

SKRIPSI

**STUDI PENGGUNAAN LIMBAH ABU BATU BARA (*FLY ASH*)
SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN AC-WC
TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL**

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



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2021

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**STUDI PENGGUNAAN LIMBAH ABU BATU BARA (*FLY ASH*)
SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN AC-WC
TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL**

Disusun Oleh:

SYAHRUL HARIS PRATAMA

417110064

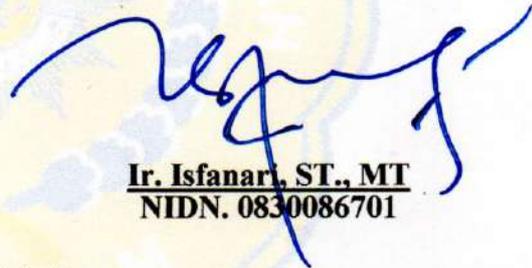
Mataram, 12 Agustus 2021

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ir. Isfanari, ST., MT
NIDN. 0830086701

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



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

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**STUDI PENGGUNAAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH)
SEBAGAI PENGGANTI FILLER PADA CAMPURAN AC-WC
TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL**

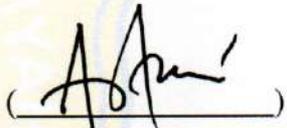
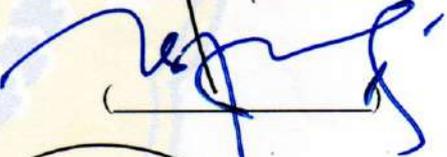
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : SYAHRUL HARIS PRATAMA
NIM : 417110064

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada hari : Minggu, 15 Agustus 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

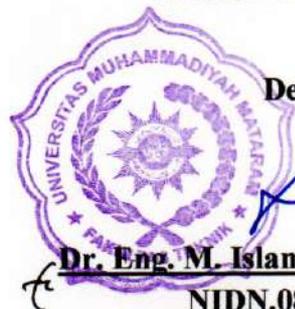
Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.
2. Penguji II : Ir. Isfanari, ST., MT.
3. Penguji III : Hariyadi, ST., MSc.Eng., Dr.Eng

()
()
()

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**


Dekan,

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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

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

“STUDI PENGGUNAAN LIMBAH ABU BATU BARA (*FLY ASH*) SEBAGAI PENGGANTI *FILLER* PADA CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL”

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

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

Mataram, September 2021

Yang Membuat Pernyataan



Syahrul Haris Pratama

NIM : 417110064



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

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

Nama : SYAHRUL HARIS PRATAMA
NIM : 417110064
Tempat/Tgl Lahir : TULUNGABUNG, 05 NOVEMBER 1997
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 087 754 039 004 /syahrulharis51@gmail.com
Judul Penelitian : -

STUDI PENGGUNAAN LIMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) SEBAGAI PENGANTI
FILLER PADA CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 4/5

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya **bersedia menerima sanksi** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

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

Dibuat di : Mataram
Pada tanggal : 7 SEPTEMBER 2021

Penulis



SYAHRUL HARIS PRATAMA
NIM. 417110064

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : SYAHRUL HARIS PRATAMA
NIM : 417110064
Tempat/Tgl Lahir : TULUNGAGUNG, 06 NOVEMBER 1997
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 087 789 039 009 / syahrulharis51@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI

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

STUDI PENGUKURAN UMBAH ABU BATU BARA (FLY ASH) SEBAGAI PENGGANTI
FILLER PADA CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

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

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 7 SEPTEMBER 2021

Penulis



SYAHRUL HARIS PRATAMA
NIM. 417110064

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



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

MOTTO HIDUP

“Belajar menjadi seorang yang bisa dipimpin sebelum menjadi seorang pemimpin, karena semua hasil tidak ada yang instan dan harus melalui sebuah proses”

(Penulis)

“Prinsip hidup setiap orang itu berbeda, percayalah bahwa kamu tidak pernah mencapai kebenaran. Karena semua kebenaran yang kamu pahami saat ini adalah kesalahan yang belum kamu pahami. Lebih baik saling belajar mencari apa yang benar bukan siapa yang benar”

(Emha Ainun Najib/Cak Nun)



KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya dengan diberi judul **“Studi Penggunaan Limbah Abu Batu Bara (Fly Ash) Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Uji Marshall”** walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna.

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

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

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

8. Teman-teman Civil Engineering B dan teman-teman angkatan 2017 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Mataram.
9. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

Mataram, 12 Agustus 2021



Syahrul Haris Pratama

ABSTRAK

Perkerasan jalan merupakan hal utama untuk menunjang perkembangan suatu wilayah, dengan ditingkatkannya kualitas dan kelayakan jalan suatu wilayah dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara, maka dari itu dibutuhkan perkerasan jalan yang memadai dan layak untuk dipergunakan. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah limbah abu batu bara (*fly ash*) memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dan dikatakan layak sebagai bahan pengganti *filler* semen.

Pengujian yang dilakukan diantaranya adalah analisa saringan (gradasi), uji berat jenis dan penyerapan agregat, perhitungan kadar aspal rencana (Pb), membuat *Job Mix Formula*, uji *marshall*, uji berat jenis maksimum (Gmm). Hasil perhitungan kadar aspal rencana didapatkan nilai Pb sebesar 6%. Sehingga variasi kadar aspal yang digunakan dalam mencari kadar aspal optimum yaitu dengan kadar aspal 5,5%, 6% dan 6,5%. Benda uji yang dibuat sebanyak 27 dengan kadar *filler fly ash* 1%, 2%, 3% pada setiap variasi kadar aspal.

Hasil uji *marshall* didapatkan nilai *density* pada semen *portland* dan *fly ash* nilai tertinggi yaitu pada kadar *filler 2% fly ash* dan nilai *density* pada variasi *filler fly ash* lebih tinggi di bandingkan variasi *filler* semen. Nilai *stabilitas*, *Flow* dan *Marshall Qountient* (MQ) pada penggunaan *filler* semen mendapatkan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan *filler fly ash*. Untuk nilai VMA pada *filler* semen di dapatkan nilai lebih tinggi dibanding *filler fly ash*. Untuk nilai VIM pada penggunaan *filler fly ash* di dapatkan nilai lebih tinggi di bandingkan *filler* semen. Untuk pori terisi aspal (VFB) pada penggunaan *filler* semen terjadi penurunan nilai yang di dapatkan pada tiap penambahan kadar *filler* sedangkan pada *filler fly ash* nilai yang didapat mengalami penurunan pada kadar *filler 2%* dan mengalami kenaikan pada kadar *filler 3%*. Dengan ini dapat di pastikan bahwa limbah abu batu bara (*fly ash*) memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dan layak di gunakan sebagai bahan pengganti *filler* semen.

Kata kunci : Aspal, *Filler*, *Fly Ash*, Uji *Marshall*

ABSTRACT

The fundamental item that supports the growth of a place is the road pavement. It is possible to boost driving safety and comfort by enhancing the quality and feasibility of a region's roadways. As a result, the suitable and proper pavement must be employed. This research was carried out to determine if coal ash waste (fly ash) fits the 2018 Bina Marga criteria and can be used as a cement filler substitute material.

Sieve analysis (grading), specific gravity test and aggregate absorption, calculation of the design asphalt content (Pb), Job Mix Formula, Marshall test, and maximum specific gravity test are among the tests performed (Gmm). The asphalt content in the plan has a Pb value of 6% based on the calculations. The asphalt content variations utilized to determine the optimum content are 5.5 percent, 6 percent, and 6.5 percent. For each variation of asphalt content, 27 test objects were produced, each with a fly ash filler content of 1%, 2%, and 3%.

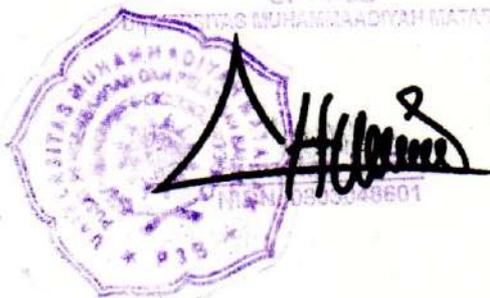
The density values in portland cement and fly ash were obtained using Marshall test data. The highest density value is at 2% fly ash filler content, and fly ash filler variations have greater density values than cement filler variations. Cement filler has more excellent stability, flow, and Marshall Quantient (MQ) value than fly ash filler. The VMA value for cement filler is higher than the value for fly ash filler. Compared to cement filler, the value of VIM for the usage of fly ash filler is higher. When using cement filler to fill pores filled with asphalt (VFB), the value achieved decreases with filler content. However, the value obtained decreases at 2% filler content when using fly ash filler and increases at 3% filler content. This ensures that the waste coal ash (fly ash) satisfies the Bina Marga criteria for 2018 and is appropriate for use as a cement filler substitute.

Keywords: Asphalt, Filler, Fly Ash, Marshall Test

MENGESANKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ADINYA
MATARAM

KEPALA
UPT PSB

PT. PERUSAHAAN MUHAMMADIYAH MATARAM



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	vi
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
MOTTO HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Penelitian terdahulu	6
2.1.2 Perkerasan jalan.....	7
2.1.3 Konstruksi perkerasan jalan	7
2.1.3.1 Konstruksi perkerasan lentur (<i>flexible pavement</i>)	8
2.1.3.2 Konstruksi perkerasan kaku (<i>ridge pavement</i>).....	8
2.1.3.3 Konstruksi perkerasan komposit (<i>composite pavement</i>)	8
2.1.4 Aspal Beton (<i>ashalt concrete</i>).....	9
2.1.4.1 Karakteristik aspal beton (<i>asphalt concrete</i>)	9
2.1.5 Bahan-Bahan Lapisan Aspal Beton	11
2.1.5.1 Agregat.....	11

2.1.5.2 Aspal.....	12
2.2 Landasan Teori.....	15
2.2.1 Pengujian volumetrik campuran.....	15
2.2.2 Pengujian <i>marshall</i> (karakteristik sifat-sifat <i>marshall</i>).....	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Metode Penelitian.....	21
3.2 Waktu dan tempat Penelitian	21
3.3 Peralatan	22
3.4 Bahan.....	26
3.5 Pembuatan Benda Uji	28
3.6 Prosedur Pelaksanaan	28
3.6.1 Pembuatan Benda Uji	28
3.6.2 Volumetrik Test.....	30
3.6.3 Marshall Test.....	30
3.7 Tahap Penelitian.....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Umum	33
4.2 Pengujian Material	33
4.2.1 Analisa saringan (Gradasi).....	33
4.2.2 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat	38
4.2.3 Data pengujian aspal.....	42
4.2.4 Perhitungan perkiraan kadar aspal rencana (Pb)	42
4.3 Perencanaan kadar aspal optimum	43
4.3.1 <i>Job mix formula</i> perencanaan kadar aspal optimum	43
4.3.2 Hasil pengujian berat jenis campuran maksimum (<i>Gmm</i>).....	47
4.3.3 Hasil perhitungan kadar aspal optimum	48
4.4 Analisa <i>marshall</i> pada kadar aspal optimum	53
4.4.1 <i>Job mix formula</i> perencanaan kadar aspal optimum	53
4.4.2 Hasil analisa <i>marshall</i> pada kadar aspal optimum	54
4.4.3 Perbandingan hasil <i>filler</i> semen dengan <i>fly ash</i>	58
BAB V PENUTUP	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Variasi Pencampuran Aspal Beton.....	10
Tabel 2.2 Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70	13
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Kebutuhan Benda Uji (KAR).....	28
Tabel 3.3 Kebutuhan Benda Uji (KAO)	28
Tabel 4.1 Analisa Saringan Pada Agregat Kasar (<3/4)	34
Tabel 4.2 Analisa Saringan Pada Agregat Kasar (<3/8)	34
Tabel 4.3 Analisa Saringan Pada Agregat Halus Abu Batu	34
Tabel 4.4 Analisa Saringan Pada Agregat Halus <i>Filler Fly Ash</i>	35
Tabel 4.5 Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 1%	35
Tabel 4.6 Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 2%	36
Tabel 4.7 Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 3%	37
Tabel 4.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	39
Tabel 4.9 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	41
Tabel 4.10 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan <i>Filler</i>	42
Tabel 4.11 Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70	42
Tabel 4.12 Perkiraan Kadar Aspal Rencana (Pb)	43
Tabel 4.13 Komposisi Material Pada KAO dengan Kadar Aspal 5,5%	44
Tabel 4.14 Komposisi Material Pada KAO dengan Kadar Aspal 6%	45
Tabel 4.15 Komposisi Material Pada KAO dengan Kadar Aspal 6,5%	46
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum (<i>Gmm</i>)	47
Tabel 4.17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Variasi <i>Filler Fly Ash</i> 1%	48
Tabel 4.18 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Variasi <i>Filler Fly Ash</i> 2%	50
Tabel 4.19 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Variasi <i>Filler Fly Ash</i> 3%	51
Tabel 4.20 Komposisi Material Pada KAO	53
Tabel 4.21 Hasil Analisa Uji <i>Marshall</i> dengan <i>Filler Fly Ash</i>	55
Tabel 4.22 Rekap Hasil Parameter <i>Marshall</i> dan Sifat Volumetrik	58
Tabel 4.23 Perbandingan Hasil <i>Marshall Filler</i>	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Saringan Standar ASTM.....	22
Gambar 3.2 Oven atau Pemanas Agregat.....	22
Gambar 3.3 Timbangan.....	23
Gambar 3.4 Termometer.....	23
Gambar 3.5 Cetakan Benda Uji.....	24
Gambar 3.6 Alat Penumbuk.....	24
Gambar 3.7 Dongkrak Hidrolis.....	25
Gambar 3.8 Water Bath.....	25
Gambar 3.9 Satu Set Alat <i>Marshall</i>	26
Gambar 3.10 Agregat.....	27
Gambar 3.11 <i>Filler</i> Abu Batu Bara (<i>Fly Ash</i>).....	27
Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Grafik Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 1%.....	36
Gambar 4.2 Grafik Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 2%.....	37
Gambar 4.3 Grafik Kombinasi Analisa Agregat <i>Filler Fly Ash</i> 3%.....	38
Gambar 4.4 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada variasi <i>Filler Fly Ash</i> 1%.....	49
Gambar 4.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada variasi <i>Filler Fly Ash</i> 2%.....	50
Gambar 4.6 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada variasi <i>Filler Fly Ash</i> 3%.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam meningkatkan perekonomian masyarakat di Indonesia, sangat penting untuk menghubungkan suatu wilayah dari pulau ke pulau maupun dari kota ke kota, semua itu sangat bergantung pada sarana dan prasarana yang memadai dan terintegritas pada suatu wilayah. Pemerintah Indonesia terus berupaya dalam meningkatkan berbagai sektor, terutama dari sektor transportasi. Sektor transportasi di Indonesia masih mempunyai permasalahan yang harus diselesaikan seperti kondisi jalan yang hingga saat ini masih banyak kerusakan. Jalan merupakan suatu prasarana darat yang sangat berpengaruh terhadap kelancaran kegiatan perekonomian, oleh karena itu kerusakan terhadap jalan akan sangat berpengaruh terhadap perkembangan dari suatu daerah tersebut yang ada di Indonesia.

Perkerasan jalan merupakan hal utama untuk menunjang perkembangan suatu wilayah, dengan ditingkatkannya kualitas dan kelayakan jalan suatu wilayah dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara, maka dari itu dibutuhkan perkerasan jalan yang memadai dan layak untuk dipergunakan. Untuk jenis perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia ada banyak salah satunya aspal beton. Aspal merupakan bahan pengikat untuk campuran perkerasan jalan yang merupakan faktor utama dan mempengaruhi kinerja campuran beraspal khususnya pada perkerasan lentur (*flexible pavement*). Lapisan perkerasan jalan menggunakan aspal beton merupakan salah satu perkerasan yang banyak digunakan, karena selain mudah didapat, aspal lebih efisien dan dapat memperpanjang usia dari jalan itu sendiri.

Lapis permukaan pada aspal beton cenderung cepat mengalami kerusakan karena lapis permukaan menahan langsung beban kendaraan yang melewati jalan tersebut, ditambah lagi dengan Indonesia yang memiliki perubahan cuaca yang sangat ekstrim. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada permukaan perkerasan jalan yang diakibatkan oleh pengaruh kelebihan beban muatan serta pengaruh air

dan cuaca, mengatasi masalah tersebut dapat menggunakan material pengganti agregat berupa material-material yang memenuhi spesifikasi bertujuan untuk meningkatkan mutu aspal tersebut.

Indonesia dengan kelimpahan hasil alamnya terutama dari pertambangan batu bara yang merupakan salah satu material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dalam suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Daerah dengan pembangkit listrik tenaga uap yang tersebar di berbagai daerah Indonesia adalah Aceh, Sumatera Selatan Sumatera utara, Sumatera Barat, Kepulauan Riau, Lampung, Bangka Belitung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, D.I Jogjakarta, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, dan Sulawesi Selatan. Namun penggunaan batu bara sebagai bahan bakar menimbulkan masalah baru karena menghasilkan limbah padat yang berupa *fly ash* dan *bottom ash* dari sisa pembakaran. Setiap proses pembakaran batu bara menghasilkan sekitar 5% limbah padat berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), dimana sekitar 10-20% merupakan *bottom ash* dan sekitar 80-90% dari total abu yang dihasilkan adalah *fly ash*.

Batu bara dibutuhkan untuk menjalankan semua pembangkit listrik tenaga uap di Indonesia, maka dibutuhkan 82 juta ton batu bara dan akan menghasilkan 4,1 juta ton limbah padat (0,82 juta ton *bottom ash* dan 3,28 juta ton *fly ash*). Kebutuhan akan batu bara tumbuh secara signifikan di tahun-tahun mendatang. Peningkatan ini disebabkan oleh mulainya program pembangunan pembangkit listrik 35 ribu megawatt (MW) yang direncanakan oleh pemerintah, 60% diantaranya berupa proyek pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Berdasarkan hasil perhitungan untuk menjalankan 60% pembangkit listrik yang termasuk dalam proyek tersebut, penggunaan batu bara akan menjadi 182 juta ton dan dibutuhkan tambahan 100 juta ton batu bara, sehingga akan menghasilkan 9,1 juta ton limbah padat (1,82 juta ton *bottom ash* dan 7,28 juta ton *fly ash*). Oleh karena itu limbah hasil pembakaran membutuhkan tempat penampungan yang sangat besar, yang jika tidak segera ditangani dengan benar akan menyebabkan masalah lingkungan yang sangat serius.

Fly ash dan *bottom ash* tergolong sebagai limbah B3 berbahaya karena mengandung oksida logam berat yang larut secara alami dan mencemari lingkungan. Bahan berbahaya dan beracun (B3) adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya beracun yang secara langsung atau tidak langsung dapat mencemari atau merusak lingkungan karena sifat atau konsentrasi dan jumlahnya. Sangat berbahaya bagi lingkungan, kehidupan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi *fly ash* dan *bottom ash* adalah dengan memanfaatkan dengan skala besar menjadi produk ramah lingkungan, yang memenuhi syarat kesehatan seperti memanfaatkannya sebagai bahan pengisi (*filler*) pada perkerasan lentur. Sehingga dapat mengatasi masalah keterbatasan tempat penumpukan/penampungan dan pencemaran lingkungan.

Filler adalah bahan pengisi ruang antara agregat kasar dan agregat halus, berbutir halus yang lolos saringan no.200 sebanyak 75% atau lebih. Komposisi bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam campuran aspal relatif sedikit, tetapi *filler* dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap campuran aspal beton. Hal ini dikarenakan dengan adanya *filler* sehingga rongga udara dalam suatu campuran beraspal menjadi lebih kecil, tahanan gesek lebih tinggi serta penguncian antar butiran yang tinggi, dan meningkatkan stabilitas campuran aspal beton.

Berdasarkan penjelasan di atas menunjukkan bahwa hasil proses pembakaran batu bara menghasilkan 5% limbah padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan. Dari hasil limbah padat menunjukkan bahwa *fly ash* memiliki persentase limbah yang lebih tinggi dibandingkan dengan *bottom ash*. Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengisi (*filler*) campuran aspal beton pada lapis permukaan AC-WC.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh hasil pengujian marshall terhadap campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan menggunakan *filler fly ash* ?
2. Berapa kadar aspal optimum yang diperoleh pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) jika menggunakan limbah *fly ash* sebagai pengganti *filler* ?
3. Apakah limbah *fly ash* memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2018 sebagai pengganti *filler* dalam campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dan menganalisis pengaruh pemanfaatan *fly ash* terhadap stabilitas, *flow*, rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam agregat (VMA) dan rongga dalam campuran (VIM) dari benda uji.
2. Mengetahui kadar aspal optimum pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan limbah *fly ash* sebagai pengganti *filler*.
3. Mengetahui apakah limbah *fly ash* sebagai pengganti *filler* dalam campuran aspal memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

1.4 Manfaat Penelitian

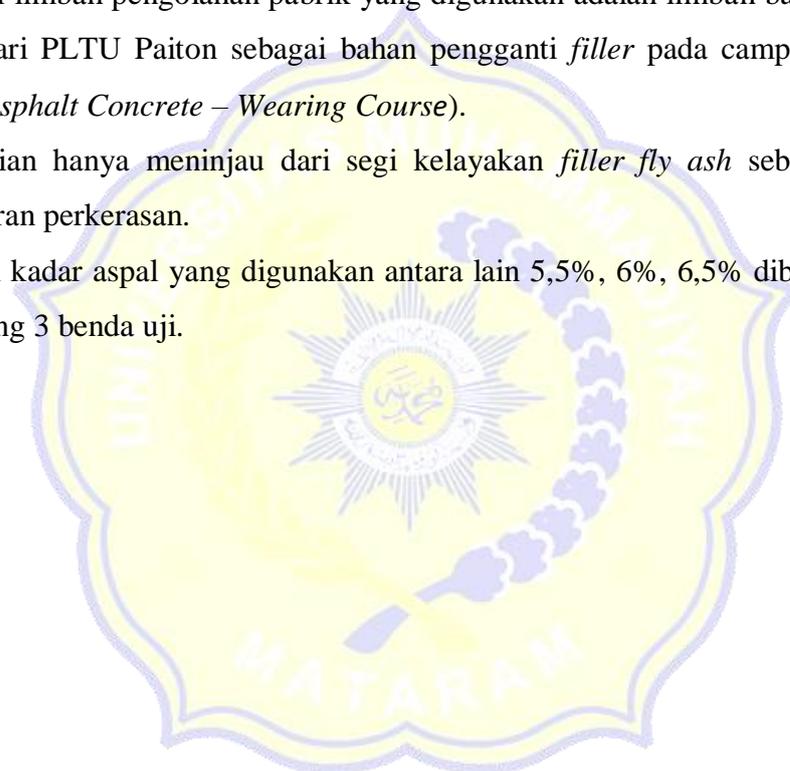
Setelah penelitian ini ada beberapa manfaat yang didapatkan oleh penulis maupun daerah penghasil *fly ash* yaitu :

1. Menambah pengetahuan tentang karakteristik dari *fly ash* dalam fungsinya sebagai *filler* pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) perkerasan.
2. Menambah pengetahuan agar setiap daerah mengetahui dan menggunakan secara optimal *fly ash* yang dimiliki sebagai bahan *filler* pada perkerasan lentur.
3. Meningkatkan pengetahuan di dunia teknik, khususnya dibidang konstruksi jalan.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan ruang lingkup pembahasan agar dapat terlaksana secara maksimal. Adapun rincian pembatasannya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan seputar pengujian yang dilakukan di laboratorium bahan jalan atau berskala laboratorium.
2. Campuran aspal beton yang ditinjau adalah lapisan aspal beton AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).
3. Sampel limbah pengolahan pabrik yang digunakan adalah limbah batu bara (*fly ash*) dari PLTU Paiton sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).
4. Penelitian hanya meninjau dari segi kelayakan *filler fly ash* sebagai bahan campuran perkerasan.
5. Variasi kadar aspal yang digunakan antara lain 5,5%, 6%, 6,5% dibuat masing – masing 3 benda uji.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Aspal Beton (*Asphalt Concrete* atau AC) yang disebut juga dengan Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (*SNI 03-1737-1989*). Hasil pemadatan yang dilakukan pada campuran aspal yang menggunakan bahan tambahan belerang menghasilkan nilai stabilitas sisa yang lebih tinggi yaitu sebesar 85 % dibandingkan dengan nilai stabilitas sisa pada campuran yang tanpa menggunakan bahan tambahan belerang yaitu sebesar 84,5%, nilai dari stabilitas sisa tersebut didapat dari perendaman selama 30 menit dibagi dengan perendaman 24 jam dari hasil tersebut menurut DPU, Bina Marga tahun 1987 tentang peraturan laston disyaratkan indeks perendaman tersebut minimal harus mempunyai nilai IP sebesar 75%. Sehingga dari hasil pengamatan di lab dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan tambahan *filler* tertentu (lolos saringan 200) pada aspal sebagai bahan pengikat pada campuran aspal beton harus menggunakan kadar aspal yang lebih tinggi (Utama, 2006).

Kekakuan yang semakin berkurang pada benda uji seiring dengan lama masa perendaman. Kelenturan masih berusaha dipertahankan oleh campuran dengan kadar *filler* 100% abu batu yang diikuti 50% abu batu – 50% semen Portland dan di ikuti pada 100% semen portland. Kondisi tersebut dialami pada campuran dengan dua macam tumbukan yang telah dilakukan. (Rian, 2006).

Stabilitas campuran yang menggunakan *filler* abu terbang batu bara (*fli ash*) cenderung mengalami kenaikan sampai pada batas optimum kemudian mengalami penurunan. Stabilitas tertinggi tercapai pada kadar aspal 6% dengan kadar *filler* optimum berkisar 6% - 7%. Nilai Fleksibilitas campuran dinyatakan daengan *Marshall Quotient* (MQ), menunjukkan bahwa nilainya cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *filler* abu terbang batu bara kedalam campuran beton

aspal. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa campuran akan semakin kaku dengan nilai MQ yang cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya variasi kadar *filler* abu terbang batu bara kedalam campuran (Tahir, 2009).

Abu terbang dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan tes yang dilakukan kemudian digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Abu batu, *filler* konvensional di India, juga digunakan untuk membandingkan hasil. Sifat *filler* bitumen (F/B) mastic ditentukan dari uji titik leleh, uji viskositas, dan uji geser. Kekuatan dan daya tahan tes seperti stabilitas marshall, sisa pada stabilitas, rasio kekuatan tarik, dan uji creep statis dilakukan pada beton aspal bercampur dengan lima jenis pengisi dan hasilnya dianalisis dan dibandingkan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa semua empat kelompok abu terbang yang cocok untuk digunakan pada aspal keras bercampur dengan abu terbang dalam kelompok untuk memiliki kinerja terbaik. Isi *filler* optimum 7% dan sifat beton aspal campuran *fly ash* lebih baik daripada campuran konvensional (Sharma dkk., 2010).

2.1.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang diletakkan diatas tanah dasar (*subgrade*) yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung beban lalu lintas yang kemudian menyebar ke badan jalan agar tanah dasar tidak menerima beban yang terlalu besar dari daya dukung tanah yang diijinkan. Ketika kendaraan bergerak di jalan, timbul tegangan dinamis akibat pergerakan kendaraan ke atas dan kebawah karena ketidak rataan perkerasan.

2.1.3 Kontruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibagi menjadi tiga jenis konstruksi perkerasan jalan, yaitu :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

2.1.3.1 Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Disebut perkerasan “lentur” dikarenakan konstruksi ini mengijinkan deformasi vertikal akibat beban lalu lintas. Lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas dari permukaan jalan sampai dengan tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapisan permukaan (*surface course*).
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

2.1.3.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (*Ridge Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Disebut “kaku” karena pelat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas dan dirancang untuk umur 40 tahun sebelum dilaksanakan rekonstruksi utama. Beban lalu lintas sebagian besar ditopang oleh pelat beton dengan dan tanpa perkuatan pada dasar jalan.

Lapisan pondasi atas dan pondasi bawah berperan besar dalam daya dukung perkerasan, terutama daya dukung yang diperoleh dari pelat beton. Hal ini disebabkan oleh sifat pelat beton yang cukup kaku, yang memberikan distribusi beban yang luas dan dapat menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan di bawahnya.

2.1.3.3 Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan jalan yang menggabungkan aspal dan semen sebagai bahan pengikat. Salah satu jenis perkerasan komposit adalah gabungan antara perkerasan kaku yang menggunakan semen sebagai lapisan pondasinya dan perkerasan lentur yang menggunakan aspal sebagai lapisan permukaannya.

2.1.4 Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Lapisan aspal beton(Laston) adalah bagian dari lapisan perkerasan jalanan, dimana campurannya terdiri dari campuran aspal keras dan agregat/material/batu pecah, dihampar dan dicampur selagi dalam keadaan panas dan dipadatkan pada suhu yang ditetapkan. Lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat/material yang digradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu yang telah ditentukan. Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan permukaan struktural dan lapisan bawah, dan lapisan aspal beton dapat bagi menjadi tiga jenis yaitu:

1. AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 4 cm dan bersifat aus.
2. AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 5 cm dan merupakan lapisan antara atau lapisan tengah.
3. AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 6 cm dan berfungsi sebagai pondasi dalam perkerasan.

2.1.4.1 Karakteristik Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Campuran aspal beton yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Sukirman, 2007).

1. Stabilitas
Stabilitas adalah kekuatan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*).
2. Ketahanan (*Durability*)
Durability adalah ketahanan campuran aspal terhadap cuaca/iklim/pelapukan dan beban roda kendaraan.
3. *Fleksibilitas*
Fleksibilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk melentur akibat beban dan melentur mengikuti variasi pondasi dan subgrade dalam jangka panjang.
4. Ketahanan Lelah
Ketahanan lelah adalah kemampuan campuran aspal untuk melentur berulang kali tanpa terjadi kerusakan.

5. *Permeability*

Permeability adalah tingkat kemudahan suatu campuran aspal dirembesi air dan udara.

6. *Skid Resistance*

Skid Resistance adalah kemampuan perkerasan aspal untuk membentuk permukaan aspal dengan kekasaran yang cukup pada gaya geser roda, yang memungkinkan roda berhenti pada jarak yang diinginkan (saat pengereman) atau untuk mencegah slip pada tikungan dan pada saat hujan.

7. *Workability*

Workability adalah kemudahan dalam proses pelaksanaan dilapangan.

Untuk mendapatkan nilai-nilai pada point diatas sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan maka kita dapat mengubah hal-hal berikut ini (Mochtar dan Sudirham, 2005) :

1. Kadar aspal/bitumen dalam campuran.
2. Viskositas/nilai penetrasi bahan aspal.
3. Gradasi agregat.

Tabel. 2.1 Variasi Pencampuran Aspal Beton

Unsur		Kadar Aspal dalam campuran		Viscositas/Ke kerasan Aspal		Gradasi Agregat	
		Low	High	Low	High	Open	Dense
a	Stabilitas	High	•		•		•
		Low		•	•	•	
b	Durability	High		•			•
		Low	•			•	
c	Flexibility	High		•			
		Low	•			•	
d	Fatigue Resistence	High		•			
		Low	•			•	
e	Ferreability	High	•			•	
		Low		•			•
f	Skid Resistence	High				•	
		Low					•
g	Workkability	High			•		
		Low				•	

Sumber : (Mochtar dan Sudirham, 2005)

Campuran aspal beton terdiri dari campuran aspal dan agregat, campuran yang baik dapat diperoleh jika persyaratan seperti kadar aspal dalam campuran, kekerasan/viscositas aspal dan gradasi agregat yang digunakan terpenuhi.

1. Kadar aspal/bitumen dalam campuran.

Semakin tinggi kadar aspal pada campuran maka semakin awet, kedap air, *flexible*, tahan terhadap *fatigue*. Namun pastikan kadar aspal dalam campuran tidak terlalu tinggi karena kadar aspal yang tinggi akan mengurangi stabilitas.

2. Viskositas/nilai penetrasi bahan aspal.

Untuk mendapatkan campuran aspal beton dengan stabilitas yang tinggi perlu digunakan aspal dengan tingkat kekerasan yang tinggi dalam suatu campuran. Namun penggunaan aspal dengan tingkat kekerasan yang tinggi dapat menurunkan tingkat keawetan, ketahanan terhadap *fatigue*, kemudahan pelaksanaan, *flexible*.

3. Gradasi agregat.

Gradasi agregat dapat dibagi menjadi gradasi terbuka (*open graded*) dan gradasi rapat (*dense graded*). Gradasi terbuka adalah gradasi agregat yang berukuran kurang lebih sama, dan gradasi rapat adalah gradasi agregat yang tersusun atas agregat kasar dan agregat halus. Jika gradasi yang digunakan adalah gradasi rapat akan memberikan stabilitas dan durability yang tinggi pada campuran, tetapi penggunaan gradasi yang rapat dapat mengurangi *permeability* dan *skid resistance*.

2.1.5 Bahan-Bahan Lapisan Aspal Beton

2.1.5.1 Agregat

Butir-butir agregat adalah bahan utama yang secara langsung menerima beban roda kendaraan dan sebagai pendukung stabilitas mekanis. Bentuk partikel agregat ini mempengaruhi kualitas campuran. Bentuk butir agregat yang menyudut dan mempunyai banyak bidang pecah (*cubical*) memberikan internal *friction* dan *interlocking* antar butir agregat yang baik sehingga kestabilan campuran dapat ditingkatkan. Butir agregat yang pipih dan panjang tidak memberikan *internal friction* dan *interlocking* antar butir agregat yang baik sehingga kestabilan

campuran yang dihasilkan tidak terlalu tinggi. Semakin kasar permukaan agregat, semakin stabil dan tahan lama suatu campuran tersebut, menurut ukuran butir, agregat dibedakan atas :

a. Agregat Kasar

Butir-butir agregat yang tertahan pada saringan No. 0 terdiri dari batuan pecah (kerikil pecah). Butir terdiri dari butiran yang memiliki ukuran dari yang kasar lebih banyak dari pada butiran yang halus. Agregat kasar menurut **ASSHTO** adalah butiran batuan pecah berukuran > 2 mm.

b. Agregat Halus

Butir-butir lolos saringan No. 8 - No. 200 yang terdiri atas pasir. *Screening* (hasil pemecahan batu, slag atau kerikil, atau campuran keduanya), butir-butir ini menentukan tingkat *fleksibilitas* campuran. Agregat halus terdiri dari butiran yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bebas dari kotoran dan zat lain yang tidak diinginkan. Agregat halus memiliki ukuran < 2 mm dan $> 0,0075$ mm menurut **AASHTO**.

c. Mineral Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan Agregat halus yang lebih kecil dari $75 \mu\text{m}$ atau lolos saringan No.200 dengan persentase berat yang lolos minimal 75%. Fungsi *filler* yaitu sebagai pengisi campuran aspal beton. Untuk *filler* semen harus dalam rentan 1%-3% dari total berat agregat dan *filler* lainnya harus dalam kisaran 1%-3% dari total berat agregat (Bina Marga, 2010).

2.1.5.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai zat berwarna hitam atau coklat tua, pada suhu ruang aspal akan berbentuk padat sampai agak padat. ketika aspal dipanaskan sampai suhu tertentu aspal akan melunak/meleleh, sehingga aspal dapat menyelubungi partikel agregat pada saat pembuatan aspal beton dan dapat masuk kedalam dalam pori-pori agregat. saat suhu mulai turun, aspal akan kembali mengeras (Sukirman, 2007).

Ada berbagai macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Saat memilih jenis aspal yang digunakan di iklim panas disarankan untuk menggunakan aspal dengan indeks

penetrasi rendah, untuk mencegah aspal menjadi lebih keras dan tidak mudah pecah (*brittle*). Aspal yang digunakan pada penelitian ini memiliki tingkat penetrasi 60/70. Persyaratan spesifikasi untuk aspal penetrasi 60/70 tercantum dalam tabel berikut:

Tabel. 2.2 Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (dmm)	SNI 06-2456-1991	60 - 70
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Indeks Penetrasi ¹⁾	-	≥ -1.0
5	Duktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam Toluene (%)	ASTM D5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1.0
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	
Pengujian residu hasil TFOT atau RTFOT			
10	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.8
11	Penetrasi pada 25 C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
12	Indeks Penetrasi ¹⁾		≥ -1.0
13	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-
14	Duktilitas pada 25 C, (cm)	SNI 062432-1991	≥ 100

Sumber : (Spesifikasi Bina Marga, 2010)

Aspal yang digunakan untuk pekerjaan konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi rongga, sehingga aspal yang digunakan harus berkualitas baik. Aspal yang digunakan untuk perkerasan jalan harus tahan terhadap perubahan cuaca (tidak getas), harus memiliki adhesi dan kohesi yang baik, serta memiliki sifat elastis yang baik (Sukirman, 2007).

1. Daya Tahan

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat fisik aslinya dibawah pengaruh cuaca selama umur jalan.

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat untuk membentuk ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk menahan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikat.

3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal adalah bahan yang bila dipanaskan pada suhu tertentu akan menjadi cair dan akan kembali mengeras apabila suhu diturunkan (*termoplastis*), sifat ini disebut kepekaan terhadap perubahan suhu. Meskipun jenis aspalnya sama, kepekaan tiap aspal terhadap perubahan suhu tergantung dari asalnya.

Berdasarkan sumbernya, aspal dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu aspal alam dan aspal buatan (aspal minyak). Aspal alam adalah aspal yang didapat diperoleh langsung dari alam, dan dapat digunakan langsung atau diolah terlebih dahulu, tetapi aspal minyak merupakan hasil sampingan dari aspal, residu dari pengilangan minyak bumi (Sukirman, 2007).

1. Aspal alam

Aspal alam bisa didapatkan dari pegunungan seperti aspal di pulau Buton, dan ada yang bisa didapatkan dipulau Trinidad berupa aspal danau.

2. Aspal minyak

Aspal minyak bumi adalah aspal yang merupakan sisa dari penyulingan minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang mengandung sejumlah besar aspal, *parafin base crude oil* yang mengandung banyak *parafin*, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran aspal dengan *parafin*. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan *asphaltic base crude oil*. Aspal minyak dapat dibagi menjadi aspal keras, aspal emulsi dan aspal cair.

a. Aspal keras

Aspal keras dapat diklasifikasikan menurut nilai penetrasi atau viskositasnya. AASHTO mengklasifikasikan nilai penetrasi menjadi lima kelompok jenis aspal yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150 dan aspal 200-300.

Aspal yang memiliki penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia aspal semen umumnya digunakan penetrasi 60-70 dan 80-100.

b. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah campuran aspal dan air. Menurut muatan yang terkandung di dalamnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- *Kationik*, adalah aspal emulsi bermuatan positif, juga dikenal sebagai aspal emulasi asam.
- *Anionik*, yang dikenal sebagai aspal emulsi alkali adalah aspal emulsi bermuatan negatif.
- *Nanionik*, merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

c. Aspal cair

Aspal cair merupakan campuran aspal keras dan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi. Oleh karena itu *cut back asphalt* berbentuk cair pada suhu ruang. Menurut bahan cairnya dan kemudahan penguapan bahan pelarutnya, aspal cair diklasifikasikan atas :

- *RC (Rapid Curing Cut Back)*, adalah jenis aspal cair yang dilarutkan dengan bensin atau premium. RC merupakan cut back aspal yang paling cepat mengalami penguapan.
- *MC (Medium Curing Cut Back)*, adalah aspal cair yang dilarutkan dengan bahan pencair yang lebih kental seperti minyak tanah (*kerosene*).
- *SC (Slow Curing Cut Back)*, adalah aspal cair yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal ini adalah cut back aspal yang paling lama mengalami penguapan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengujian Volumetrik Campuran

Pengujian volumetrik adalah pengujian yang menentukan besarnya nilai densitas, *specific gravity* campuran dan porositas dari masing-masing benda uji. Pengujian 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 tersebut menjalani pengujian Volumetrik untuk masing-masing benda uji.

Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium dianalisis menggunakan persamaan sebagai berikut :

A. Berat Jenis

a) Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut :

$$Bulk = \frac{BA}{(BB-BC)} \quad (2.1)$$

$$SSD = \frac{BB}{(BB-BC)} \quad (2.2)$$

$$APPT = \frac{BA}{(BA-BC)} \quad (2.3)$$

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

dengan,

Bulk = Berat jenis

SSD = Berat jenis kering permukaan

APPT = Berat jenis semu

BA = Berat benda contoh uji kering oven (gram)

BB = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

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

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

$$Bulk = \frac{BA}{(BB+500-BD)} \quad (2.5)$$

$$SSD = \frac{500}{(BC+500-BD)} \quad (2.6)$$

$$APPT = \frac{BB}{(BC+BB-BD)} \quad (2.7)$$

$$Penyerapan = \frac{500-BB}{BB} \times 100 \quad (2.8)$$

dengan, $Bulk$ = Berat jenis

SSD = Berat jenis kering permukaan

$APPT$ = Berat jenis semu

BA = Berat contoh SSD (gram)

BB = Berat kering (gram)

BC = Berat piknometer + berat air (gram)

BD = Berat piknometer + berat benda uji + berat air
(gram)

c) Berat jenis $Bulk$ gabungan (U)

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

d) Berat jenis $Apparent$ gabungan (App)

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

e) Berat jenis efektif (V)

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

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

B. Perkiraan kadar aspal rencana

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (2.12)$$

dengan, Pb = Perkiraan kadar aspal rencana awal

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

FF = Bahan pengisi

Konstanta = Kira-kira 0,5 – 1 untuk Laston dan 1 – 2 untuk
Lataston

2.2.2 Pengujian *Marshall* (karakteristik sifat-sifat *Marshall*)

A. Kelelahan (*Flow*)

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

B. *Stabilitas*

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk yang permanen, seperti gelombang, alur dan naiknya aspal ke permukaan.

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

Rumus *stabilitas* sebagai berikut :

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

dengan, P = Kalibrasi *proving ring* pada o
 r = Nilai pembacaan arloji *stabilitas*

C. *Marshall Quotien*

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* didasarkan dengan rumus sebagai berikut :

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

dengan, S = Nilai *stabilitas* terpadang (Kg)
 t = Nilai kelelahan/*flow* (mm)
 MQ = Nilai *Marshall Quotient* (Kg/mm)

D. Density

Nilai *density* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

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

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 presentase rongga udara yang ada dalam campuran, didapat dengan rumus sebagai berikut :

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

dengan, i = Bj benda uji
 j = Bj campuran maksimal

F. *Void Filled Asphalt (VFA)*

VFA adalah nilai presentase rongga yang terisi aspal efektif, didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$VFA = 100 \times \frac{k}{n} \quad (2.18)$$

dengan, k = Presentase volume aspal
 n = Presentase rongga agregat/VMA

G. *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 presentase kadar mineral pada sample briket yang didapat dengan rumus sebagai berikut :

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

dengan, l = Presentase volume agregat

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, secara eksperimen dan empiris, adalah metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk memperoleh data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan didalam ataupun diluar laboratorium. Pada penelitian ini dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan variasi bahan pengisi (*filler*) dengan kadar abu batu bara terhadap berat totala gregat dan kadar aspal yang digunakan 5,5%, 6%, 6,5%. Hasil dari pengujian ini adalah nilai Marshall.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengujian dimulai dari tanggal 28 Juni 2021 hingga tanggal 12 Juli 2021. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat. Dengan jadwal pelaksanaan penelitian pada tabel 3.1:

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Bulan	Juni		Juli	
PEKAN	3	4	1	2
Persiapan Alat dan Bahan	√			
Pemeriksaan Bahan		√		
Pembuatan Benda Uji			√	
Pengujian Benda Uji			√	
Analisa				√

3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

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



Gambar 3.1 Saringan Standar ASTM

2. Oven
Dilengkapi dengan pengatur temperatur yang mampu memanaskan campuran sampai $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.2 Oven atau pemanas agregat

3. Timbangan.



Gambar 3.3 Timbangan

4. Termometer Logam

Berkapasitas 10°C sampai 204°C dengan ketelitian $2,8^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.4 Termometer

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

Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm,tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.



Gambar 3.5 Cetakan benda uji

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



Gambar 3.6 Alat penumbuk

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



Gambar 3.7 Dongkrak Hidrolis

8. Satu Set *Water Bath*

Dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur yang dapat menstabilkan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.8 Water Bath

9. Satu set alat *Marshall*, terdiri dari :
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*).
 - b. Cincin penguji berkapasitas 1475 kg dengan arloji tekan.
 - c. Arloji penunjuk kelelahan .



Gambar 3.9 Satu Set Alat Marshall

10. Alat Penunjang

Panci, kompor, sendok, spatula, sarung tangan, kunci pas, obeng, roll kabel, wajan.

3.4 Bahan

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

1. Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat. Hasil uji agregat adalah data sekunder yang diperoleh dari Laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat Aspal. Aspal penetrasi 60 / 70 produksi PERTAMINA yang diperoleh dari PT Lombok Infrastruktur Perkasa.



Gambar 3.10 Agregat

2. *Filler*

Filler adalah suatu mineral agregat berbutir halus minimal 75% lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Penelitian ini menggunakan *filler Fly ash* dari PLTU Paiton, Probolinggo Jawa Timur.



Gambar 3.11 *Filler* abu batu bara (*Fly ash*)

3.5 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan 27 benda uji dengan kadar aspal rencana dan 9 benda uji 9 dengan Kadar Aspal Optimum. Adapun kebutuhan benda uji tersebut dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kebutuhan Benda Uji (KAR)

No	Kadar Aspal	<i>Filler Fly Ash</i>			Jumlah Benda Uji
		1%	2%	3%	
1	5,5%	3	3	3	9
2	6,0%	3	3	3	9
3	6,5%	3	3	3	9
Jumlah Total Benda Uji					27

Tabel 3.3 Kebutuhan Benda Uji (KAO)

No	Kadar Aspal	<i>Filler Fly Ash</i>			Jumlah Benda Uji
		1%	2%	3%	
1	6,1%	3	3	3	9
Jumlah Total Benda Uji					9

3.6 Prosedur Pelaksanaan

3.6.1 Pembuatan Benda Uji

Sebelum membuat benda uji diadakan pembuatan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan *filler*. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan gradasi rencana campuran Spesifikasi Umum BINA MARGA 2018.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap I

Ini adalah tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan. Menentukan persentase setiap butiran untuk memudahkan pencampuran dan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih akurat.

2. Tahap II

Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat *filler* dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. Persentase didasarkan pada berat total campuran, yaitu 1200 gram. Kadar Aspal ditentukan dengan menghitung komposisi agregat campuran. Kadar Aspal yang digunakan sesuai **tabel 3.2**.

3. Tahap III

Aspal Penetrasi 60/70 dituang ke dalam wajan yang berisi agregat, yang di letakkan di atas timbangan sesuai dengan persentase *bitumen content* berdasarkan berat total agregat.

4. Tahap IV

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

5. Tahap V

Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing - masing sisinya. Selanjutnya benda uji didinginkan selama ± 2 jam, kemudian dikeluarkan dari *mould* dengan bantuan dongkrak hidrolik.

6. Tahap VI

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

3.6.2 *Volumetrik Test*

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

1. Tahap I

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

2. Tahap II

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

3. Tahap III

Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (*Specific Gravity*) masing – masing benda uji dengan menggunakan rumus 2.1 – 2.9.

4. Tahap IV

Tahap keempat perhitungan dalam karakteristik sifat sifat *marshall* dengan menggunakan rumus 2.13 – 2.19.

5. Tahap V

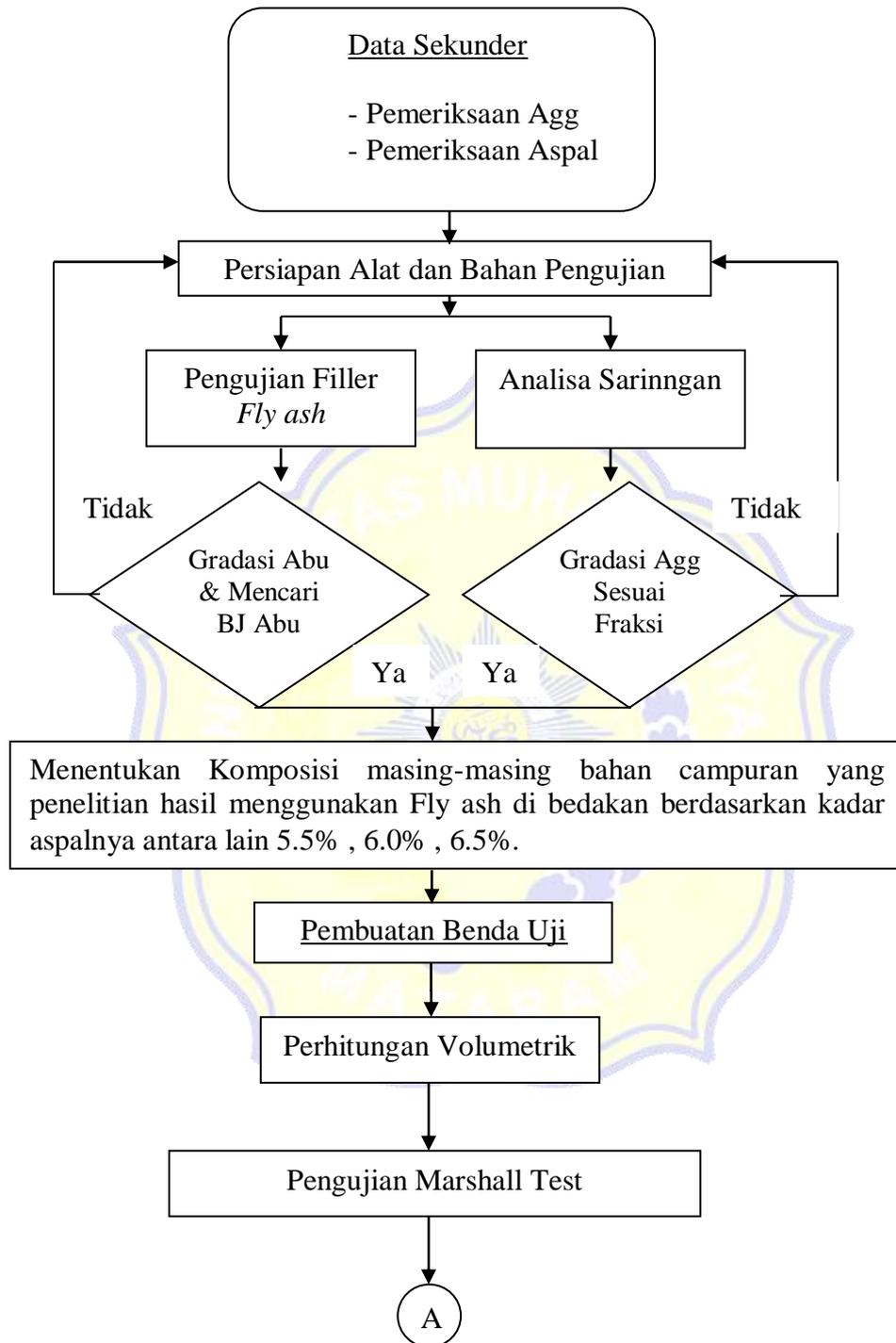
Dari perhitungan tersebut akan diperoleh grafik yang nantinya pada grafik ini akan disatukan.

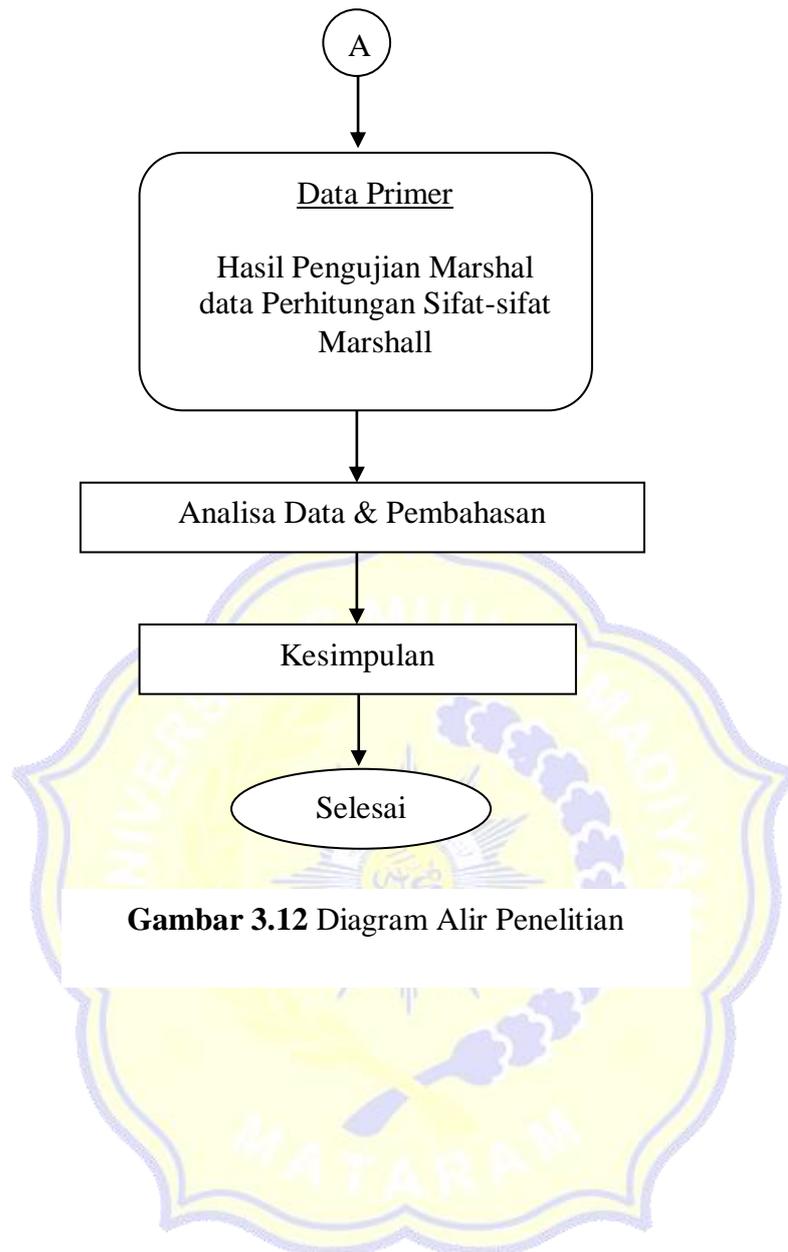
3.6.3 *Marshall Test*

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam.
2. Benda uji direndam dalam *water bath* (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60 °C.
3. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji Marshall untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan marshall quotient di dapatkan dengan rumus 2.13.

3.7 Tahap Penelitian





Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian