

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN STABILITAS LIMBAH BATU BARA DENGAN  
SEMEN SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN  
PENGUJIAN *MARSHALL***

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



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : BAYU SAPUTRA**

**NIM : 416110148**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**TAHUN 2021**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING**

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN STABILITAS LIMBAH BATU BARA DENGAN  
SEMEN SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN  
PENGUJIAN *MARSHALL***

Disusun Oleh:

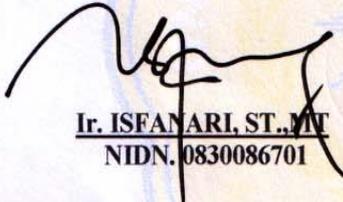
**BAYU SAPUTRA**

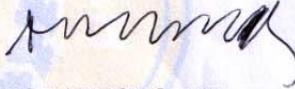
**416110148**

**Mataram, 03 Februari 2021**

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**

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

  
**Ir. AGUS PARTONO, MT**  
**NIDN. 0809085901**

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**



**Dekan,**

  
**Dr. Eng. M. ISLAMY RUSYDA, ST., MT**  
**NIDN. 0824017501**

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**  
**SKRIPSI**  
**PERBANDINGAN STABILITAS LIMBAH BATU BARA DENGAN**  
**SEMEN SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN**  
**PENGUJIAN *MARSHALL***

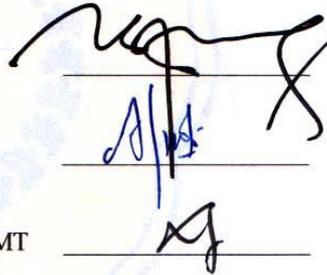
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

BAYU SAPUTRA  
416110148

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada hari, Selasa, 09 februari 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Ir. Isfanari, ST.,MT
2. Penguji II : Agustini Ernawati, ST.,M.Tech
3. Penguji III : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT



Three handwritten signatures in black ink, each positioned above a horizontal line. The signatures are stylized and correspond to the names of the examiners listed to the left.

**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

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

NIDN. 0824017501

## PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul “ Perbandingan Stabilitas Limbah Batu Bara Dengan Semen Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Dengan Pengujian *Marshall* “ adalah benar merupakan karya tulis saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan maupun pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam Masyarakat Akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah di tulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daftar pustaka.

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

Mataram, Februari 2021

Pembuat pernyataan



Bayu Saputra

Nim. 416110148



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

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

**SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME**

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

Nama : BAYU SAPUTRA  
NIM : 416110148  
Tempat/Tgl Lahir : BIMA, 29 JULI 1998  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp/Email : 085 205 261 543 / bayu416110148@gmail.com

Judul Penelitian : -

PERBANDINGAN STABILITAS LIMBAH BATU BARA DENGAN SEMEN  
SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN PENBUJIAN  
MARSHALL

*Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain.* 65% 64% 55% 48%

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.

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

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : 18 Maret 2021

Penulis



BAYU SAPUTRA  
NIM 416110148

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
**UPT. PERPUSTAKAAN**

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : BAYU SAPUTRA  
NIM : 416110198  
Tempat/Tgl Lahir : BIMA, 29 JULI 2021  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp/Email : 085 205 261 543 / bayu.416110198@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:

Perbandingan Stabilitas Limbah Batu Bara Dengan Semen  
Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Dengan Pengujian  
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 : 18 Maret 2021

Penulis



BAYU SAPUTRA  
NIM. 416110198

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

## **MOTTO**

“ Tak seharusnya ada cemas perihal takdir, sebab selebar daunpun Allah sudah  
atur akan jatuh kapan dan dimana “

Teruntuk kau yang terlalu cemas perihal hidup (IPY)

(Bayu Saputra)

“ Sebab masalah tidak harus selesai pada saat itu juga, karena terkadang masalah  
akan terselesaikan oleh waktu, hanya butuh waktu “

Teruntuk kau yang terlalu cemas perihal hidup (IPY)

(Bayu Saputra)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas wajib ini.

Tugas ini mengambil judul “ PERBANDINGAN STABILITAS LIMBAH BATU BARA DENGAN SEMEN SEBAGAI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL* ”. Tujuan dari tugas akhir ini adalah diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi siapa saja yang akan mengambil judul yang sama dengan penelitian ini. Tugas akhir ini juga merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mengingat keterbatasan penulis, mengharapkan segala kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis samapaikan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Mataram, Februari 2021

Penulis

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang, yang melakukan pembangunan di segala bidang. Salah satunya adalah pembangunan infrastruktur, terutama pembangunan jalan. Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang berperan penting dalam pengembangan potensi suatu wilayah. Dengan berkembangnya pembangunan infrastruktur terutama pembangunan jalan, maka diperlukan peningkatan baik secara kuantitas maupun kualitas bagi sarana dan prasarana transportasi. Salah satu prasarana transportasi adalah jalan, yang merupakan bagian penting untuk menunjang dan memperlancar laju pertumbuhan ekonomi.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Eka Praya Jaya Base Camp Pringabaya Lombok Timur dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC). Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall). Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5%, dan 6% dengan mengacu pada spesifikasi umum BINA MARGA 2010.

Hasil penelitian yang digunakan menunjukkan bahwa stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB dapat memenuhi spesifikasi umum BINA MARGA 2010 Revisi 3. Hasil penelitian untuk *filler* semen menunjukkan nilai stabilitas sebesar 1302 kg, Flow sebesar 3,15 mm, VIM sebesar 4,27%, VMA sebesar 16,96%, dan VFB sebesar 74,84%. Sedangkan hasil penelitian untuk *filler Fly Ash* menunjukkan nilai stabilitas 1252 kg, Flow sebesar 3,25 mm, VIM sebesar 4,12 %, VMA sebesar 17,67%, dan VFB sebesar 76,66%. Pada hasil analisa Marshall didapatkan kadar aspal optimum yaitu pada 5,2% baik untuk *filler* semen maupun *filler Fly Ash*.

**Kata Kunci** : Aspal Beton, LASTON, AC-Bearing Course, Filler, Limbah PLTU (*Fly Ash*), karakteristik *Marshall*.

## ABSTRACT

Indonesia is a developing country, which carries out development in all fields. One of them is infrastructure development, especially road construction. The road is a land transportation infrastructure that plays an essential role in developing an area's potential. With infrastructure development, especially road construction, it is necessary to increase both the quantity and quality of transportation facilities and infrastructure. One of the transportation infrastructures is roads, which are an essential part of supporting and accelerating economic growth.

This research was conducted in PT. EkaPraya Jaya Base Camp Pringgabaya East Lombok laboratory uses the hot asphalt mixing system Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC). In this study, the test was carried out in stages, consisting of testing for aggregates (coarse, delicate, and filler), asphalt, and testing for mixtures (Marshall test). This study used variations of asphalt content of 4.0%, 4.5%, 5.0%, 5.5%, and 6% concerning the general specifications of BINA MARGA 2010.

The research results indicate that stability, flow, VIM, VMA, and VFB meet the general specifications of BINA MARGA 2010 Revision 3. The study results for cement fillers show a stability value of 1302 kg, Flow of 3.15 mm, VIM of 4.27%, VMA of 16.96%, and VFB of 74.84%. While the research results for Fly Ash filler showed a stability value of 1252 kg, Flow of 3.25 mm, VIM of 4.12%, VMA of 17.67%, and VFB of 76.66%. In the Marshall analysis results, the optimum asphalt content was obtained at 5.2% for both cement filler and Fly Ash filler.

**Keywords:** Concrete Asphalt, LASTON, AC-Bearing Course, Filler, PLTU Waste (Fly Ash), Marshal characteristics



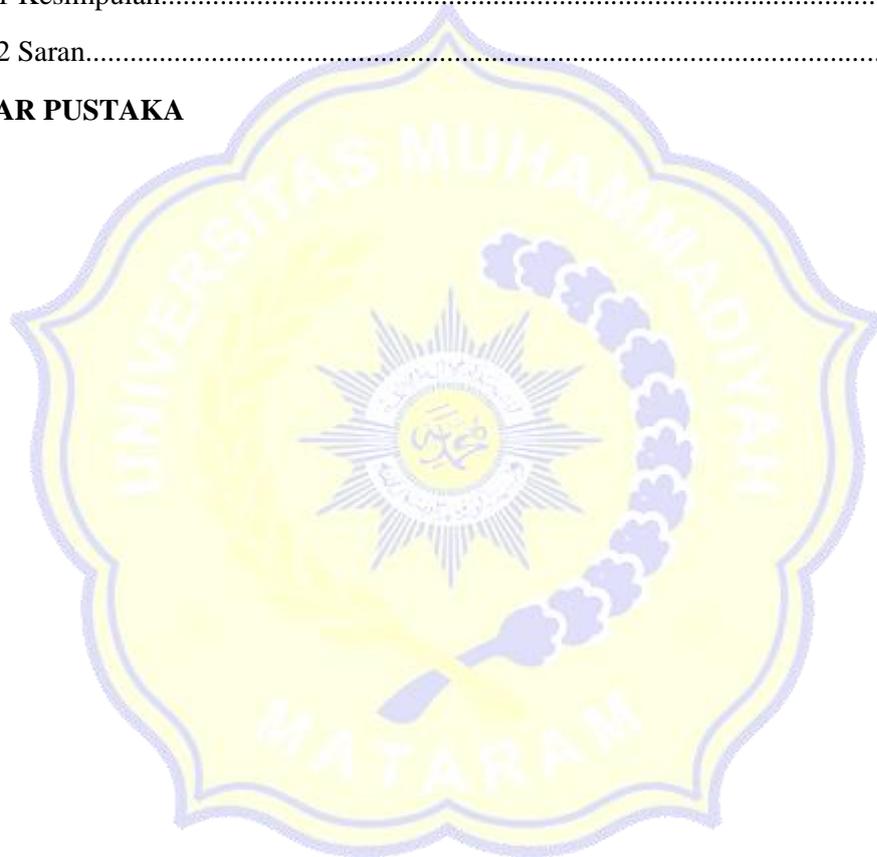
## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	ii
<b>Lembar Persembahan</b> .....	iii
<b>Pernyataan Keaslian</b> .....	iv
<b>Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme</b> .....	v
<b>Surat Persetujuan Publikasi</b> .....	vi
<b>Motto</b> .....	vii
<b>Kata Pengantar</b> .....	viii
<b>Abstrak</b> .....	viii
<b>Abstract</b> .....	ixi
<b>Daftar Isi</b> .....	xi
<b>Daftar Tabel</b> .....	xiii
<b>Daftar Gambar</b> .....	xivi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Umum .....	4
2.2 Aspal Beton .....	4
2.2.1. Agregat .....	4
2.2.2. Aspal .....	7
2.2.3. Filler (Fly Ash) .....	9
2.3 Kadar Aspal Rencana .....	10
2.4 Metode Perencanaan Campuran .....	11
2.5 Metode Marshall .....	14
2.6 Parameter dan Formula Perhitungan .....	17
2.7 Durabilitas .....	17

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Umum.....	19
3.2 Jadwal Kegiatan.....	19
3.3 Jenis Data.....	20
3.3.1 Data Primer.....	20
3.3.2 Data Sekunder.....	20
3.4 Bahan Penelitian.....	20
3.5 Peralatan Penelitian.....	21
3.6 Benda Uji.....	22
3.7 Cara Pengujian .....	23
3.8 Perhitungan.....	24
3.9 Penentuan Gradasi Pilihan.....	24
3.10 Proporsi Dan Kebutuhan Material.....	26
3.11 Campuran Aspal Dengan Metode Marshall.....	29
3.11.1 Benda Uji Campuran Aspal Metode Marshall.....	29
3.12 Alat Dan Benda Uji.....	31
3.12.1 Alat.....	31
3.12.2 Benda Uji.....	36
3.13 Prosedur Pengujian Material .....	37
3.13.1 agregat Kasar.....	37
3.13.2 Agregat Halus.....	38
3.13.3 Filler .....	39
3.14 Prosedur Perencanaan Penelitian .....	39
3.15 Pengujian Marshall.....	40
3.16 Bagan Alir Penelitian.....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>43</b>
4.1 Umum.....	43
4.2 Pengujian Material.....	43
4.2.1 Hasil Analisa Saringan Pembagian Butiran .....	43
4.2.2 Kombinasi Analisa Agregat (Filler Semen).....	50
4.2.3 Kombinasi Analisa Agregat ( Filler Fly Ash).....	53

4.2.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat.....	55
4.3 Data Pengujian Aspal .....	57
4.3.1 Perhitungan Perkiraan Awal Kadar Aspal Tengah (Pb).....	58
4.3.2 Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum (GMM).....	58
4.3.3 Hasil Analisa Marshall Pada Kadar Aspal Rencana.....	60
4.3.4 Perbandingan Sifat Marshall Penggunaan Filler Pada Campuran .....	63
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR TABEL

TABEL 2.1. Spesifikasi Gradasi Agregat .....	7
TABEL 2.2. Sifat-sifat campuran AC-BC.....	13
TABEL 3.1. Jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian .....	19
TABEL 3.2. Proporsi campuran agregat AC-BC.....	26
TABEL 3.3. Konversi proporsi material.....	27
TABEL 3.4. Kebutuhan material untuk 1,2, dan 3 buah benda uji .....	28
TABEL 3.5. Kekentalan aspal keras untuk pencampuran dan pepadatan.....	29
TABEL 3.6. Ketentuan agregat kasar.....	38
TABEL 3.7. Ketentuan agregat halus.....	38
TABEL 3.8. Ketentuan agregat halus.....	39
TABEL 4.1. Analisa saringan pembagian butiran.....	44
TABEL 4.2. Kombinasi analisa agregat Filler Semen.....	51
TABEL 4.3. Kombinasi analisa agregat Fly Ash.....	53
TABEL 4.4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.....	55
TABEL 4.5. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.....	56
TABEL 4.6. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan filler.....	57
TABEL 4.7. Properties aspal penetrasi 60/70.....	57
TABEL 4.8. Perhitungan perkiraan awal kadar aspal tengah(pb).....	58
TABEL 4.9. Pengujian berat jenis campuran maksimum.....	59
TABEL 4.10. Sifat-sifat marshall pada <i>filler</i> semen.....	60

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1. Abu terbang ( <i>fly ash</i> ).....	10
GAMBAR 3.1. Grafik gradasi pilihan rencana.....	25
GAMBAR 3.2. Cetakan benda uji.....	32
GAMBAR 3.3. Penumbuk manual benda uji.....	32
GAMBAR 3.4. Oven.....	33
GAMBAR 3.5. Timbangan.....	33
GAMBAR 3.6. Termometer logam.....	34
GAMBAR 3.7. Alat pengeluar benda uji.....	34
GAMBAR 3.8. Bak perendam.....	35
GAMBAR 3.9. Marshall.....	35
GAMBAR 3.10. Benda uji dalam cetakan.....	36
GAMBAR 3.11. Pendinginan benda uji.....	36
GAMBAR 3.12. Benda uji setelah di uji marshall.....	37

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan beribu pulau yang memiliki keanekaragaman material dan kemampuan sumber daya, sehingga memungkinkan kita untuk memiliki berbagai jenis perkerasan yang semuanya tentu saja memiliki keuntungan dan kerugiannya. Salah satu jenis perkerasan yang mempunyai mutu paling baik adalah beton aspal. Proses pembuatan beton aspal yang umum dipergunakan di Indonesia adalah beton aspal campuran panas.

Pengetahuan tentang sifat-sifat material pembentuk beton aspal seperti agregat dan aspal, serta sifat campuran beton aspal sangat dibutuhkan dalam proses konstruksi beton aspal. Namun disadari sampai saat ini masih sangat sedikit buku yang membicarakan hal tersebut.

Salah satu campuran yang digunakan dalam campuran aspal yaitu *Filler* yaitu 1-5% dari campuran perkerasan. Sehingga untuk dapat meningkatkan mutu atau kekuatan struktur perkerasan, maka diperlukan pemilihan jenis material. Selain itu, perlu juga menggunakan spesifikasi baru dalam campuran beraspal, karena sangat penting dalam peningkatan kekuatan struktur perkerasan jalan.

Sebagian besar *Filler* yang dipakai dalam campuran aspal yaitu menggunakan *Filler Semen Portland*. Untuk meminimalisir biaya penggunaan *Filler*, maka untuk itu dicoba melakukan penelitian menggunakan *Filler* lain dalam upaya memperoleh keuntungan yang lebih. Pada penelitian ini dicoba menggunakan *Filler Fly Ash* sebagai pengganti *Filler Semen Portland*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah yang diambil pada penelitian ini yaitu:

- a. Layak kah *Filler Fly Ash* sebagai bahan penyusun campuran perkerasan jalan.
- b. Berapa perbedaan stabilitas antara *Filler* semen dan *Filler Fly Ash*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

- a. untuk Mengetahui layak atau tidak *Filler Fly Ash* sebagai bahan pengganti.
- b. Untuk mengetahui perbedaan karakteristik Marshall antara Filler semen dan Filler Fly Ash.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adpun penelitian ini diharapkan bisa digunakan sebagai salah satu literatur atau contoh acuan oleh teman-teman Mahasiswa, sehingga dapat memperbanyak referensi pada saat melakukan penelitian terkait limbah batu bara yaitu Abu Terbang (*Fly Ash*) sebagai *Filler* dalam campuran aspal pada konstruksi perkerasan jalan.

## 1.5 Batasan Masalah

1. Hanya meneliti sebatas kelayakan *Filler* sebagai bahan pengganti.
2. Material yang d gunakan yaitu agregat kasar  $<3/4$ , agregat kasar  $<3/8$ , agregat halus Abu batu, pasir, dan *Filler*.
3. Kadar aspal rencana ditentukan berdasarkan revisi SNI 03-1737-1989, yaitu dengan menggunakan rumus Pb.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Jenis lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur salah satunya adalah Aspal beton campuran panas. Adapun Aspal Beton campuran panas ini merupakan jenis perkerasan campuran merata sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal. Dalam proses untuk mendapatkan tingkat kecairan pada aspal, perlu melakukan pengeringan agregat agar mendapatkan kemudahan dalam pencampuran kedua material tersebut. Selain itu, perlu juga di panaskan sebelum pencampuran, Karena dalam keadaan panas kedua agregat mudah untuk disatukan. Keadaan seperti ini disebut sebagai Hot Mix.

Penelitian mengenai campuran Aspal Concrete telah banyak dilakukan di berbagai tempat yang antara lain diteliti dengan penelitian campuran lapisan AC *Wearing Course* menggunakan abu batu yang dilakukan Rian Putrowijoyo (2006) di Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Penelitian ini menggunakan tiga jenis fraksi agregat sebagai perbandingan dan menggunakan bahan pengikat aspal keras dengan menggunakan penetrasi 60/70.

Sri Dwi Wahini Nurhajati (2012) meneliti tentang pengaruh nano precipitated calcium carbonate terhadap kualitas polamil klorida dengan hasil penelitian formalasi komposit PVC dengan kandungan SPCC 15 phr hasil uji esistensi isolasi 4 M kuat listrik tidak tembus, ketahanan kepa panas = 4,5 mm, tidak ada api dan dan tisu tidak terbakar onset temperatur = 246,67 Oc, kekerasan = 88,6, Shore C, kuat Tarik = 14,99 Mpa kerapata = 1,42 g/cm<sup>3</sup>, dan kemularan = 46,67%.

Didalam beberapa penelitian yang telah dilakukan diatas penulis melihat dari segi teori yang sama tetapi berbeda dalam spesifikasi campuran aspal yang digunakan. Dari hasil analisi pada pembahasan diatas seluruh hasil pada penelitian tersebut merupakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini yang

berlandaskan spesifikasi yang masih berlaku, perbedaan dengan penelitian ini terdapat pada spesifikasi yang digunakan, *Quarry* agregat yang dipakai untuk campuran aspal, pemakaian gradasi agregat pada campuran dan pemakaian filter yang digunakan serta jenis penelitian.

## **2.2 Aspal Beton**

Bahan utama dalam campuran aspal beton adalah aspal, agregat, dan *filler* dimana untuk dapat membuat perkerasan jalan yang baik dengan mutu yang diharapkan, maka dalam pencampuran harus mengetahui terkait dengan sifat, pengolahan serta pengadaan material bahan penyusun utama campuran aspal beton.

### **2.2.1 Agregat**

Secara umum kita tahu bahwa agregat dapat diartikan sebagai formasi kulit bumi yang padat. Sehingga agregat dapat diartikan yaitu suatu partikel atau bahan yang terdiri atas mineral padat berupa masa yang berukuran besar, bisa juga berupa fragmen.

Dengan begitu, agregat adalah komponen yang utama dalam campuran aspal beton, sehingga dalam proporsi penggunaannya untuk agregat sebanyak 90-95% berdasarkan presentase berat, atau juga berdasarkan persentase volume agregat digunakan sebanyak 75-85%. Maka dengan begitu untuk menentukan kualitas perkerasan jalan ditentukan juga oleh sifat agregat serta hasil campuran.

### a) Jenis Agregat

Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan dan ukuran butirnya.

Dalam hal ini berdasarkan ukurannya agregat dapat dibedakan sebagai agregat kasar, agregat halus, dan bahan *filler*.

*The Asphalt Institut* dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Baru Campuran Panas, 2002 membedakan agregat menjadi:

- i. Agregat kasar adalah dengan ukuran butir lebih kasar dari saringan no 8 (=2,36 mm)
- ii. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan no.8 (=2,36 mm)
- iii. Bahan pengisi (*filler*), Adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (=0,60 mm).

### b) Sifat Agregat Sebagai Perkerasan Jalan

Agregat sebagai salah satu bahan perkerasan jalan memiliki sifat yang sangat berpengaruh dalam menentukan keawetan perkerasan jalan. Keadaan tersebut akan berpengaruh ketika perkerasan jalan dilintasi oleh kendaraan nantinya. Sehingga perlu melakukan pemeriksaan yang jeli pada saat menentukan penggunaan suatu agregat.

#### i. Gradasi Agregat

Dalam melakukan gradasi agregat, ada berbagai jenis ukuran saringan yang digunakan untuk memperoleh ukuran-ukuran butiran agregat. Ukuran saringan ditandai dengan nomor, dimulai dengan ukuran saringan 4 inci, 3 ½ inci, 3 inci, 2 ½ inci, 2 inci, 1 ½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, nomor 4, nomor 8, nomor 16, nomor 30, nomor 50, nomor 100, dan nomor 200. Adapun nomor saringan bermaksud menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang,

sedangkan ukuran saringan dalam ukuran panjang itu sendiri, bertujuan untuk menunukkan ukuran bukaan.

Sementara itu dalam gradasi agregat, untuk mendapatkan hasil pemeriksaan ukuran butiran, yaitu dengan menggunakan satu set saringan. Urutan susunan saringan dimulai dari ukuran diameter yang terbesar diletakkan paling atas, dan ukuran diameter paling kecil diletakkan pada posisi paling bawah sebelum wadah (pan).

## **ii. BJ Agregat**

Berat Jenis agregat merupakan perbandingan berat volume agregat dengan berat volume air. Adapun di dalam merencanakan campuran maka diperlukan parameter penunjuk berat, maksudnya adalah berat jenis agregat. Kemudian berat jenis agregat yang kecil akan memiliki volume yang besar atau berat yang ringan.

## **c) Pencampuran Agregat**

Dalam melakukan pencampuran agregat perlu melakukan pemeriksaan pada agregat sebelum digunakan, karena agregat merupakan material yang diperoleh dari alam dengan bentuk dan mutu yang bervariasi sehingga perlu mengolahnya kembali agar agregat dengan gradasi seperti yang diharapkan dapat diperoleh.

Dalam hal ini untuk mendapatkan material yang sesuai di dalam spesifikasi pekerjaan, maka agregat diolah atau diproduksi dengan menggunakan mesin pecah yang dapat memisahkan sesuai ukuran masing-masing agregat. Namun pada dasarnya, material yang tersedia di lapangan belum tentu memenuhi spesifikasi pekerjaan, oleh karena itu akan dilakukan pencampuran tambahan dari berbagai ukuran agregat yang telah disediakan guna untuk memenuhi spesifikasi pekerjaan.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang telah ditentukan dalam spesifikasi yang dimaksud.

**Tabel 2.1 Spesifikasi Gradasi Agregat**

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lataston (HRS)				Laston (AC)		
	Kelas A	Kelas B	Gradasi senja <sup>3</sup>		Gradasi Semi Senjang <sup>2</sup>		WC	BC	Base
			WC	Base	WC	Base			
37,5									100
25									90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	75-90	75-90	60-78
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
4,75							53-69	46-64	35-54
2,36		75-100	50-72 <sup>3</sup>	35-55 <sup>3</sup>	50-62	32-44	33-53	30-46	23-41
1,18							21-41	18-38	13-30
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
0,3000					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
0,150							6-15	5-13	4-10
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum, Binamarga 2010, Devisi VI

### 2.2.2 Aspal

Aspal merupakan salah satu bahan pengikat yang ada pada campuran aspal beton yang proporsinya lebih banyak dibandingkan bahan pengikat lainnya. Aspal didefinisikan sebagai cairan pengikat yang berwarna hitam dan lengket, aspal biasanya dapat diperoleh dari alam atau bisa juga dapat diproduksi. Ketika aspal tersebut dipanaskan sampai pada suhu tertentu, maka aspal akan mencair, namun aspal akan kembali membeku ketika suhu atau temperatur pada aspal menurun.

Aspal memiliki fungsi sebagai bahan pengikat pada campuran aspal. Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga sekaligus sebagai bahan pengisi pada rongga. Adapun senyawa kimia yang terkandung pada aspal yaitu terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan juga logam lain sesuai jenisnya.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang di dapat di suatu tempat di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh dari gunung-gunung seperti aspal di pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang di kandunginya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini maka asbuton mulai di produksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang banyak mengandung aspal, paraffin base crudeoil yang banyak mengandung paraffin, atau mixed base crude oil yang mengandung campuran antara paraffin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis asphaltic base crude oil. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semipadat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (Asphalt Cement) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal

cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar.

Aspal emulsi (emulsified asphalt) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampuran. Aspal emulsi lebih cair dari pada aspal cair.

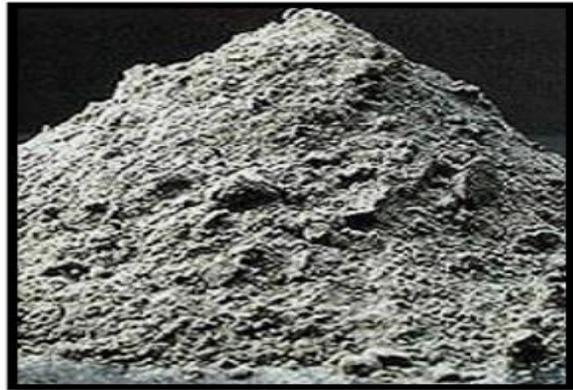
(Silvia Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*)

### **2.2.3. Filler (Fly Ash)**

*Filler Fly Ash* adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan organik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran.

Menurut SNI 03-6414-2002 Mendefinisikan pengertian abu terbang (*fly ash*) adalah limbah hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik.

Abu terbang (*fly ash*) Merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya abu terbang (*fly ash*) mengandung unsur kimia antara lain silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ferro oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), titanium oksida ( $\text{TiO}_2$ ), alkalin ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ), sulfur trioksida ( $\text{SO}_3$ ), fosfor oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan karbon (Anonim, 2008).



Sumber: Wikipedia (2010)

**Gambar 2.2 Abu Terbang (*fly ash*)**

### 2.3 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- P<sub>b</sub> : Perkiraan kadar aspal optimum
- CA : Nilai prosentase agregat kasar
- FA : Nilai prosentase agregat halus
- FF : Nilai prosentase Filler
- K : Konstanta (kira-kira 0,5 – 1.0)

*(Rian Putrowijoyo, 2006, kajian laboratorium sifat marshall dan durabilitas asphalt concrete – wearing course (AC-WC) dengan membandingkan penggunaan antara semen Portland dan abu batu sebagai filler, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang).*

## **2.4 Metode Perencanaan Campuran**

Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat Marshall. *(Henny Fennisa dan Moh.Wahyudi, 2010.Perencanaan Campuran Aspal Beton dengan menggunakan filler kapur padam. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang)*

### **1. Aspal Beton**

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan.

## **2.5 Metode Marshall**

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah di standarisasi 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 keelehan (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 flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur keelehan plastis atau

flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan beras jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

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

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukan uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. setelah dikeringkan agregat dipisah-pisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar  $170 \pm 20$  centistoke, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematis aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara 145°C-155°C. (*Henny Fennisa dan Moh.Wahyudi, 2010. Perencanaan Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Filler Kapur Padam. Fakultas Teknik Universita Diponegoro. Semarang*).

Ketentuan sifat-sifat campuran AC *Binder Course* dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.2. sifat-sifat campuran AC Binder Course**

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 <sup>(1)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%) <sup>(2)</sup>	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)		15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)		65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)		800		1800 <sup>(1)</sup>
Pelelehan (mm)		2		3
		4		6 <sup>(1)</sup>

Sumber: Spesifikasi Umum, Binamarga 2010, Devisi VI

Adapun karakteristik campuran panas agregat aspal dapat di ukur dari sifat-sifat Marshall yang ditujukan pada nilai-nilai sebagai berikut:

1. Stability (stabilitas)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalulintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang, alur dan naiknya aspal ke permukaan.

## 2. Void in Mix (VIM)

VIM merupakan persentasi rongga yang terdapat dalam rongga campuran.

## 3. Void Filled Asphalt (VFA)

VFA merupakan persentasi rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

## 4. Flow (kelelahan)

Kelelahan adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya.

## 5. Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow.

## 2.6 Parameter dan Formula Perhitungan

Data-data yang diperoleh dari test laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini:

### 2.6.1. Berat Jenis

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/filler yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent grafit*). Setelah didapatkan kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut:

- a. Berat agregat kasar dengan rumus

$$\text{Berat Jenis Bulk} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{Bj}{(Bj-Ba)} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(Bk-Ba)} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bk}{(Bk=Ba)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

Bj = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

b. Berat jenis agregat halus dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{Bk}{B+Bc-Bt} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{Bc}{(B+Bc-Bt)} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

Bc = berat contoh (gram)

Bk = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat pikno meter + berat air (gram)

Bt = berat pikno meter + berat benda uji + berat air (gram)

c. Berat jenis campuran maksimum (GMM)

$$\text{Berat jenis} = \frac{Bk}{(Bk-Ba)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

Bk = berat kering campuran yang belum dipadatkan

Ba = berat campuran yang belum dipadatkan di dalam air

d. Berat jenis efektif agregat

$$Gse = \frac{\frac{Pmm-Pb}{Pmm} - \frac{Pb}{Gb}}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana:

Gmm = berat jenis maksimum campuran

Pmm = persen terhadap total campuran (=100%)

Pb = kadar aspal rencana

Gb = berat jenis aspal

e. Berat jenis agregat curah

$$Gsb = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana:

P<sub>1,2,...</sub> = persentase masing-masing fraksi agregat

G<sub>1,2,...</sub> = berat jenis masing-masing fraksi agregat

### 2.6.2. Rongga di antara mineral agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times (100 - Pb)}{Gsb} \dots \dots \dots (2.14)$$

### 2.6.3. Rongga di dalam campuran (VIM)

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

### 2.6.4. Rongga terisi aspal

$$VIM = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (2.16)$$

### 2.6.5. Stabilitas

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. Rumus stabilitas adalah:

$$\text{Stabilitas} = \text{Bacaan arloji} \times \text{Faktor kalibrasi}$$

### 2.6.6. Kelelahan (Flow)

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

### 2.6.7. Marshall Qoutient

Perhitugna nilai Marshall Qoutient didasarkan atas rumus

$$MQ = S/r$$

Dimana:

S = nilai stabilitas terpasang (kg)

R = nilai kelelehan (mm)

MQ = nilai Marshall Quotient (kg/mm)

(RSNI M-06-2004)

### 2.7 Durabilitas

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Uji perendaman dilakukan pada temperatur  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Masing-masing golongan terdiri dari 2 sampel yang di rendam pada bak perendaman untuk semua variasi kadar aspal.

Spesifikasi departemen permukaan dan prasarana wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman di dalam air pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung sebagai berikut:

$$IRS = \left[ \frac{MSi}{MSs} \right] \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

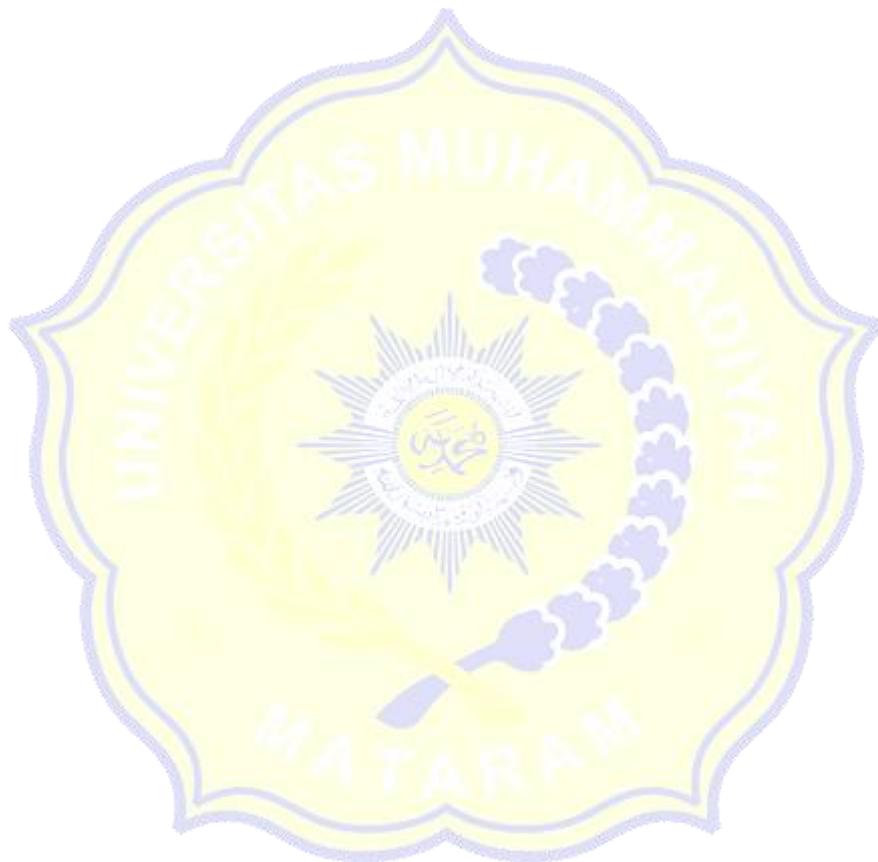
Keterangan:

IRS = Indeks Kekuatan Sisa (Indeks Retained Strength) (%)

MSi =Stabilitas Marshall setelah perendaman 24 jam suhu ruang  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ , (kg)

MSs = Stabilitas Marshall standar pada perendaman selama  $30 \pm 1$  menit suhu  $60^{\circ}\text{C}$ , (kg).

Spesifikasi Bina Marga revisi 10 final menjelaskan beton aspal campuran panas mensyaratkan IRS harus lebih besar dari 90%.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Tempat penelitian adalah PT. Eka Praya Jaya *Base Camp* Pringgabaya Lombok Timur dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC). Adapun dalam proses penelitian tahapan-tahapannya terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji Marshall).

#### 3.2 Jadwal Kegiatan

Dalam melakukan penelitian tentunya akan mengalami beberapa kendala. Untuk itu, agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan waktu yang diharapkan maka diperlukan jadwal kegiatan. Penelitian terhadap perbandingan filler Semen Portland dengan filler Fly Ash akan dilakukan selama 1 minggu. Adapun jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini:

**Tabel 3.1** jadwal pelaksanaan kegiatan penelitian

No	Kegiatan	JULI-2020				AGUSTUS-2020			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Studi literature								
2	Persiapan bahan								
3	Pembuatan benda uji								
4	Pengujian								
5	Analisa data								
6	Penyusunan laporan								
7	Asistensi								
8	Pengesahan								

### 3.3 Jenis Data

Jenis data dalam penelitian ini terdiri dari:

#### 3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung. Data primer dalam penelitian ini adalah data sisa pembakaran Batu Bara yang menghasilkan Abu Terbang (*Fly Ash*) yang diperoleh dari PLTU Jeranjang, Gerung Kabupaten Lombok Barat.

#### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau yang dilaksanakan yang masih berhubungan dengan penelitian tersebut. Data sekunder dalam penilaian ini adalah data pemeriksaan agregat yang diperoleh dari PT. Eka Praya Jaya dan data hasil pemeriksaan karakteristik aspal dari laboratorium PT. Eka Praya Jaya. Data sekunder tersebut dapat dilihat pada lampiran.

### 3.4 Bahan Penelitian

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

1. Agregat yang digunakan berasal dari PT. Eka Praya Jaya. Hasil pemeriksaan agregat merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT. Eka Praya Jaya.
2. Aspal penetrasi 60/70 produksi PERTAMINA yang diperoleh dari PT. Eka Praya Jaya.
3. *Filler* adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar (+85%) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). *Filler* semen *Portland* yang

biasa digunakan untuk berbagai macam konstruksi bangunan dan terdapat di banyak pasaran. Begitu pula *Filler* sebagai bahan pembeding, penelitian ini menggunakan *fillerFly Ash* yang kami peroleh dari PLTU Jeranjang Kabupaten Lombok Barat.

### 3.5 Peralatan Penelitian

Adapun Alat uji campuran agregat aspal yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall, meliputi:

- a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000kg (5000lb) yang dilengkapi dengan arloji pengukur flowmeter.
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) untuk Marshall standar.
- c. Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm, berat 4,5 kg (10 lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch).
- d. Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pepadatan.
- e. Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- f. Alat-alat penunjang yang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, thermometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan tipex/cat minyak yang digunakan untuk menandai benda uji.

### 3.6 Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 15 buah benda uji. Benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku dan terkait kecuali apabila butiran yang melalui saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

- 1) Agregat halus terdiri dari:
  - a. ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram.
  - b. ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram.
- 2) Agregat kasar terdiri dari:
  - a. ukuran maksimum 3,5"; berat minimum 35,0 kg.
  - b. ukuran maksimum 3"; berat minimum 30,0 kg.
  - c. ukuran maksimum 2,5"; berat minimum 25,0 kg.
  - d. ukuran maksimum 2"; berat minimum 20,0 kg.
  - e. ukuran maksimum 1,5"; berat minimum 15,0 kg.
  - f. ukuran maksimum 1"; berat minimum 10,0 kg.
  - g. ukuran maksimum  $\frac{3}{4}$ "; berat minimum 5,0 kg.
  - h. ukuran maksimum  $\frac{1}{2}$ "; berat minimum 2,5 kg.
  - i. ukuran maksimum  $\frac{3}{8}$ "; berat minimum 1,0 kg.
- 3) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No.4. Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas.

### 3.7 Cara Pengujian

Urutan proses pelaksanaan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

- a) benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b) benda uji dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$  samapai berat tetap. Sebagai catatan, penyerapan dan harga berat jenis yang digunakan dalam pekerjaan beton, bilamana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven.
- c) benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk).
- d) benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam.
- e) benda uji dikeluarkan dari air, lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f) benda uji ditimbang kering-permukaan jenuh (Bj).
- g) benda uji diletakkan didalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap. Lalu ditentukan beratnya di dalam air (Ba), dan diukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
- h) banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan, bahan semacam ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati, dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata-rata yang memuaskan.

### 3.8 Perhitungan

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar sebagai berikut:

$$a) \text{ Berat jenis (bulk specific gravity)} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$b) \text{ Berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry)} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots\dots (3.2)$$

$$c) \text{ Berat jenis semu (apparent specific gravity)} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$d) \text{ Penyerapan (absorpsi)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

B<sub>k</sub> = berat benda uji kering oven (gram)

B<sub>j</sub> = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

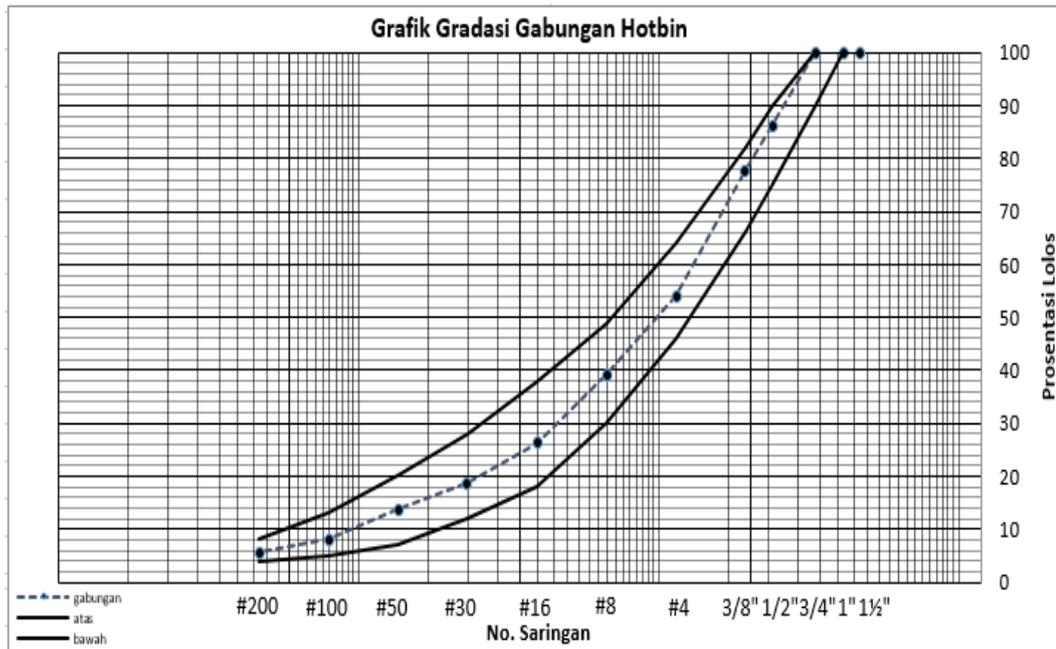
B<sub>a</sub> = berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

### 3.9 Penentuan Gradasi Pilihan

Pada penelitian ini, agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar (tertahan saringan no.8), agregat halus (lolos saringan no.8, tertahan saringan no.200) dan filler (lolos saringan no.200). ketiga fraksi agregat tersebut diproporsikan sesuai dengan spesifikasi campuran agregat aspal beton (AC-BC). Cara pencampuran agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara proporsional, dengan cara ini gradasi agregat gabungan direncanakan sesuai dengan gradasi campuran untuk (AC-BC). Metode memproporsikan agregat yang dipakai adalah tanpa blending, tetapi diproporsikan berdasarkan titik tengah spesifikasi agregat campuran.

Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang akan digunakan, direncanakan pada gambar 3.1.

**Gambar 3.1 Grafik Gradasi Pilihan Rencana**



### 3.10 Proporsi dan Kebutuhan Material

**Tabel 3.2 Proporsi Campuran Agregat AC-BC**

No. Saringan	Ukuran Saringan	% berat agregat yang lolos			% tahanan
		Batas atas	Batas bawah	Batas tengah (Gradasi pilihan)	
3/4"	19	100	90	97,63	2,37
1/2"	12,5	90	75	79,32	18,31
3/8"	9,5	82	66	78,01	1,31
No.4	4,75	64	46	54,64	23,37
No.8	2,36	49	30	42,91	11,73
No.16	1,18	38	18	31,48	11,43
No.30	0,6	28	12	25,86	5,62
No.50	0,3	20	7	19,26	6,6
No.100	0,15	13	5	8,53	10,73
No.200	0,075	8	4	5,97	2,56
<i>Filler</i>					5,97
Jumlah					100

Sumber: Spesifikasi umum revisi 3 final Bina Marga

Untuk perhitungan volumetrik campuran, proporsi agregat perlu dikonversi berdasarkan berat total agregat menjadi berat total campuran, dengan prinsip seperti diperlihatkan pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Konversi Proporsi Material**

Material	% Terhadap Berat Total Agregat	Faktor Pengali	% Terhadap Berat Total Campuran
1	2	$3 = (100-d)/100$	$4 = (2*3)$
Agregat Kasar (a)	55	0,950	52
Agregat halus (b)	44	0,950	42
Filler (c)	1	0,950	1
Kadar Aspal Rencana (d)	-	-	5
Total	100		

Sumber: Hasil Perhitungan

Persentase terhadap berat total campuran akan berubah sesuai dengan variasi persentase kadar aspal, misalnya: 4%; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% terhadap berat total campuran.

Contoh pada Tabel 3.3 di atas didasarkan atas persentase kadar aspal 5% dengan jumlah agregat 95%.

Maka berat aspal yang diperlukan untuk satu sampel adalah:

$$(5/95) \times 1200 \text{ gr} = 63,16 \text{ gr.}$$

$$\text{Berat total campuran menjadi} = 1200 \text{ gr} + 63,16 = 1263,16 \text{ gr.}$$

Perincian kebutuhan material secara praktis menjadi sebagai berikut:

**Tabel 3.4 kebutuhan material untuk 1,2 dan 3 buah sampel**

Material	Ayakan (mm)	Proporsi (%)	1 sampel (gram)	2 sampel (gram)	3 sampel (gram)
Agregat kasar	19	40,25	19,32	19,32	19,32
	12,5	45,74	154,08	154,08	154,08
	9,5	13,62	10,68	10,68	10,68
	4,75	0,26	191,76	191,76	191,76
Agregat halus	2,36 – 0,075	0,13	731,64	731,64	731,64
<i>Filler</i>	Lolos 0,075	-	96,84	96,84	96,84
	<b>Total</b>	100%	1200 gr	1200 gr	1200 gr
Kebutuhan Aspal					
4,0 %	$4/(100-4) \times \text{berat agg}$		50	50	50
4,5 %	$4,5/(100-4,5) \times \text{berat agg}$		56,54	56,54	56,54
5,0 %	$5/(100-5) \times \text{berat agg}$		63,16	63,16	63,16
5,5 %	$5,5/(100-5,5) \times \text{berat agg}$		69,84	69,84	69,84
6.0 %	$6/(100-6) \times \text{berat agg}$		76,59	76,59	76,59

Sumber: Hasil Perhitungan

### 3.11 Campuran Aspal Dengan Metode Marshall

#### 3.11.1 Benda Uji Campuran Aspal Metode Marshall

##### Prosedur Pengerjaan

- a) agregat dikeringkan pada temperatur 105°C - 110°C sekurang-kurangnya selama 4 jam di dalam oven.
- b) agregat dikeluarkan dari oven dan ditunggu sampai beratnya tetap.
- c) agregat dipisah-pisahkan ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan dilakukan penimbangan.
- d) dilakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan.
- e) agregat dipanaskan pada temperatur 28°C di atas temperatur pencampuran sekurang-kurangnya 4 jam di dalam oven.
- f) aspal dipanaskan sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan seperti diperlihatkan pada tabel 3.5

**Tabel 3.5 kekentalan aspal keras untuk pencampuran dan pemadatan**

Alat Uji	Kekentalan untuk		Satuan
	Pencampuran	Pemadatan	
Viscosimeter kinematic	170±20	280±30	Centistokes
Viscosimeter saybolt furol	85±10	140±15	Detik saybolt furol

Sumber Pujatan-Balitbang PU (2003)

- g) 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 inc).

- (2) wadah pencampur dipanaskan kira-kira 28°C di atas temperatur pencampuran aspal keras.
  - (3) agregat yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam wadah pencampur,
  - (4) aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan seperti pada tabel 3.5 dituangkan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian di aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
- h) pemadatan benda uji
- (1) perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dibersihkan dengan seksama dan dipanaskan sampai suhu antara 90°C - 150°C.
  - (2) cetakan diletakkan di atas landasan pematik dan ditahan dengan pemegang cetakan.
  - (3) kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran diletakkan di dasar cetakan.
  - (4) seluruh campuran dimasukkan ke dalam cetakan dan ditusuk-tusuk dengan spatula yang telah dipanaskan, sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya.
  - (5) kertas saring atau kertas penghisap diletakkan di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan.
  - (6) campuran dipadatkan dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan sesuai Tabel 3.5, dengan jumlah tumbukan:
    - a. 75 kali untuk lalu-lintas berat.
    - b. 50 kali untuk lalu-lintas sedang.

- c. 35 kali untuk lalu lintas ringan.
- (7) untuk pengujian kepadatan mutlak campuran beraspal untuk lalu lintas berat dilakukan pemadatan sebanyak 400 kali tumbukan.
  - (8) 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.
  - (9) permukaan benda uji yang sudah dibalikkan tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama sesuai dengan h) (6) dan (7).
  - (10) sesudah dilakukan pemadatan campuran, pelat alas dilepaskan dan dipasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut.
  - (11) benda uji dikeluarkan dan diletakkan di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang.
  - (12) bila diperlukan untuk mendinginkan benda uji, dapat digunakan kipas angin.

### **3.12 Alat dan Benda Uji**

#### **3.12.1 Alat**

##### **a. Cetakan Benda Uji**

Cetakan benda uji merupakan alat yang terbuat dari besi berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in), dan memiliki tinggi 76,2 mm (3 in) yang berfungsi untuk membentuk briket (Benda Uji) sesuai dengan bentuk cetakan.



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.2 Cetakan Benda Uji**

**b. Alat Penumbuk Manual**

Alat ini berfungsi untuk memadatkan benda uji yang memiliki permukaan tumbuk rata dan berbentuk silinder, dengan berat 4,536 gram dan tinggi jatuh bebas untuk pemadatan yaitu 457,2 mm.



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.3 Penumbuk Manual Benda Uji**

**c. Oven**

Oven merupakan salah satu alat yang digunakan dalam penelitian ini, fungsinya untuk memanaskan atau mengeringkan benda uji dengan memanfaatkan udara kering yang dihasilkan.



Sumber: Laboratorium PT. Eka Praya Jaya Lombok Timur

**Gambar 3.4 Oven**

**d. Timbangan**

Timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan yang dilengkapi dengan penggantung yang berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 gram dengan ketelitian 1 gram.



Sumber: Laboratorium PT. Eka Praya Jaya Lombok Timur

**Gambar 3.5 Timbangan**

**e. Termometer Logam**

Termometer logam yang digunakan adalah termometer logam berkapasitas 10°C sampai 204°C dengan ketelitian 2,8°C. fungsinya yaitu untuk mengetahui suhu campuran aspal pada saat penggorengan.



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.6 Termometer Logam**

**f. Alat Pengeluar Benda Uji**

Alat ini berfungsi untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan, digunakan alat pengeluar benda uji (extruder) dengan diameter 100 mm (3,95 in).



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.7 Alat Pengeluar Benda Uji**

**g. Bak Perendam (water bath)**

sebelum dilakukan proses pengujian benda uji oleh marshall, benda uji akan direndam terlebih dahulu menggunakan bak perendam selama 30 menit.



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.8 Bak Perendam**

**h. Marshall**

Marshall adalah alat utama pada penelitian ini, dimana benda uji yang sudah dibuat akan dilakukan pengujian untuk mengetahui berapa besar stabilitas, durabilitas dan karakteristik Marshall lainnya pada campuran perkerasan.



*Sumber: Laboratorium PT.Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.9 Marshall**

### 3.12.2 Benda Uji

#### a. Pencetakkan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan cetakan berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm dan tinggi 76,2 mm dengan cara ditumbuk menggunakan alat tumbuk manual.



*Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium PT. Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.10 Benda Uji Dalam Cetakan**

#### b. Pelepasan Benda Uji Dari Cetakan

Setelah benda uji dicetak, langkah selanjutnya adalah melepas benda uji dari cetakan kemudian di dinginkan sebelum kemudian di uji menggunakan alat marshall.



*Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium PT. Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar 3.11 Pendinginan Benda Uji**

**c. Benda Uji Setelah Di Uji Marshall**

Benda uji yang sudah didinginkan tadi kemudian di uji menggunakan alat Marshall.



*Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium PT. Eka Praya Jaya Lombok Timur*

**Gambar Benda 3.12 Uji Setelah Di Uji Marshall**

**3.13 Prosedur Pengujian Material**

Pengujian material yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010.

**3.13.1 Agregat Kasar**

Agregat kasar merupakan agregat yang ukuran butirannya tertahan pada saringan nomor 8. Agregat kasar yang digunakan pada campuran aspal beton ini yaitu agregat kasar  $\frac{3}{4}$  dan agregat kasar  $\frac{3}{8}$ .

**Tabel 3.6. Ketentuan Agregat Kasar**

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85-81	-
2	Berat jenis SSD	AASHTO T-85-81	-
3	Berat jenis Apparent	AASHTO T-85-81	-
4	Penyerapan air	SNI 1969-1989-F	Maks. 3%
5	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
6	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
7	Indek kepipihan	ASTM D-4791	Maks. 25%
8	Indeks kelonjongan	ASTM D-4791	Maks. 10%
9	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010

### 3.13.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat dengan ukuran butiran yang lolos pada saringan nomor 8 dan tertahan pada saringan nomor 100. Pada penggunaan agregat halus tersebut, yang digunakan adalah pasir alam atau bisa juga digunakan sisa pemecahan batu yang ukurannya hamper sama dengan butiran pasir alam.

Berikut adalah ketentuan agregat halus terdapat pada Tabel 3.7

**Tabel 3.7. Ketentuan Agerat Halus**

No	Karakteristik	Metode pengujian	Persyaratan
1	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85-81	-
2	Berat jenis SSD	AASHTO T-85-81	-
3	Berat jenis Apparent	AASHTO T-85-81	-
4	Penyerapan air	SNI 1969-1989-F	Maks. 3%
5	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
6	Material Lolos saringan no.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010

### 3.13.3 Filler

Bahan pengisi yang diuji pada penelitian ini adalah semen Portland dan Fly Ash mempunyai ketentuan yang sama seperti pada Tabel 3.8.

**Tabel 3.8. Ketentuan Agregat Halus**

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Berat jenis	AASHTO T-85-81	-
2	Material lolos saringan no.200	SNI 02-1994-03	Min. 70%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2010

### 3.14 Prosedur Perencanaan Penelitian

Dalam menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar optimum secara empiris dengan persamaan (Pb). Nilai Pb hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5%. Ditentukan 3 (tiga) kadar aspal di atas dan 3 (tiga) kadar aspal di bawah kadar aspal perkiraan awal yang sudah dibulatkan mendekati 0,5% ini. Kemudian dilakukan penyiapan benda uji untuk tes Marshall sesuai tahapan berikut ini:

#### a. Tahap I

Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum Pb dibuat benda uji dengan jenis aspal pertamina. Kemudian dilakukan pengujian Marshall standar dengan 2x75 tumbukan untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan, dan hasil bagi Marshall. Dari hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall, dapat ditentukan kadar aspal optimum.

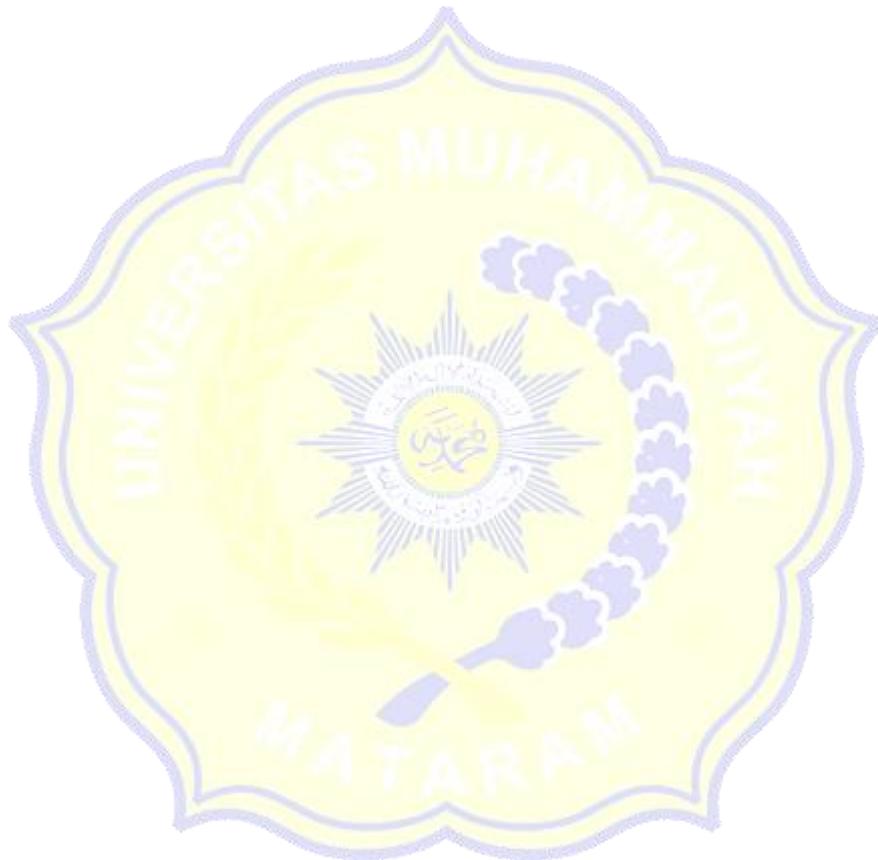
#### b. Tahap II

Setelah didapatkan kadar aspal optimum maka dilakukan pembuatan benda uji dengan kondisi masing-masing kadar aspal. Kemudian dilakukan uji Marshall dengan kondisi standar 2x75 tumbukan untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan dan hasil bagi Marshall.

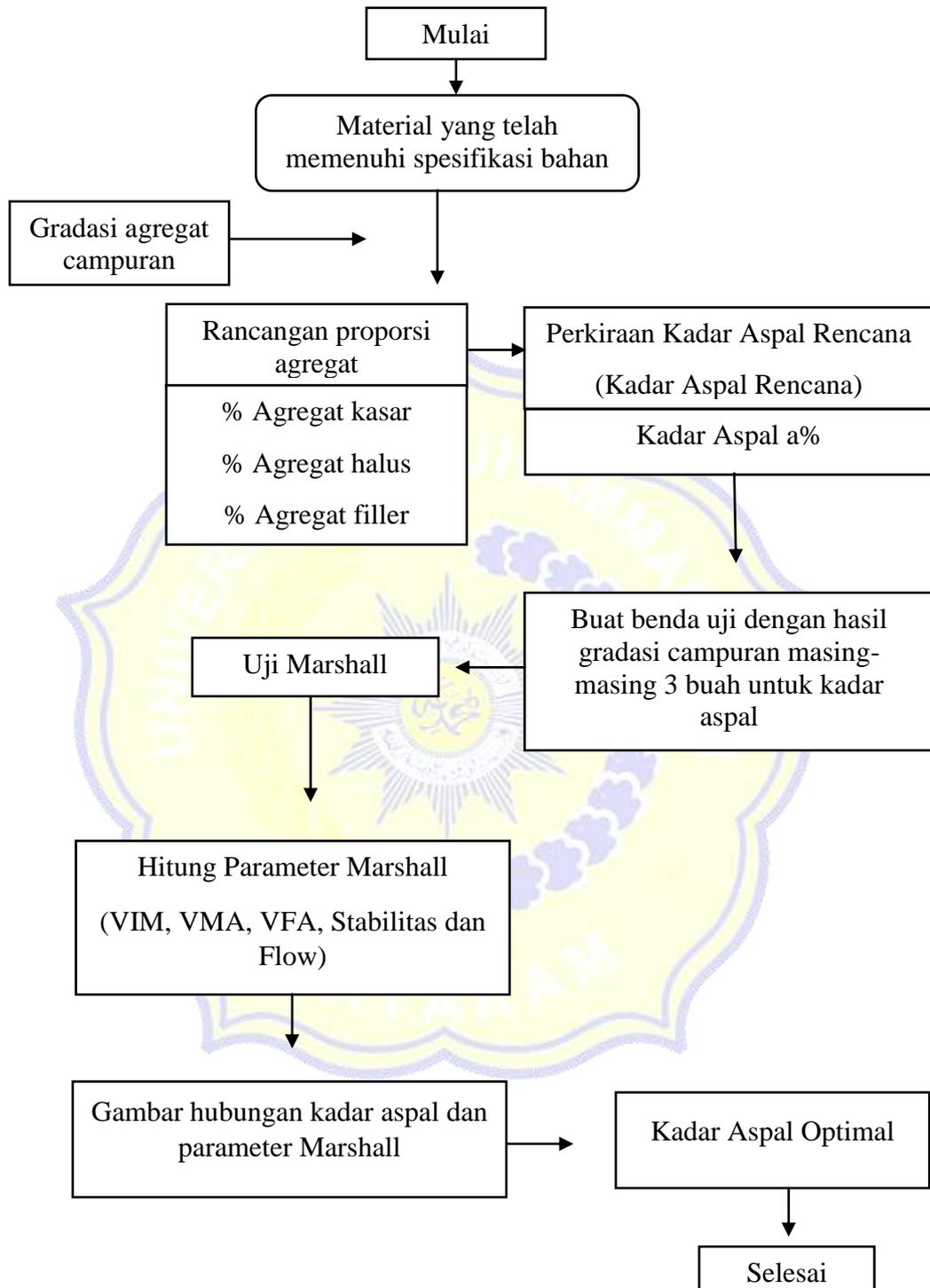
### 3.15 Pengujian Marshall

1. Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inchi, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
2. Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes. Agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan di atas pemanas dan diaduk hingga rata.
3. Setelah temperatur pemadatan tercapai maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi pada temperatur  $100$  hingga  $170^\circ$  dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kertas lilin (waxed paper) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
4. Pemadatan standar dilakukan dengan pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali di bagian sisi atas kemudian di balik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
5. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
6. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
7. Benda uji direndam dalam air selama 10-24 jam supaya jenuh.
8. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.

9. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (saturated surface dry, SSD) kemudian ditimbang.
10. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $60\pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit.



### 3.16 Bagan Alir Penelitian



*Bagan Alir Penelitian*