Lainnya	Maks 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Catatan:

- 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
- 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

b. Agregat Halus.

Menurut SNI 03-1737-1989, agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan no. 8 (diameter 2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (diameter 0,075 mm). Agregat halus harus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau pasir terak atau gabungan daripada bahan-bahan tersebut. Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar. Agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah hanya boleh digunakan apabila dicampur dengan pasir alam dalam perbandingan yang sama kecuali apabila pengalaman telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak mudah licin oleh lalu lintas. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecahan batu, harus berasal dari batuan induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar. Agregat halus harus mempunyai ekivalen pasir minimum 50% (AASHTO T 176). ketentuan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 2.5** berikut ini:

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nila setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

(Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga, 2010)

2.2.5 Bahan pengisi (*filler*)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastisitas campuran dan sensitivitas campuran (Rahaditya, 2012). Adapun ketentuan *filler* pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 revisi 1 adalah:

1. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (*75 micron*) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.
3. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat. Dapat dilihat ketentuan dari *filler* pada **Tabel 2.6** sebagai berikut

Tabel 2.6 Ketentuan *Filler*

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

(Sumber: *Spesifikasi umum Bina Marga*, 2010)

a. Semen *Portland*

Semen *Portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air (Putrowijoyo, 2006).

b. Abu kulit jagung

Limbah tanaman jagung terutama batang, daun, klobot dan tongkol mencapai 1,5 kali bobot buah sehingga jika dihasilkan 8 ton buah per ha maka akan menghasilkan 12 ton limbah jagung (Ariyanti, 2015). Pada umumnya jagung terdiri dari 12% kelobot jagung, 28% biji, 17% tongkol, 13% daun dan 30% batang. Limbah jagung merupakan bahan potensial untuk sumber *bioetanol*. Limbah jagung mengandung banyak *lignoselulosa* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber potensial dalam pembuatan *bioetanol* (Purwanto, 2010).

Kelobot jagung merupakan bagian daun jagung yang membungkus tongkol jagung. Adapun kandungan nutrisi dalam kelobot jagung adalah bahan

kering 42,56%, protein 3,4%, lemak 2,55%, serat kasar 23,32% dan substansi lainnya 28,17% (Pratiwi, 2015). Kulit jagung mengandung 36,81% *selulosa*, 15,7% *lignin*, 6,04% kadar abu dan 27,01% *hemiselulosa* (Purwono dan Hartono, 2005). Menurut Daniarti (2015), kelobot jagung memiliki kandungan serat total sebesar 38-50% dengan kadar karbohidrat antara 38-55%. Menurut Ariyanti (2015), nilai protein, lemak, serat kasar, abu dan *tannin* meningkat akibat perlakuan fermentasi sedangkan zat anti nutrisi seperti *xilane* dan *phytate* akan mengalami penurunan. Hal itu terjadi seiring dengan adanya aktifitas mikrobia.

2.2.6 Perhitungan kadar aspal rencana

Kadar aspal optimum (KAO) merupakan suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapisan perkerisan dimana persyaratan yang lainnya juga dipenuhi seperti nilai Stabilitas, Kelelehan (*flow*), VIM, VFA, VMA dan sebagainya sehingga pada akhirnya memberikan kualitas aspal yang baik. Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan menentukan kadar aspal rencana secara empiris dengan persamaan 2.1 (*Modul – 03C pengambilan contoh dan pengujian campuran aspal dan agregat untuk campuran beraspal hal 3 – 30*). $P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots \dots \dots (2.1)$

dengan:

- P_b : Perkiraan kadar aspal tengah terhadap campuran (presentase berat terhadap campuran)
- CA : Agregat tertahan saringan No.8 (agregat lolos saringan $\frac{3}{4}$ " – agregat lolos saringan No. 8)
- FA : Agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200 (agregat lolos saringan No.8 – agregat lolos saringan No.200)
- FF : Bahan pengisi lolos saringan No.200 (agregat lolos saringan No.200)
- K : Kira-kira konstanta 0,5 – 1 untuk laston

Nilai kadar aspal tengah rencana (P_b) pada hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5%. Pada penelitian ini menggunakan 5 kadar aspal rencana sehingga ditentukan dua kadar aspal diatas kadar P_b dan dua kadar aspal dibawah kadar P_b yang masing – masing berbeda 0,5%.

2.2.7 Pengujian volumetrik campuran

Pengujian volumetrik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *density*, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing-masing benda uji. Pengujian ini meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal. Sebelum dilakukan pengujian *Marshall*, benda uji dilakukan pengujian Volumetrik untuk masing-masing benda uji. Data-data yang diperoleh dari penelitian laboratorium, dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini:

1. Berat Jenis.

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

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

Dengan:

Bulk : berat jenis

SSD : berat jenis kering permukaan

APPT : berat jenis semu

BK : berat kering (gram)

B : berat piknometer + berat air (gram)

Bt : berat piknometer + berat benda uji + berat air (gram)

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

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

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

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

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

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

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

2.2.8 Pengujian *marshall* (karakteristik sifat-sifat *marshall*)

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah distandardisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow meter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,2 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm). Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti Metode

Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018). Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi : persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* 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:

1. Kelelahan (*Flow*)

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

2. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan kerusakan akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang, retakan dan naiknya aspal ke permukaan. Nilai stabilitas dari benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan *Marshall*. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji.

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

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

Dengan:

P : Kalibrasi *proving ring* pada o .

r : Nilai pembacaan arloji stabilitas.

Angka koreksi dapat ditentukan berdasarkan tebal benda uji, dapat dilihat pada **Tabel 2.7** sebagai berikut:

Tabel 2.7 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas *Marshall*

Isi (cm3)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Isi (cm3)	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: SNI 06-2489-1991)

3. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) merupakan suatu perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Semakin tinggi nilai *Marshall Quotient* (MQ), maka sifat pada campuran akan kaku dan sebaliknya semakin rendah nilai *Marshall Quotient* (MQ), maka campuran akan bersifat lentur.

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut :

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

Dengan:

s : Nilai stabilitas terpadang (Kg)

t : Nilai kelelehan/*flow* (mm)

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

4. Density

Density merupakan tingkat kerapatan suatu campuran aspal setelah pemadatan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan kepadatannya semakin baik. Nilai dari *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kualitas bahan penyusun, gradasi campuran, jumlah pemadatan, suhu pemadatan dan kadar aspal.

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

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

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

dengan:

e : Berat benda uji sebelum direndam (gram)

f : Berat benda uji jenuh air (gram)

g : Berat benda uji dalam air (gram)

h : Isi benda uji (ml)

i : Berat isi benda uji (gram/ml)

5. 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 :

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

Dengan:

i : Bj benda uji

j : Bj campuran maksimal

6. Void Filled Asphalt (VFA)

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

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

Dengan:

VFA : rongga terisi aspal persen terhadap VMA

VMA : rongga di antara mineral agregat

VIM : rongga di dalam campuran

7. *Void Mineral Agregat* (VMA)

VMA adalah rongga udara antara butir agregat dalam campuran agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang merupakan persen volume rongga di agregat yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

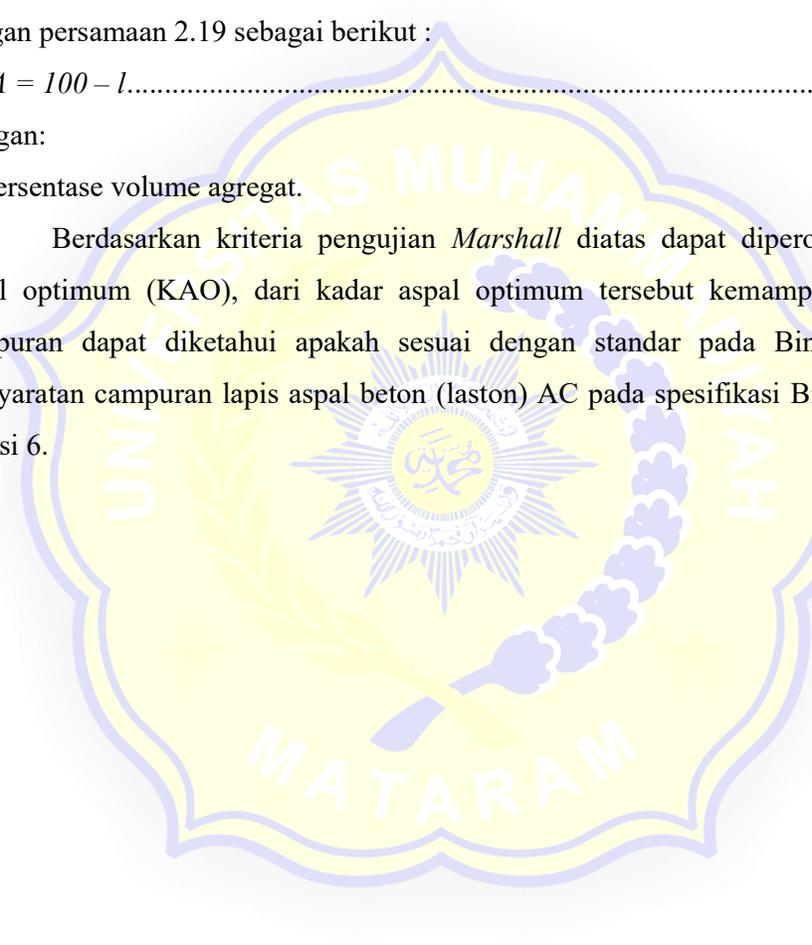
VMA adalah persentase kadar mineral pada *sample* briket yang dapat dihitung dengan persamaan 2.19 sebagai berikut :

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

Dengan:

l : Persentase volume agregat.

Berdasarkan kriteria pengujian *Marshall* diatas dapat diperoleh kadar aspal optimum (KAO), dari kadar aspal optimum tersebut kemampuan suatu campuran dapat diketahui apakah sesuai dengan standar pada Bina Marga. Persyaratan campuran lapis aspal beton (laston) AC pada spesifikasi Bina Marga Divisi 6.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian dan Metode Penelitian

3.1.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram yang terletak di Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Pagesangan, Kec, Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat.

3.1.2 Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, dimana dilakukan penelitian dengan penggantian *filler* menggunakan abu kulit jagung dan penggantian agregat halus menggunakan pasir pantai dengan perbandingan campuran seperti ditabelkan pada **Tabel 3.1** berikut ini:

Tabel 3.1 Variasi campuran abu kulit jagung dan pasir pantai

No.	Perbandingan campuran	
	abu kulit jagung : semen	pasir pantai : abu batu
1	0%:0%	0%:0%
2	0,25%:0,75%	11%:33%
3	0,5%:0,5%	22%:22%
4	0,75%:0,25%	33%:11%

(sumber: hasil perhitungan, 2023)

3.2 Variabel Penelitian

Menurut Arikunto (1998), variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu titik perhatian suatu penelitian. Variabel dibedakan menjadi 3 yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. pada penelitian ini variabel-variabel dalam melakukan eksperimen yaitu:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah *filler* abu kulit jagung dan agregat halus menggunakan pasir pantai.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah: stabilitas, kepadatan, kelelahan (*flow*), VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregat*), VFA (*Void Filled with Aspalt*), dan MQ (*Marshall Quotient*).

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang diteliti. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah agregat kasar, jenis aspal, jumlah pemadatan, metode pencampuran benda uji, dan suhu pencampuran.

3.3 Peralatan Pengujian.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set alat uji saringan (*sieve*) standar ASTM.

Satu set saringan dengan ukuran; 3" (37,5 mm); 2½" (63,5 mm); 2" (50,8 mm); ¾" (19,1 mm); ½" (12,5 mm); ⅜" (9,5 mm); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm). Berikut untuk gambar alat uji saringan dari ukuran terbesar (paling atas) sampai ke ukuran terkecil (paling bawah) dapat dilihat pada

Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Saringan Standar ASTM

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

2. Oven

Ialah alat yang digunakan untuk memanaskan dan mengeringkan sampel maupun agregat sehingga mencapai suhu tertentu sesuai ketentuan standar pengujian. Berikut gambar oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu seperti pada **Gambar 3.2** di bawah ini:



Gambar 3.2 Oven

(sumber: dokumentasi pribadi,2023)

3. Timbangan digital

Merupakan alat yang digunakan untuk menimbang agregat maupun benda uji, dimana untuk timbangan digital yang digunakan memiliki ketelitian 0,1 gram. Berikut untuk gambar timbangan digital seperti tertampil pada **Gambar 3.3** berikut ini:



Gambar 3.3 Timbangan Digital

(sumber: dokumentasi pribadi,2023)

4. Thermometer

Merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur tingkat derajat panas suatu agregat maupun aspal. Berikut di bawah ini merupakan

alat pengukur suhu yang digunakan peneliti berupa *Thermometer* payung dengan kapasitas 200°C Seperti pada **Gambar 3.4** berikut ini:



Gambar 3.4 *Thermometer*

(sumber: dokumentasi pribadi,2023)

5. Alat pembuat briket campuran aspal panas terdiri dari :
 - a. Satu set cetakan (*mould*) berbentuk silinder. Fungsi dari cetakan (*mould*) ini yaitu sebagai pencetak agregat yang sudah bercampur dengan aspal yang kemudian akan ditumbuk dengan pencetak (*mould*) ini. Berdasarkan SNI 06-2489-1991, dijelaskan untuk ukuran cetakan (*mould*) ini memiliki diameter 10,2 cm dan tinggi 7,62 cm. Berikut gambar dari alat cetak (*mould*) seperti tertampil pada **Gambar 3.5** berikut ini:



Gambar 3.5 Cetakan Benda Uji

(sumber: dokumentasi pribadi,2023)

- b. Alat penumbuk (*compactor*). Berdasar RSNI M-06-2004, alat penumbuk memiliki permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder, dengan berat 10,21 kg \pm 0,01 kg dan tinggi jatuh bebas 457,2 mm \pm 2,5 mm dengan

landasan peredam berupa balok kayu yang terbuat dari kayu jati dan lainnya untuk meredam getaran tumbukan ke lantai. Landasan penumpuk berdasar RSNI M-06-2004 berupa plat baja setebal 3 cm. Seperti pada **Gambar 3.6** sebagai berikut:



Gambar 3.6 Alat Penumbuk

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

- c. Alat pengeluar benda uji (dongkrak hidrolis), alat ini digunakan untuk mengeluarkan sampel atau benda uji dari dalam cetakan (*mould*) yang telah melalui tahap penumbukan. Seperti pada **Gambar 3.7** berikut ini:



Gambar 3.7 Dongkrak Hidrolis

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

6. *water bath* atau penangas air yang digunakan untuk merendam benda uji selama 30 menit di dalam air yang memiliki suhu 60°C. Seperti pada **Gambar 3.8** sebagai berikut:



Gambar 3.8 *Water Bath*

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

7. Alat *Marshall* adalah alat yang digunakan untuk mengukur sifat-sifat mekanis dari campuran aspal, terutama untuk menentukan stabilitas, kelelahan (*flow*) serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat ini terdiri dari beberapa komponen, termasuk:
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*), dengan jari-jari bagian dalam sebesar 50,8 mm (2 *inch*). Kepala penekan ini digunakan untuk menekan dan memadatkan campuran aspal selama pengujian.
 - b. Dongkrak pembebanan (*loading jack*) yang digerakkan secara elektrik dengan kecepatan pergerakan vertikal sebesar 50,8 mm/menit. Dongkrak ini digunakan untuk memberikan beban secara perlahan-lahan pada campuran aspal.
 - c. Cincin penguji (*proving ring*) yang memiliki kapasitas 2500 kg atau 5000 kg. Cincin ini dilengkapi dengan arloji tekan yang memiliki ketelitian sebesar 0,0025 (0,001 *inch*). Cincin penguji ini digunakan untuk mengukur stabilitas campuran aspal saat terkena beban.
 - d. Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian sebesar 0,25 mm beserta pelengkapannya. Arloji ini digunakan untuk mengukur kelelahan (*flow*) dari campuran aspal selama pengujian.

Berikut merupakan gambar dari alat *marshall* seperti pada **Gambar 3.9** berikut ini:



Gambar 3.9 Satu set alat uji *marshall*

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

8. Alat penunjang:
- a. Teko, pada penelitian ini teko digunakan sebagai wadah untuk memanaskan dan melelehkan aspal mencapai suhu tertentu. Gambar teko dapat dilihat pada **Gambar 3.10** berikut ini:



Gambar 3.10 Teko

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

- b. Satu set alat penggoreng berupa wajan, spatula dan kompor gas. Berfungsi untuk mencampurkan agregat dengan aspal panas. Seperti pada **Gambar 3.11** berikut ini:



Gambar 3.11 Alat penggoreng

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

- c. Sarung tangan, yang berfungsi untuk melindungi tangan pada saat proses pencairan aspal dan pencampuran aspal panas dengan agregat. Berikut untuk sarung tangan yang digunakan pada saat pengujian seperti tertampil pada **Gambar 3.12** berikut ini:



Gambar 3.12 Sarung tangan

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

3.4 Bahan Pengujian

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

1. Agregat kasar

Agregat kasar berukuran $\frac{3}{4}$ " dan $\frac{3}{8}$ " didapat dari AMP PT. Sinar Bali Binakarya jalan raya Mujur Lombok Tengah. Gambar agregat halus seperti terlampir pada **Gambar 3.13** berikut ini:



Gambar 3.13 Agregat kasar

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

2. Agregat halus

Dalam penelitian ini, agregat halus yang digunakan adalah abu batu yang didapat dari AMP PT. Sinar Bali Binakarya Jalan Raya Mujur Lombok Tengah. Yang dikombinasikan dengan pasir pantai yang diperoleh dari Desa Wisata Taman Loang Baloq yang terletak di kelurahan Tanjung Karang, Sekarbela, kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Berikut gambar abu batu dan pasir pantai terlampir pada **Gambar 3.15** dan **Gambar 3.16** dibawah ini.



Gambar 3.14 Abu Batu

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)



Gambar 3.15 Pasir pantai Taman Loang Baloq

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

3. Aspal penetrasi 60 / 70

pada penelitian ini menggunakan aspal dari PT. Sinar Bali Binakarya dengan penetrasi 60/70. Seperti pada **Gambar 3.16** berikut ini:



Gambar 3.16 Aspal Pen. 60/70

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

4. *Filler*

Filler atau bahan pengisi merupakan material lolos saringan No. 200 . pada penelitian ini, *filler* yang digunakan adalah kombinasi semen dengan abu kulit jagung. Dimana untuk abu kulit jagung didapat dari salah satu kebun petani yang berada di Desa Nusa Jaya Kecamatan Manggelewa, Kabupaten Dompu, NTB. Gambar semen dan abu kulit jagung terlampir pada **Gambar 3.17** dan **Gambar 3.18** berikut ini:



Gambar 3.17 Semen

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)



Gambar 3.18 Abu kulit jagung

(sumber: dokumentasi pribadi, 2023)

3.5 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO

Dalam menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), yang ditentukan terlebih dahulu ialah kadar aspal tengah (*pb*). Kadar aspal tengah selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada suatu campuran aspal. Dalam penentuan kadar aspal tengah, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.1.

Pada penelitian ini dibuat variasi kadar aspal sebanyak 5 variasi dan masing-masing variasi sebanyak 3 sampel atau benda uji, sehingga total benda uji yang dibuat untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sejumlah 15 sampel. Dari hasil penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) tersebut dibuatlah variasi campuran menggunakan abu kulit jagung sebagai *filler* dan pasir pantai sebagai agregat halus dengan variasi campuran seperti pada **Tabel 3.1**. Adapun jumlah sampel pengujian variasi campuran dapat dilihat pada **Tabel 3.2** berikut ini:

Tabel 3.2 Jumlah Sampel Pengujian variasi campuran

No.	Variasi <i>Filler</i> (%)	Variasi Agregat Halus (%)	Jumlah sampel
1	0	0	3
2	0,25	11	3
3	0,5	22	3
4	0,75	33	3
Total			12 buah

(sumber: hasil perhitungan, 2023)

Sehingga total sampel yang dibuat seperti perhitungan sebagai berikut :

Variasi kadar aspal = 5 variasi

Variasi campuran = 4 variasi

Total variasi = 9 variasi

Jumlah sampel = Total variasi x 3 = 9 x 3 = 27 buah

Maka total sampel yang dibutuhkan pada saat melakukan pengujian sebanyak 29 buah sampel.

3.6 Tahapan Pengujian

Pada penelitian ini, seluruh tahap pengujian mengacu pada RSNI M-01-2003 dengan tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan benda uji/sampel
2. Persiapan pengujian
3. Pengujian sampel

3.6.1 Persiapan benda uji

1. keringkan agregat pada temperatur 105°C - 110°C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven;
2. keluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap;
3. pisah-pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan;
4. lakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pematatan;
5. panaskan agregat pada temperatur 28°C di atas temperatur pencampuran sekurang -kurangnya 4 jam di dalam oven;

6. panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan seperti diperlihatkan pada **Tabel 3.3** berikut ini :

Tabel 3.3 Kekentalan aspal keras untuk pencampuran dan pemadatan

Alat uji	Kekentalan untuk		Satuan
	Pencampuran	Pemadatan	
<i>Viscosimeter Kinematik</i>	170 ± 20	280 ± 30	<i>Centistokes</i>
<i>Viscosimeter Saybolt Furol</i>	85 ± 10	140 ± 15	Detik <i>Saybolt Furol</i>

(sumber: RSNI, 2003)

7. pencampuran benda uji
- 1) untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 63,5 mm ± 1,27 mm (2,5 ± 0,05 inch);
 - 2) panaskan wadah pencampur kira-kira 28°C di atas temperatur pencampuran aspal keras;
 - 3) masukkan agregat yang telah dipanaskan ke dalam wadah pencampur;
 - 4) tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan seperti pada **Tabel 3.3** sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan; kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
8. pemadatan benda uji
- 1) bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90°C - 150°C;
 - 2) letakkan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan;
 - 3) letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan;
 - 4) masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya;

- 5) letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan;
- 6) padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan sesuai **Tabel 3.3**, dengan jumlah tumbukan:
 - 75 kali untuk lalu-lintas berat
 - 50 kali untuk lalu-lintas sedang
 - 35 kali untuk lalu-lintas ringan
9. pengujian kepadatan mutlak campuran beraspal untuk lalu-lintas berat dilakukan pemadatan sebanyak 400 kali tumbukan;
10. pelat alas berikut leher sambung dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakan yang berisi benda uji dibalikkan dan pasang kembali pelat alas berikut leher sambung pada cetakan yang dibalikkan tadi;
11. permukaan benda uji yang sudah dibalikkan tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan 6) (6) dan 7);
12. sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut;
13. keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang;
14. bila diperlukan untuk mendinginkan benda uji, dapat digunakan kipas angin.

3.6.2 Persiapan pengujian

1. bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel;
2. ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 in);
3. timbang benda uji;
4. rendam benda uji dalam air selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang;
5. timbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi dari benda uji;
6. timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh;

3.6.3 Pengujian sampel

Lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari penangas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik.

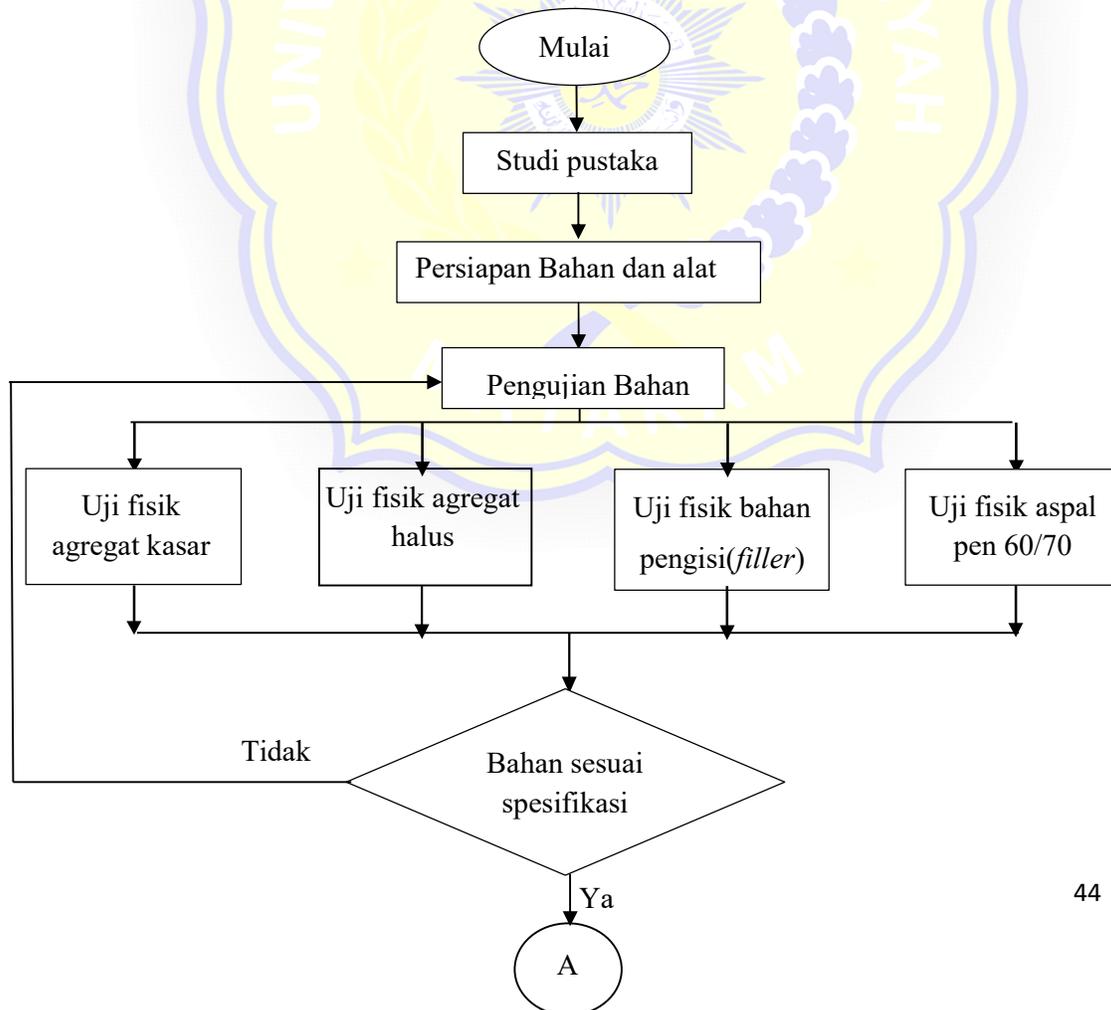
1. rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji;
2. untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam penangas air selama 24 jam dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
3. keluarkan benda uji dari penangas air dan letakkan dalam bagian bawah alat penekan uji *Marshall*;
4. pasang bagian atas alat penekan uji *Marshall* di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji *Marshall*
5. pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan;
6. sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji;
7. atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
8. berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (*2 in*) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor pengali seperti diperlihatkan pada **Tabel 2.7**;
9. catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

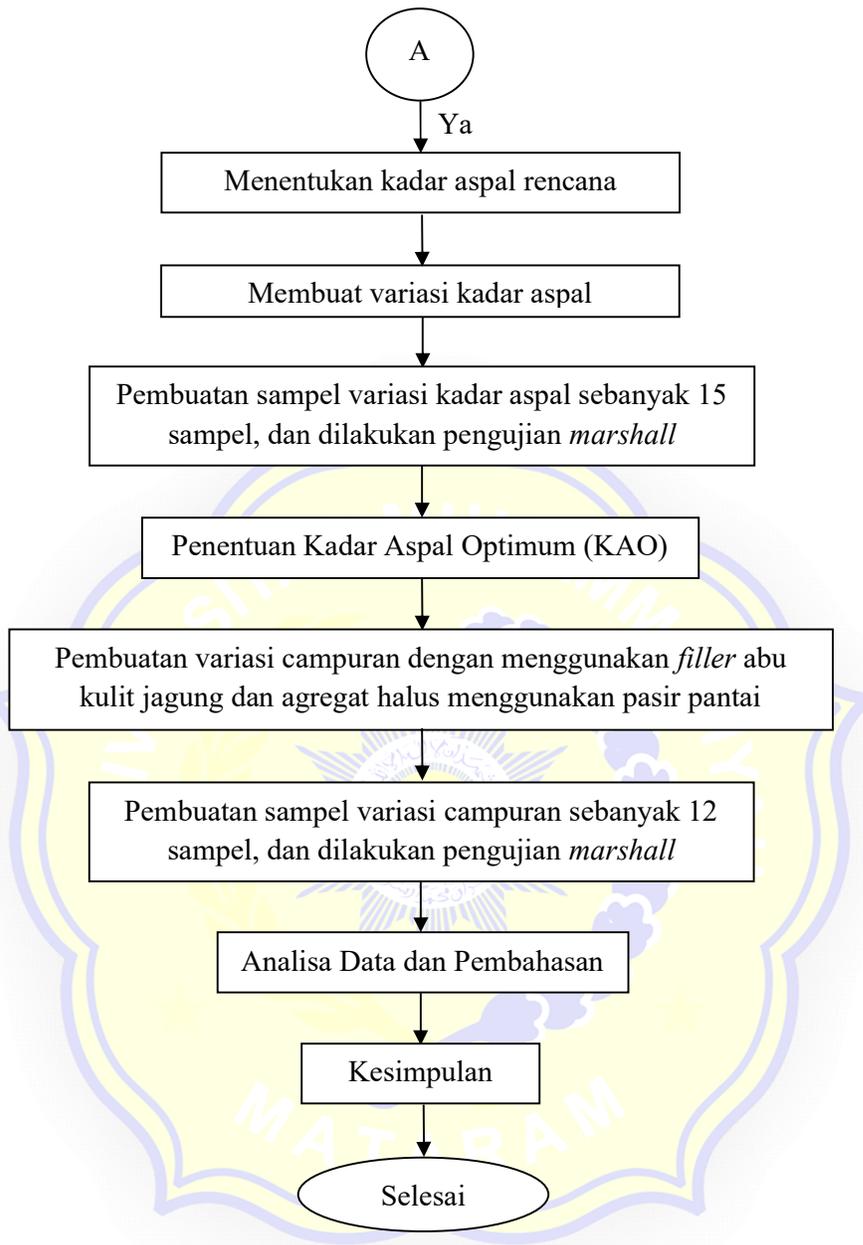
3.7 Volumetric Test

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *density*, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing–masing benda uji. berikut untuk tahapan pengujiannya sebagai berikut:

1. Benda uji dipilih berdasarkan ukurannya untuk dilakukan perendaman selama 1 hari dengan tujuan agar dapat menghilangkan debu, setelah direndam kemudian dilakukan penjemuran.
2. Volume *bulk* dan densitas dihitung dengan rumus yang ada pada *volumetric test* setelah ditemukan hasil pengukuran tinggi, berat, dan diameter benda uji.
3. Pada tahap ini dilakukan perhitungan berat jenis setiap benda uji.
4. Pemeriksaan dan perhitungan ciri-ciri sifat *marshall* dilakukan pada tahap ini.
5. Setelah perhitungan yang dilakukan pada tahap sebelumnya akan diperoleh grafik yang nantinya akan digabungkan dengan grafik pada tahap ini.

3.8 Diagram Alir





Gambar 3.19 Diagram alir