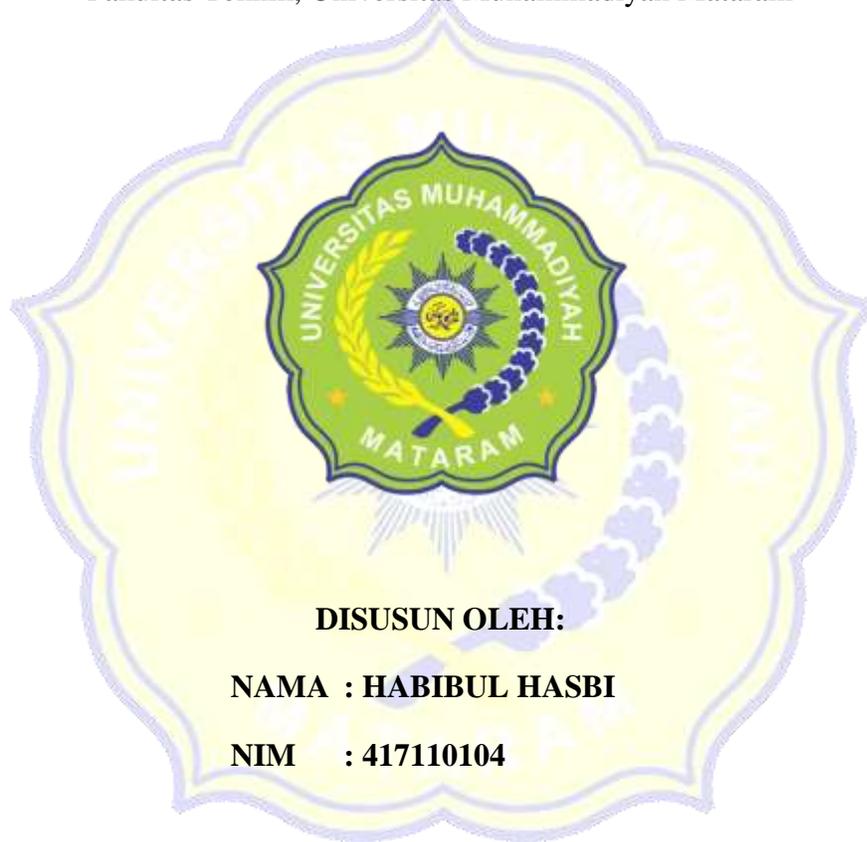


SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI
PENGANTI SEBAGIAN *FILLER* TERHADAP NILAI STABILITAS
MARSHALL LASTON (AC-WC)**

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



DISUSUN OLEH:

NAMA : HABIBUL HASBI

NIM : 417110104

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2022

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI
PENGANTI SEBAGIAN *FILLER* TERHADAP NILAI STABILITAS
*MARSHALL LASTON (AC-WC)***

Disusun Oleh:

HABIBUL HASBI

417110104

Mataram, 24 Januari 2022

Pembimbing I,

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

Pembimbing II,

Titik Wahyuningsih, ST., MT.
NIDN. 0819097401

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

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

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI
PENGANTI SEBAGIAN *FILLER* TERHADAP NILAI STABILITAS
*MARSHALL LASTON (AC-WC)***

YangDipersiapkandanDisusunOleh:

NAMA : HABIBUL HASBI

NIM : 417110104

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji

Padahari: Sabtu, 5 Februari 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

SusunanTimPenguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
2. Penguji II : Titik Wahyuningsih, ST., MT
3. Penguji III : Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Sc (Eng).



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

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

NIDN.0824017501

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini menyatakan

1. Skripsi yang berjudul:

“Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian *Filler* Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall* Laston (AC-WC)” merupakan hasil karya tulis yang saya ajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Muhammadiyah Mataram.

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

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

Mataram, 25 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



(HABIBUL HASBI)

NIM. 417110104



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

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

Nama : HABIBUL HASBI
NIM : 17110104
Tempat/Tgl Lahir : Banar / 04-06-1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 0823 4077 8525
Email : habiebung@gmail.com

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

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
FILLER TERHADAP NILAI STABILITAS MARSHALL LASTON (AC-WC)

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 319

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

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

Mataram, 04 Maret2022

Penulis



HABIBUL HASBI
NIM. 17110104

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : HABIBUL HASBI
NIM : 17110104
Tempat/Tgl Lahir : Banjar / 09-06-1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 0823 4077 8525 / habiebung@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

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

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BATU BATA SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN
FILLER TERHADAP NILAI STABILITAS MARSHALL LASTON (AC-WC)

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

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

Mataram, 09-Maret.....2022

Penulis



HABIBUL HASBI
NIM. 17110104

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

MOTTO HIDUP

“Aku akan terus bersabar, bahkan sampai kesabaran itu sendiri merasa lelah dengan kesabaranku”

(Ali Bin Abi Thalib RH.)

“Pendidikan adalah senjata paling ampuh untuk mengubah dunia”

(Nelson Mandela)

“Kalau impianmu tak bisa membuatmu takut, mungkin impianmu tak cukup besar”

(Muhammad Ali)

**“TIDAK INGKAR KARNA KEBERHASILAN, TIDAK PULA MENGELUH
KARNA COBAAN”**

~ Penulis ~

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Sebagian *Filler* Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall* Laston (AC-WC)”**. Skripsi ini merupakan bagian dari salah satu kurikulum yang wajib diikuti bagi setiap mahasiswa guna memenuhi kewajiban dan penyelesaian tugas akhir untuk memperoleh derajat kesarjanaan S-1 pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Untuk itu perkenankanlah penulis menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. H. Arsyad Abd. Gani, M.Pd. 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 Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Titik Wahyuningsih, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Dr. Eng. Haryadi, ST., M.Sc (Eng). selaku Dosen Penguji Skripsi.
7. Semua Dosen dan Pihak Sekertariat Fakultas Teknik UMMAT.

Skripsi ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran penulis di masa depan. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat kedepannya.

Mataram, 25 Februari 2022

HABIBUL HASBI

INTISARI

Penelitian menggunakan limbah batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* terhadap nilai stabilitas *Marshall* laston (AC-WC) yang merupakan salah satu bagian dari lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis aus yang berhubungan langsung dengan aktifitas lalu lintas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* terhadap nilai stabilitas laston (AC-WC) dan mengetahui hasil pengujian *Marshall* dengan bahan tambah serbuk batu bata sebagai pengganti *filler* ditinjau dari kepadatan (*density*), pelelehan (*flow*), stabilitas, dan MQ (*Marshall quotient*) dengan persyaratan Bina Marga 2018.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan variasi kadar *filler* serbuk batu bata 1% dengan semen 0% (B1-S0), serbuk batu bata 1% dengan semen 1% (B1-S1), serbuk batu bata 1% dengan semen 2% (B1-S2), serbuk batu bata 2% dengan semen 0% (B2-S0), serbuk batu bata 2% dengan semen 1% (B2-S1), dan serbuk batu bata 3% dengan semen 0% (B3-S0) terhadap berat total agregat. Semua diuji sesuai dengan metode *Marshall* untuk mendapatkan data kepadatan, stabilitas, *Flow*, dan MQ.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi pengaruh nilai stabilitas akibat penambahan *filler* serbuk batu bata dan semen *portland*. Semakin banyak proporsi penambahan *filler* serbuk batu bata dan semen *portland* maka nilai stabilitas *Marshall* akan semakin tinggi. Nilai proporsi maksimum kadar *filler* paling baik dihasilkan dengan proporsi campuran 2% serbuk batu bata dengan 1% semen (B2%-S1%). Setelah adanya penambahan *filler* serbuk batu bata pada campuran lapis aspal beton AC-WC, lapisan aspal beton mampu memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yang ditinjau dari nilai kepadatan (*density*), pelelehan (*flow*), stabilitas, MQ (*Marshall quotient*).

Kata Kunci : *Filler*, Batu bata, Semen *portland*, Laston, *Marshall*

ABSTRACT

The Marshall Laston (AC-WC) stability value, which is one element of the pavement layer that works as a wear layer directly related to traffic activities, is partially filled with brick debris in this study. This research aimed to determine how adding bricks as a partial filler affected the Laston (AC-WC) stability value, as well as compare the results of the Marshall test with brick powder added as a filler in terms of density, melting (flow), stability, and MQ (Marshall quotient) to the 2018 Highways requirements. This study was carried out utilizing an experimental method in which data was collected through experimental activities. All were examined using the Marshall method to acquire density, stability, flow, and MQ data. This research was carried out at the Laboratory of the Construction Materials Testing Center of the Public Works and Spatial Planning Office of West Nusa Tenggara Province by using variations in filler content of 1% brick powder with 0% cement (B1-S0), 1% brick powder with 1% cement (B1-S1), 1% brick powder with 2% cement (B1-S2), 2% brick powder with 0% cement (B2-S0), 2% brick powder with 1% cement (B2-S1), and 3% brick powder with 0% cement (B3-S0) to the total weight of the aggregate. According to the findings of this investigation, the inclusion of brick powder filler and portland cement has an effect on the stability value. The Marshall stability value increases as the brick powder and Portland cement filler increase. A 2% brick powder and 1% cement blend produces the highest filler content value (B2% -S1%). The asphalt concrete layer met the 2018 Highways standards regarding density, flow, stability, and MQ after adding brick powder filler to the AC-WC asphalt concrete mix (Marshall quotient).

Keywords: Filler, Bricks, Portland cement, Laston, Marshall

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA



KEPALA
UPT P3B
HUMARA, N.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
MOTTO HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.2 Perkerasan Jalan.....	8
2.1.3 Lapis Aspal Beton (Laston).....	10
2.1.4 Bahan Untuk Pembuatan Campuran Laston	15

2.1.5 Gradasi Agregat.....	19
2.1.6 Batu Bata.....	20
2.1.7 Semen <i>Portland</i>	21
2.2 Landasan Teori.....	22
2.2.1 Pengujian Gradasi	22
2.2.2 Berat Jenis Agregat.....	23
2.2.3 Perkiraan Kadar Aspal Rencana Awal (<i>Pb</i>)	24
2.2.4 Pengujian <i>Marshall</i>	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Metode Dan Desain.....	28
3.2 Alat Penelitian.....	29
3.3 Bahan Penelitian.....	36
3.4 Tahap-tahap Penelitian.....	38
3.5 Bagan Alir Tahapan Penelitian	43
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Pengujian Aspal.....	45
4.1.1 Hasil Pengujian Aspal.....	45
4.2 Pengujian Material.....	49
4.2.1 Pengujian Karakteristik Agregat.....	49
4.2.2 Pengujian <i>Filler</i>	59
4.3 Pengujian <i>Marshall</i>	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	67
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

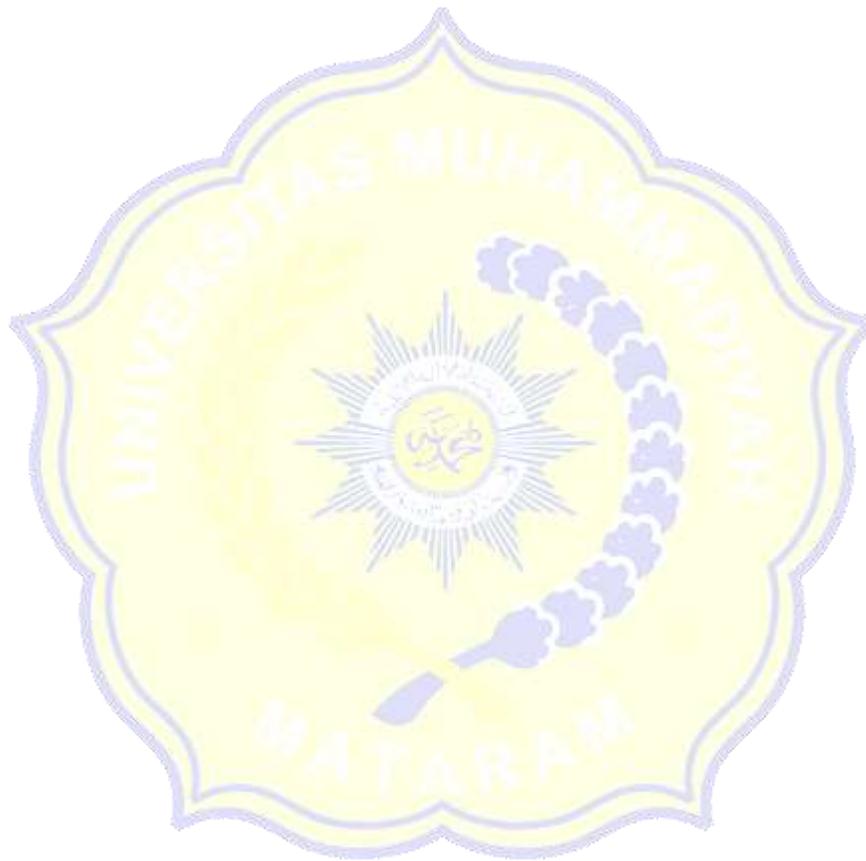
	Halaman
Tabel 2.1 Ketentuan sifat campuran yang dimodifikasi (<i>AC Modified</i>).....	12
Tabel 2.2 Ketentuan pengujian agregat kasar	18
Tabel 2.3 Ketentuan pengujian agregat halus	19
Tabel 2.4 Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal.....	21
Tabel 2.5 Komposisi semen <i>portland</i>	22
Tabel 3.1 Kode notasi dan jumlah benda uji.....	31
Tabel 3.2 Acuan pengujian agregat kasar	39
Tabel 3.3 Acuan pengujian agregat halus	39
Tabel 3.4 Acuan pengujian <i>filler</i>	39
Tabel 3.5 Persentase komposisi bahan campuran benda uji dari total agregat	40
Tabel 3.6 Berat komposisi bahan campuran benda uji	40
Tabel 4.1 Hasil pengujian aspal	45
Tabel 4.2 Hasil pengujian penetrasi aspal.....	46
Tabel 4.3 Hasil pengujian titik lembek	47
Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis aspal.....	48
Tabel 4.5 Hasil pengujian gradasi agregat	49
Tabel 4.6 Kombinasi campuran agregat variasi B1-S0.....	50
Tabel 4.7 Kombinasi campuran agregat variasi B1-S1.....	51
Tabel 4.8 Kombinasi campuran agregat variasi B1-S2.....	52
Tabel 4.9 Kombinasi campuran agregat variasi B2-S0.....	53
Tabel 4.10 Kombinasi campuran agregat variasi B1-S1.....	54
Tabel 4.11 Kombinasi campuran agregat variasi B3-S0.....	55
Tabel 4.12 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	57
Tabel 4.13 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	59

DAFTAR GAMBAR

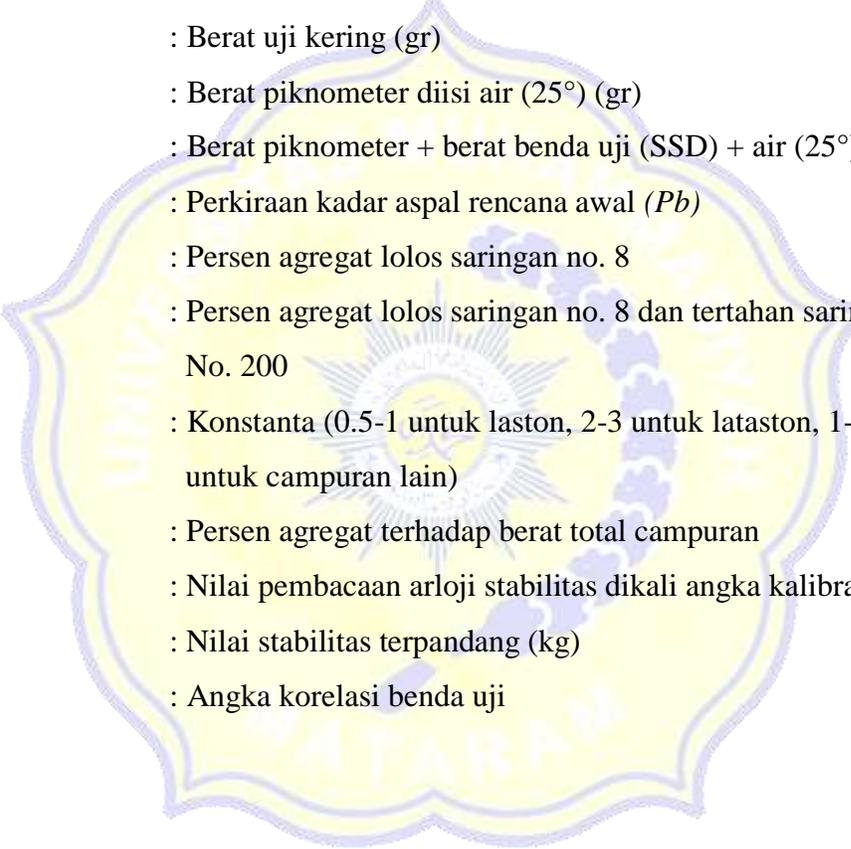
	Halaman
Gambar 2.1 Lapis perkerasan lentur	10
Gambar 3.1 <i>Mould</i>	34
Gambar 3.2 Bak pengaduk.....	34
Gambar 3.3 Penumbuk benda uji.....	35
Gambar 3.4 <i>Marshal test</i>	35
Gambar 3.5 Aspal.....	36
Gambar 3.6 Serbuk batu bata.....	36
Gambar 3.7 Agregat halus.....	37
Gambar 3.8 Agregat kasar.....	37
Gambar 3.9 Semen.....	37
Gambar 3.10 Minyak tanah.....	38
Gambar 3.11 Bagan alir penelitian.....	44
Gambar 4.1 Pengujian titik nyala dan bakar	48
Gambar 4.2 Kombinasi agregat variasi B1-S0.....	50
Gambar 4.3 Kombinasi agregat variasi B1-S1.....	51
Gambar 4.4 Kombinasi agregat variasi B1-S2.....	52
Gambar 4.5 Kombinasi agregat variasi B2-S0.....	53
Gambar 4.6 Kombinasi agregat variasi B2-S1.....	54
Gambar 4.7 Kombinasi agregat B3-S0	55
Gambar 4.8 Berat jenis campuran padat	60
Gambar 4.9 Kepadatan (<i>density</i>).....	60
Gambar 4.10 Pelelehan (<i>flow</i>).....	61
Gambar 4.11 Stabilitas.....	62
Gambar 4.12 MQ (<i>Marshall quotient</i>).....	63

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Data hasil penelitian	68
Lampiran 2 : Dokumentasi penelitian	75
Lampiran 3 : Lembar asistensi	81



DAFTAR NOTASI



<i>A</i>	: Berat benda contoh uji kering oven (gr)
Abu Batu (t200)	: Abu batu yang digunakan pada agregat halus adalah abu batu yang tertahan saringan No. 200
<i>B</i>	: Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)
<i>C</i>	: Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)
<i>Bk</i>	: Berat uji kering (gr)
<i>B</i>	: Berat piknometer diisi air (25°) (gr)
<i>Bt</i>	: Berat piknometer + berat benda uji (SSD) + air (25°) (gr)
<i>P</i>	: Perkiraan kadar aspal rencana awal (<i>Pb</i>)
<i>CA</i>	: Persen agregat lolos saringan no. 8
<i>FA</i>	: Persen agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan No. 200
<i>K</i>	: Konstanta (0.5-1 untuk laston, 2-3 untuk lataston, 1-25 untuk campuran lain)
<i>Ps</i>	: Persen agregat terhadap berat total campuran
<i>p</i>	: Nilai pembacaan arloji stabilitas dikali angka kalibrasi alat
<i>S</i>	: Nilai stabilitas terpendang (kg)
<i>q</i>	: Angka korelasi benda uji

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapisan jalan ialah sesuatu item yang sangat berpengaruh pada struktur konstruksi jalan guna menahan beban yang dimiliki oleh lalu lintas kendaraan. Ketersediaan jalan raya yang memadai tentu sangat diperlukan untuk mendukung aktifitas sarana transportasi. Konstruksi jalan raya sangat banyak yang tidak mampu bertahan dari kerusakan sesuai batas waktu layanan berakhir disebabkan meningkatnya volume lalu lintas yang bertambah banyak. Penelitian perlu dilakukan untuk mencari solusi yang memadai sesuai kualitas perkerasan jalan yang diinginkan dan menghindari rusaknya perkerasan jalan sebelum habis waktu layanan jalan, adanya retak,alur (dari roda alat transportasi) dan *bleeding*.

Di NTB jalan-jalan nasional maupun jalan daerah sudah memadai namun rentan terjadi kerusakan akibat curah hujan yang tinggi, pada musim penghujan yang tinggi kemungkinan kerusakan jalan yang diakibatkan akan sangat tinggi. Karna itu, Pemerintah pusat maupun daerah gencar melakukan berbagai perawatan jalan untuk menghindari hal tersebut.

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas sarana dan prasarana transportasi jalan raya yaitu dengan cara memodifikasi campuran pada perkerasan jalan yang berada diatas yang berhubungan langsung dengan alat transportasi yaitu lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).

Ada banyak penelitian sudah dibuat guna mengupayakan hasil yang dibutuhkan pada perkerasan jalan yang ada sekarang yaitu melakukan perubahan perilaku fisik dan kimiawi pada perkerasan jalan menggunakan cara mengganti suatu komponen bahan penyusun dengan bahan yang lainnya. Sudah banyak studi yang terus dikembangkan guna menghasilkan hasil perkerasan jalan dengan biaya yang sedikit, hasil yang memuaskan, sesuai waktu umur layanan dan diinginkan pemerintah bisa memperkecil biaya

pembuatan.

Dalam karya ilmiah ini peneliti mencoba memanfaatkan pecacahan partikel kecil limbah batu bata digunakan menjadi *filler* (pengisi) dan perbandingan penambahan *filler* semen dan serbuk batu bata dengan merencanakan proporsi jumlah yang digunakan masing-masing sampel. Banyaknya *filler* butiran halus batu bata sebanyak 1%, 2%, 3%, dan penambahan semen dan serbuk batu bata sebagai *filler* sebesar 1% semen 1% serbuk batu bata, 2% semen 1% serbuk batu bata, dan 1% semen 2% serbuk batu bata.

Alasan peneliti memakai pecahan batu bata adalah supaya limbah pecahan batu bata bisa dimanfaatkan yang bisa didapatkan dari bekas bongkaran bangunan yang sudah tak terpakai. Serta dengan mengidentifikasi beberapa permasalahan seperti keberadaan limbah batu bata yang belum terpakai, jumlah volume transportasi semakin bertambah yang menyebabkan campuran perkerasan jalan kualitasnya sangat rendah, banyaknya masyarakat yang membutuhkan sarana dan prasarana transportasi yang memadai, dan diharapkan bahan pengganti guna mendapatkan hasil perkerasan jalan yang bagus.

Kegiatan pengolahan barang yang tak terpakai iyalah suatu usaha kegiatan daur ulang yang bertujuan untuk mendapatkan sebuah produk yang bisa bernilai ekonomis, didalam penelitian ini pemakaiannya dalam konstruksi jalan raya. Peneliti menyusun skripsi yang berjudul pengaruh penambahan limbah batu bata sebagai pengganti sebagian *filler* terhadap nilai stabilitas Marshall laston (AC-WC)".

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan batu bata untuk bahan tambah *filler* terhadap nilai stabilitas *Marshall*?
2. Apakah nilai *Marshall* yang didapat dengan menggunakan bahan tambah serbuk batu bata sebagai pengganti *filler* dan semen dengan campuran batu bata yang digunakan menjadi *filler* sudah sesuai persyaratan Bina

Marga 2018 ditinjau dari kepadatan (*density*), pelelehan (*flow*), stabilitas, MQ (*Marshal quotient*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan batu bata sebagai bahan tambah *filler* terhadap nilai stabilitas *Marshall* campuran lapis aspal beton (laston) AC-WC.
2. Mengetahui hasil *Marshall* yang didapat dengan menggunakan bahan tambah batu bata sebagai *filler* memakai spesifikasi Bina Marga 2018 ditinjau dari kepadatan (*density*), pelelehan (*flow*), stabilitas, MQ (*Marshal quotient*).

1.4 Batasan Masalah

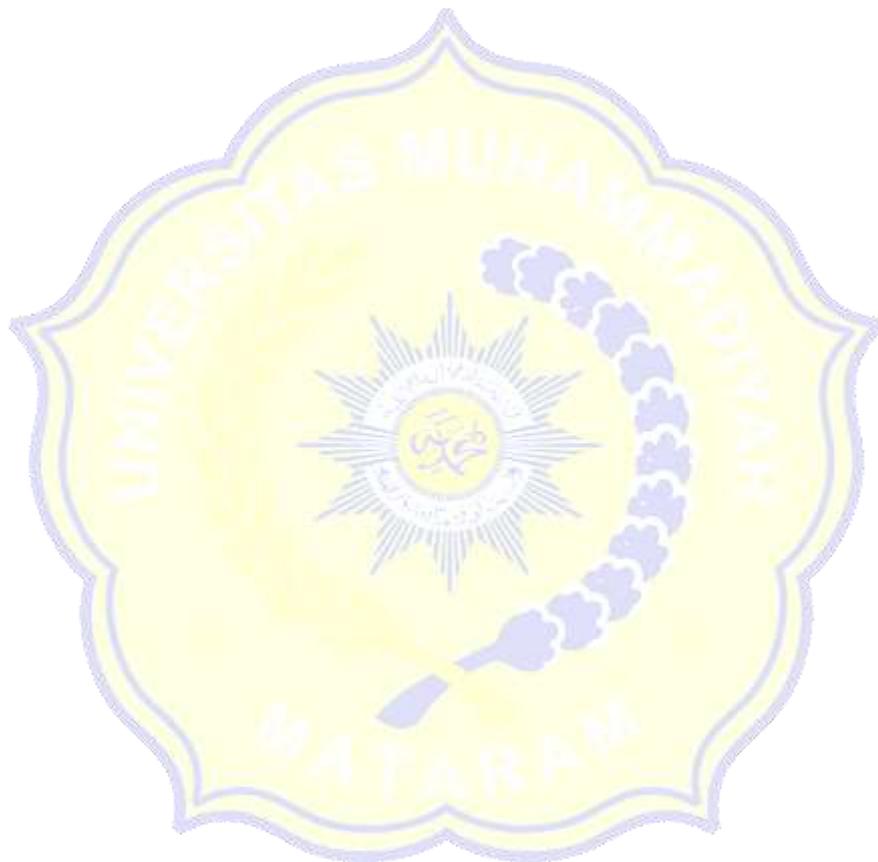
Batasan-batasan masalah :

1. Bahan pengisi (*filler*) yang dipakai yaitu lolos ayakan no. 200 (0,075 mm) yaitu hasil pecahan batu bata merah.
2. Persentase aspal yang dipakai ditentukan dengan perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb).
3. Lapis perkerasan aspal AC-WC menggunakan aspal dari pertamina dengan penetrasi 60/70.
4. Persyaratan Bina Marga yang digunakan adalah persyaratan Bina Marga 2018

1.5 Manfaat Penelitian

1. Secara teori
Setelah dilakukan penelitian, peneliti mengharapkan penelitian ini bisa dimanfaatkan untuk acuan penelitian-penelitian berikutnya berkaitan dengan lapis perkerasan jalan ataupun hal yang berkaitan dengan jalan raya dan bisa menjadi ilmu pengetahuan baru dalam ruang lingkup Teknik Sipil terlebih yang berhubungan erat pada perkerasan jalan.
2. Secara praktik
Dengan dibuatnya karya ilmiah ini, data yang diperoleh bisa dijadikan alternative penyelesaian dalam bidang konstruksi perkerasan jalan atau

bisa dijadikan ide baru untuk pemanfaatan limbah pecahan batu bata yang masih belum dimanfaatkan. Bisa digunakan untuk alternative mengatasi masalah berhubungan dengan kebutuhan mengenai ide baru dalam hal meningkatkan kualitas perkerasan struktur jalan memakai bahan yang bisa digunakan untuk campuran perkerasan jalan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian terdahulu

Penelitian yang berkaitan juga pernah dilaksanakan Nofrianto, & Hendra, (2014) melakukan penelitian tentang kajian campuran.panas agregat (AC-BC) dengan semen sebagai *filler* berdasarkan uji Marshall. Kajian ini memakai kadar aspal optimum sebesar 5,7% dan penggunaan semen untuk bahan pengisi *filler* sebanyak 0%, 2%, 3%, 4%. Dari kajian ini didapatkan yang menggunakan campuran aspal pen. 60/70 paling bagus yaitu dengan KAO 5.7% yang memakai semen sebanyak 2%, jika disbanding dengan kadar campuran yang lain, didapat nilai stabilitas yang tinggi.

Keawetan dapat memikul gesekan dengan kendaraan dengan permukaan aspal maupun keausan yang disebabkan cuaca. Fleksibilitas yang baik, campuran perkerasan penetrasi 60/70 yang menggunakan semen 2% bisa memikul lendutan yang disebabkan oleh berat volume lalu lintas dan pergeseran pondasi dengan tidak terjadi retak

Satya graham (2018) yang berjudul pengaruh penambahan limbah ban dalam bekas kendaraan dan *filler* limbah karbit pada laston (AC-BC) terhadap karakteristik Marshall. Kajian ini memakai kadar aspal optimum 6% yang memakai karbit untuk bahan pengisi sebanyak 6%, dan ban dalam bekas sebanyak 0%, 2%, 3%, 4%. Diproleh kesimpulan pada kajian ini yaitu pemakaian ban dalam bekas dan *filler* karbit dapat mempengaruhi karakteristik aspal dalam metode pengujian Marshall.

Semakin tinggi jumlah pemakaian ban karet bekas , maka semakin tinggi hasil VIM, VMA, stabilitas, MQ. Kepadatan, VFA, *flow* terjadi penurunan. Penggunaan yang bagus yaitu dengan kadar 3% yang mendapatkan kepadatan

2,23 gr/cc, VIM 6,62%, VMA 14,61%, VFA 54,81%, *flow* 3,23 mm, stabilitas 3071,37 kg, MQ 954,61 kg/mm. Pemakaian ban karet bekas dan *filler* karbit untuk karakteristik sudah dapat melengkapi Standar Bina Marga 2010.

Pramita (2018) melakukan kajian tentang pengaruh penambahan plastic PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan *filler* limbah karbit pada Laston (AC-BC) terhadap karakteristik Marshall. Pada kajian ini memakai kadar aspal optimum 6% menggunakan limbah karbit untuk bahan pengisi (*filler*) sebanyak 5%, dengan presentase limbah plastic sebesar 0%, 1%, 1,5%, 2%. Diproleh untuk hasil kajian, menerangkan pemakaian plastic dan *filler* limbah karbit berpengaruh terhadap karakteristik aspal dalam metode Marshall.

Semakin tinggi persentase plastik, akan menyebabkan peningkatkan hasil VIM, VMA, stabilitas dan MQ. Akan tetapi, VFA, *flow* akan menghasilkan nilai yang rendah. Pemakaian yang bagus iyalah dengan prosentase 1% yang mempunyai kepadatan 2,23 gr/cc, VIM 4,82%, VMA 14,58%, VFA 67,18%, *flow* 3,30 mm, stabilitas 3060,42 kg, MQ 936,79 kg/mm. Pemakaian plastic PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan *filler* limbah karbit untuk karakteristik sudah dapat melengkapi Standar Bina Marga 2010.

Kajian berikutnya untuk penyokong kajian ini iyalah Esentia (2014) yang berjudul pengaruh penggantian sebagian *filler* semen dengan kombinasi 40% serbuk batu bata dan 60% abu cangkang lokan pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC). Pada kajian ini menggunakan kadar aspal optimum 6%, 5,75%, 6,5% yang memakai perbandingan jumlah *filler* 100:0, 50:50, dan 0:100.

Pada pengujian karakteristik Marshall diproleh kesimpulan yaitu nilai stabilitas menjadi tinggi seiring pergantian *filler* serta stabilitas paling bagus diproleh pada perbandingan *filler* 0:100 (dengan memakai kapur dan silika yang banyak) sebesar 926,545 kg serta nilai VIM yang rendah sebanyak 3,226%.

Permaisuri (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan semen *Portland* dan *filler* serbuk batu bata pada Laston (AC-BC) terhadap karakteristik *Marsahall*. Kajian ini memakai KAO 6,5% dengan variasi serbuk batu bata 0%, 5%, 10%, 15%.

Pemakaian semen *portland* 2% pada prosentase *filler* serbuk batu bata 0%, 5%, 10% dan 15% berpengaruh terhadap nilai karakteristik *Marshall*. Disetiap penambahan kadar *filler* serbuk batu bata semua nilai dari pengujian *Marshall* mengakibatkan terjadinya perubahan. Variasi kadar *filler* serbuk batu bata juga mengakibatkan hasil dari analisis *Marshall*. Didalam penambahan semen *Portland* 2% dengan variasi *filler* serbuk batu bata 0% mempunyai nilai kepadatan (*density*), pelelehan (*flow*), MQ (*marshall quotient*) serta stabilitas paling tinggi. Semakin meningkat kadar *filler* serbuk batu bata maka nilai stabilitas, VFA (*void filled with asphalt*), VIM (*void in the mix*), VMA (*void in mineral aggregate*) dan pelelehan (*flow*) semakin meningkat. Sedangkan untuk MQ (*marshall quotient*) dan kepadatan (*density*) mengalami penurunan.

Rezi (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan abu vulkanik Gunung Rinjani sebagai pengganti *filler* untuk campuran Laston (AC-WC) dalam karakteristik *Marshall*. Penelitian ini memakai variasi bahan pengisi (*filler*) dengan kadar abu vulkanik Gunung Rinjani 1%, 2%, dan 3% terhadap berat keseluruhan agregat dan kadar aspal yang dipakai adalah 5,5%, 6% dan 6,5%.

Kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh ialah 6,2% dengan menggunakan variasi *filler* abu vulkanik 1%, 2%, dan 3%. Nilai yang didapat untuk stabilitas variasi 1% abu vulkanik yaitu 1038 kg, untuk variasi 2% yaitu 942 kg dan untuk variasi 3% yaitu 1107 kg. Dari hasil penelitian ini, didapat kadar aspal efektif dengan menggunakan abu vulkanik lebih tinggi dibanding menggunakan campuran bahan pengisip semen portland dan nilai stabilitas campuran aspal beton yang menggunakan abu vulkanik lebih rendah jika

dibandingkan nilai stabilitas campuran aspal beton yang menggunakan semen *portland*.

Wijaya (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan limbah serbuk arang batok kelapa sebagai bahan pengganti *filler* padalapisan AUS (AC-WC). Pengujian ini menggunakan kadar aspal 5,5%,6%,6,5% dengan kadar serbuk arang batok kelapa sebagai *filler* 1%,2%,3%.

Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai yang didapat pada uji *Marshall filler* serbuk arang batok kelapa memakai kadar aspal optimum sebesar 6,2% semua sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai *density/unit weight* tertinggi 2,485 terletak pada kadar *filler* 1%, nilai stabilitas tertinggi 1220 kg terdapat pada kadar *filler* 1%, nilai *flow* tertinggi 3,40 mm terdapat pada *filler* 2%, nilai MQ tertinggi 378 kg/mm terdapat pada pada kadar *filler* 3%, nilai VIM tertinggi 4,88% terdapat pada kadar *filler* 1%, nilai VMA nilai tertinggi 18,04% terdapat pada kadar *filler* 1% dan 2% , nilai VFB tertinggi 74,55% terdapat pada kadar *filler* 2%.

Kusdiyono, Supriyadi, Tedjo, & Sukoyo (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah plastik jenis *thermosetting* terhadap parameter Marshall Laston AC-WC. Penelitian ini memakai jenis aspal keras pen 60/70 menggunakan kadar pencampuran aspal beton campuran panas dengan limbah *plastic* 2%,4%,6%,8%,dan 10%.

Hasil dari penelitian ini *Density*, Stabilitas *Marshall*, Kelelehan (*Flow*), VIM, VMA, MQ dan Stabilitas *Marshall* sisa cenderung mengalami peningkatan, sedangkan nilai VFA dan VIM *refusual Density* cenderung mengalami penurunan. Sehingga limbah *plastic* dari jenis *Thermosetting* dapat dipergunakan sebagai pengganti sbagian agregat untuk campuran lapis aspal beton (Laston AC-WC) dalam kadar limbah *plastic* 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% pada kadar aspal optimum 5,55%.

2.1.2 Perkerasan jalan

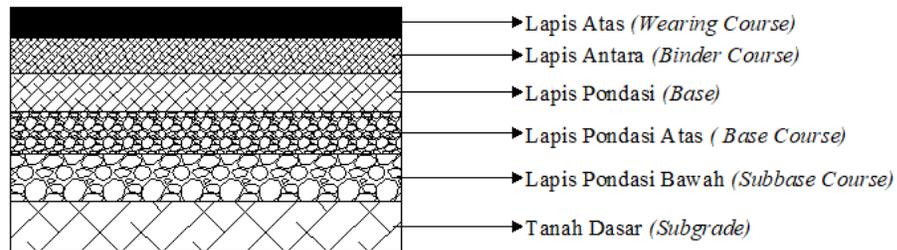
Dalam Sukirman (2003) menjelaskan bahwa, lapis perkerasan jalan yaitu lapisan aspal yang ada di atas tanah dasar dan yang dilalui oleh kendaraan bermotor, yang ada untuk pelayanan lalu lintas kendaraan, dan pada waktu layanannya diinginkan tidak ada rusak berat.

Dalam Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, didasarkan atas komposisi bahan yang menjadi pengikat, konstruksi perkerasan aspal bisa dikenali sebagai berikut:

1. Konstruksi perkerasan jalan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang memakai bahan aspal untuk dijadikan sebagai bahan pengikat. Pada lapisan perkerasannya berperilaku menahan dan mentransfer pembebanan yang diterimanya ke tanah dasar yang ada dibawahnya. Struktur perkerasan jalan lentur dibuat dengan cara berlapis seperti, lapis permukaan (*surface course*) ialah lapis atas dan lapisan antara. Lapis setelahnya kebawah yaitu lapis pondasi terdiri atas lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah. Lapis tersebut ditaruh pada permukaan tanah sebagai dasar yang sudah dipadatkan. Dari unsur lapis perkerasan yang dijelaskan diatas serta tanah dasar akan bersama-sama menahan berat yang terjadi akibat pembebanan pada struktur perkerasan jalan. Ketebalan konstruksi jalan dibuat semobilisasi hingga sampai pada batas kemampuan tanah dasar untuk menahan pembebanan pada struktur perkerasan jalan, boleh dibilang ketebalan rekayasa perkerasan jalan sangat bergantung terhadap keadaan ataupun kekuatan dukungan tanah dasar sebagai pondasi. Konstruksi perkerasan kaku, adalah perkerasan memakai bahan semen untuk digunakan sebagai pengikat. Pelat beton yang memakai tulangan atau tidak ditaruh pada permukaan tanah dasar yang memakai ataupun tidak menggunakan lapisan pondasi bawah. Pembebanan oleh beban lalu lintas sebagian banyak dicover dengan menggunakan pelat beton tersebut.

2.

3. Konstruksi pengerasan komposit, adalah pengerasan yang memadukan antara pengerasan lentur dengan pengerasan kaku yang bisa disusun seperti pengerasan lentur berada diatas pengerasan kaku, ataupun juga pengerasan kaku bisa berada diatas pengerasan lentur.



Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur

(Sumber:Sukirman, 1999)

2.1.3 Lapis aspal beton (Laston)

Mengutip pendapat Direktorat Jendral Bina Marga (1987) diacuan teknikNo. 13/PT/B/1987, lapisan aspal beton yaitu lapis konstruksi jalan yang merupakan campuran dari aspal keras dengan memakai ukuran gradasi terus berurutan, yang tercampu, dihamparkan, dan dengan dipadatkan pada suhu yang telah ditentukan.

Didalam persyaratan Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), Lapisan aspal beton (AC) dibagi menjadi tiga jenis campuran diantaranya AC Lapis Aus atau disebut (AC-WC), AC lapis Antara atau disebut (AC-Binder Course, AC-BC) dan AC Lapis Pondasi atau disebut (AC-Base) dan dengan ukuran agregat maksimum menggunakan 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Jenis campuran AC dengan menggunakan bahan aspal yang dirubah dengan menggunakan aspal alam disebut sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified* dan *AC-Base Modified*.

a. AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)

Asphalt concrete – wearing course adalah merupakan lapisan dari jenis lapisan AC yang sama seperti lapisan aspal beton AC-WC, AC-BC, dan AC-

Base yang tepat posisinya ditempatkan paling atas dan diperuntukkan untuk menjadi lapis aus. Lapis ini harus memiliki permukaan rata dengan memberikan kesan aman dan nyaman serta bisa memiliki kekesatan tinggi yang diperuntukkan untuk lapisan yang langsung terkena roda kendaraan.

b. *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)*

Asphalt concrete – binder course adalah lapis pengerasan jalan yang berada diatas lapis aspal pondasi atas dan ada dibawah lapis aspal aus. Lapis aspal AC-BC berfungsi untuk mentranfer beban lalu lintas yang dipikulnya dan diteruskan ke lapisan aspal pondasi atas yang menuju ke lapis selanjutnya. Lapis aspal AC-BC tidak langsung bersentuhan dengan cuaca, tapi diharuskan ada ketebalan dan kekakuan memadai untuk mencegah tegangan ataupun regangan yang diakibatkan oleh pembebanan lalu lintas yang disalurkan ke lapis selanjutnya yakni lapis *Base* dan lapis *Sub Grade*. Perilaku yang diperlukan dalam lapis campuran AC-BC yaitu terdapat pada nilai stabilitas.

c. *AC-Base (Asphalt Concrete - Base)*

Asphalt concrete – base adalah lapis pengerasan yang diposisikan setelah lapis aus (*AC-WC*), lapis antara (*AC-BC*) dan diatas lapis pondasi bawah. Lapis ini berguna untuk menyokong dan menerima beban kendaraan yang diteruskan oleh lapisan yang berada diatasnya dan dilanjutkan kelapisan di bawahnya yaitu lapis pondasi bawah. Ketentuan sifat dari lapis aspal beton *AC-WC*, *AC-BC*, dan *AC-Base* yang dapat dilihat dalam persyaratan Bina Marga 2018 yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1. Syarat dari karakter campuran laston modifikasi

Sifat-sifat campuran		Lapis aspal beton (laston)		
		Aus	Antara	Pondasi
Banyak tumbukan perbidang		75		112
Rasio partikel lolos saringan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks.	1,2		
Celah didalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Celah didalam agregat (%)	Min	15	14	13
Celah terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) sesudah direndam 24 jam, pada suhu 60 ^o C	Min	90		
Celah dalam campuran (%) saat kepadatan membal	Min	2		
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min	2500		

(Sumber: Persyaratan Umum Bina Marga 2018)

Ada tujuh perilaku hasil campuran yang perlu dipenuhi oleh laston yaitu pada Sukirman, 2003:

- a. Stabilitas adalah ketahanan campuran aspal guna berfungsi memikul deformasi dari berat sendiri konstruksi jalan dan beban berulang yang tidak mengakibatkan terjadinya runtuh pada konstruksi perkerasan

(plastic flow). Konstruksi Jalan yang mempunyai kepadatan volume lalu lintas harian rata-rata yang tinggi dan yang sebagian banyaknya adalah transportasi berat mengharuskan nilai stabilitas yang tinggi bila dibandingkan jalan yang mempunyai volume lalu lintas harian rata-rata yang hanya dipengaruhi volume kendaraan sedang. Nilai stabilitas yang diakibatkan oleh geseran antar butiran, penguncian antar partikel serta ikatan yang bagus dari lapis aspal. Dengan cara tersebut maka didapatkan nilai stabilitas yang tinggi dengan mengupayakan pemakaian: agregat berukuran senjang, rapat, dan punya celah diantara butir agregat VMA yang kecil. Tetapi dengan hasil VMA yang kecil akan mengakibatkan pada penggunaan aspal yang berlebihan akan mengakibatkan adanya *bleeding* akibat aspal yang belum selimuti agregat dengan sempurna.

- b. Durabilitas adalah kemampuan aspal untuk tidak terpengaruh oleh cuaca, air, perubahan suhu, ataupun keausan yang diakibatkan sentuhan dengan roda transportasi. Durabilitas lapis aspal beton diakibatkan karena ketebalan film atau tebal selimut pada aspal, kekesatan dan kedekatan air pada campuran. Banyaknya pori yang ada pada campuran sesudah dipadatkan, menjadikan durabilitas laston menjadi turun. Semakin banyak lubang pori tersisa akan mengakibatkan air semakin kedap dan terjadi peningkatan udara yang ada didalam campuran laston, dapat mengakibatkan gampang lapisan selimut aspal beroksidasi serta semakin cepat getas, dan durabilitasnya rendah. Untuk menggapai kualitas yang baik pada campuran maka dibutuhkan celah pada campuran VIM yang kecil, karena dengan cara begitu jumlah udara yang masuk tidak banyak yang bisa menyebabkan campuran cepat rapuh. Hal lainnya yang dibutuhkan yaitu nilai VMA yang tinggi, yang akan mengakibatkan agregat terselimuti aspal dengan baik.
- c. Fleksibilitas (kelenturan) adalah ketahanan lapis perkerasan dalam mengikuti perubahan bentuk yang disebabkan oleh pembebanan lalu lintas secara terus

menerus tanpa adanya keretakan dan oleh penurunan yang disebabkan beban tetap yang ditimbun di atas tanah perletakan konstruksi jalan tersebut. Supaya dapat memenuhi nilai kelenturan yang memadai maka diperlukan nilai VMA yang tinggi, nilai VIM kecil, serta penggunaan aspal penetrasi tinggi atau bisa menggunakan ukuran agregat gradasinya terbuka.

- d. Kekesatan (*skidresistence*) adalah perilaku pengerasan aspal menjadi cukup kesat sehingga sarana transportasi yang melaluinya tidak terjadi *slip*, untuk saat lalu lintas basah atau kering. Aspek-aspek yang bisa diusahakan atau supaya mendapatkan kekesatan yang tinggi adalah yaitu sama dengan menjadikan nilai stabilitas tinggi, yaitu mengushakan kekasaran pada permukaan dari butiran agregat, area sentuhan pada permukaan butiran agregat, ukuran agregat, padatnya campuran, dan tebalnya aspal. Dimensi gradasi yang tinggi butiran agregat juga ikut mempengaruhi kekesatan pada permukaan. Supaya memperoleh kekesatan yang diinginkan bisa digunakan proporsi aspal yang tepat supaya tidak mengakibatkan *bleeding*, dan pemakaian agregat diperhitungkan supaya cukup.
- e. Kedap air (*impermeabilitas*) adalah ketahanan aspal beton yang terhindar atau tidak dimasuki oleh air atau udara ke dalam campuran. Percepatan waktu penuaan aspal dapat disebabkan oleh masuknya air dan udara pada campuran, dan terkelupasnya selimut pada aspal yang juga disebabkan oleh permukaan agregat. Jumlah pori yang ada bisa menjadi indikator kedap air pada campuran pada saat campuran aspal beton dipadatkan. Semakin tinggi kedap air pada aspal beton maka durabilitasnya akan menurun.
- f. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*) adalah ketahanan aspal pada saat mengalami pembebanan berulang tanpa terjadinya kerusakan atau retakan.
- g. *Workabilitas* adalah proses pencampuran atau pembuatan yang mudah.

Aspek-aspek yang menyebabkan mudahnya proses tersebut ialah seperti ukuran agregat, agregat yang berukuran bagus akan lebih mudah diproses dalam pengerjannya, dan jenis dan jumlah *filler* yang dipakai, jika *filler* digunakan terlalu banyak bisa mempersulit pada saat waktu pengerjaan.

2.1.4 Bahan untuk pembuatan campuran laston

Untuk bahan pembuatan aspal beton digunakan agregat kasar, agregat halus, aspal, serta *filler*. Didalam proses rencana pengerasan jalan, bahan yang digunakan sebagai bahan pembuatan aspal sangat diutamakan didalam proses perencanaan dan analisis. Hal ini disebabkan karena pemilihan bahan material pembuatan aspal beton yang tepat bisa mempengaruhi kekuatan perkerasan jalan. Penjelasan mengenai bahan pembentuk aspal beton akan dijelaskan seperti berikut:

1. Aspal

Aspal merupakan bahan material yang bersifat *thermoplastic* yang mengeras bila terkena temperature rendah dan mencair bila terkena temperature tinggi. Perilaku aspal terhadap perubahan suhu temperature disebut kepekaan terhadap temperature, hal semacam itu terjadi karena adanya bahan kimiawi didalam campuran aspal walau kemungkinan mempunyai nilai penetrasi serta viskositas dalam suhu tertentu. Bersamaan dengan agregat, aspal adalah bahan penyusun yang ada dalam campuran struktur perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Pada saat berada dalam temperature ruang aspal akan bersifat *thermoplastic*, yang menyebabkan aspal dapat mencair jika dipanaskan dalam keadaan suhu tertentu dan akan kembali mengeras pada saat suhu turun. Komposisi jumlah aspal pada campuran berkisar antara 4-10% jika dilihat dari berat campuran, atau 10-15% jika dilihat dari volume campuran (Sukirman, 2003).

Aspal adalah unsure hidokarbon bersifat kompleks, akan sangat susah

memisahkan molekul-molekul yang ada dalam kandungan aspal. Pada setiap penyuplai hasil minyak bumi juga mendapatkan hasil molekul yang berbeda-beda. Bahan penyusun aspal yang berupa *Asphaltenes* dan *Metanes*. *Asphaltenes* adalah material berwarna hitam atau coklat tua yang sangat susah larut dalam *Heptane*. *Maltenes* bisa larut didalam *Heptane*, adalah cairan resin dan minyak yang bersifat kental. Resin adalah cairan kental yang terlihat berwarna kuning atau coklat tua yang menyebabkan perilaku *adhesi* yang ada pada aspal bisa menyebabkan aspal mudah hilang yang akan mempengaruhi waktu pelayanan jalan menjadi berkurang (Sukirman, 1999). Aspal yang dipakai menjadi material perkerasan jalan berguna sebagai:

- a. Bahan pengikat, aspal menjadikan perekat yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal dengan aspal.
- b. Bahan pengisi, aspal berguna juga sebagai bahan pengisi pada rongga-rongga yang tidak terisi oleh butiran-butiran lainnya.

2. Agregat

Didalam ASTM tahun 1995, menjelaskan bahwa batuan tersusun atas suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, bentuknya bisa berfragmen dan masanya besar. Agregat dibedakan menjadi dua atas dasar pembentukannya yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, didasarkan waktu pembentukannya, dibedakan lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan *metamorf*.

Selain itu juga agregat dapat dibedakan melalui ukuran butirannya yang dijelaskan menurut Bina Marga Tahun 2018 seperti berikut:

a. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai butiran tajam, kuat dan keras. Agregat kasar bersifat kekal, sulit rusak atau pecah jika terpengaruh cuaca. Agregat kasar diharuskan tidak boleh mempunyai kadar lumpur (partikel yang melalui saringan dengan diameter 0,060 mm)

tidak boleh lebih dari 1% diharuskan kerikil dalam keadaan bersih telah dicuci. Agregat kasar ini tidak diizinkan mempunyai zat yang bersifat organik dan mengandung bahan alkali yang bisa menyebabkan kerusakan pada campuran. Golongan agregat kasar yang digunakan sebagai bahan campuran adalah fraksi yang tidak melewati ayakan No.4 (4,75 mm), diharuskan ada butiran besar yang bagus yang akan menyebabkan rongga pada campuran menjadi sedikit.

Agregat kasar dapat dikatakan bagus jika tidak mempunyai kandungan garam. Agregat kasar tersebut diperuntukkan sebagai bahan campuran pada perkerasan supaya mendapatkan hasil campuran yang stabil serta tahan *slip* yang tinggi yang akan menjamin ketahanan dan keamanan pada struktur perkerasan. Agregat kasar yang memiliki struktur butiran berbentuk bulat akan memudahkan proses pemadatan tetapi hasil campuran akan memiliki nilai stabilitas yang rendah, namun agregat yang yang mempunyai bentuk akan sulit dalam proses pemadatan akan tetapi memiliki nilai stabilitas bagus.

Tabel 2.2. Persyaratan untuk uji agregat kasar

Uji		Acuan	(%)	
Kekuatan bentuk Agregat untuk larutan	Natrium, sulfat	SNI 3407:2008	Maks (12)	
	Magnesium, sulfat		Maks (18)	
Abrasi menggunakan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	SNI 2417:2008	Maks (6)	
			100 Putaran	
			500 Putaran	Maks (30)
			100 Putaran	Maks (8)
	Campuran aspal Bergradasi lain		500 Putaran	Maks (40)
Kelkatan agregat untuk aspal		SNI 2439:2011	Min (95)	
Butir pecah untuk agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90	
Butiran pipih dan lonjong		ASTM D4791-10	Maks (10)	
Material lewat saringan (No.200)		SNI ASTM C117:2012	Maks (1)	

Persyaratan Bina Marga 2018

b. Agregat halus

Agregat halus boleh digunakan dari sumber bahan mana saja, agregat halus ini berupa pasir dan dan batu pecah yang telah disaring dan tidak melewati saringan no.4 (4,75.mm). Agregat ini harus berupa bahan yang bersih, keras, bebas. dari lempung, atau bahan yang dibolehkan.

Tabel 2.3. Syarat untuk uji agregat halus

Uji	Acuan	(%)
Nilai yang sama dengan pasir	SNI03-4428- 1997	Min(50)
Angularitas pada uji kadar rongga	SNI03-6877- 2002	Min(45)
Gumpalan lempung dan butiran Tidak sulit pecah dalam agregat	SNI03-4141- 1996	Maks(1)
Agregat lewat saringan (No. 200)	SNI ASTM C117: 2012	Maks(10)

Peraturan umum Bina Marga 2018

c. Bahan yang digunakan sebagai *filler*

Filler atau bahan pengisi adalah unsure bahan yang berbentuk butiran halus lolos saringan no.200 (0,075 mm) yang dijadikan sebagai pengisi pada campuran lapis perkerasan jalan. Bahan yang digunakan sebagai *filler* harus mempunyai sifat kering, tidak memiliki menggumpalan jika disaring dengan penyaringan sesuai persyaratan SNI 03-1968-1990 diharuskan mempunyai jumlah yang lewat saringan Nomor 200 (75 micron) minimal 75% dari beratnya.

2.1.5 Gradasi agregat

Gradasi ialah ukuran susunan butir agregat yang sama kesenjangan butirannya. Ukuran butir agregat didapatkan dari hasil melalui saringan (Sukirman,2003). Besarnya rongga pori didalam campuran agregat bisa dicari melalui pengecekan gradasi agregat.

Agregat campuran yang berpori banyak diakibatkan oleh agregat yang bergradasi sama, dikarenakan tidak adanya agregat yang lebih kecil untuk mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Jika sebaliknya ukuran gradasi agregat tersedia dari yang terbesar sampai yang terkecil secara berurutan, maka

rongga-rongga yang tersisa oleh agregat yang lebih besar akan diisi oleh agregat yang gradasinya lebih kecil sehingga pori-pori didalam campuran perkerasan aspal menjadi lebih sedikit.

Gradasi agregat bisa dinyatakan setelah dilakukannya proses pengayakan dan dapat dilihat hasil prosentase agregat yang tertahan saringan. Gradasi agregat ditentukan dari hasil prosentase agregat yang tertahan saringan dan lolos saringan yang dihitung dari perosentasenya. Perosentase ini didapatkan dengan cara mencari berat agregat yang tertahan dan lolos saringan, Gradasi agregat bisa diklasifikasikan menjadi :

1. Agregat bergradasi seragam

Agregat bergradasi seragam merupakan jenis agregat yang berukuran hampir sama dikarenakan memiliki kesenjangan ukuran yang tidak jauh beda. Gradasi seragam dikatakan juga sebagai gradasi terbuka (*open graded*), sebab hanya sedikit mengandung agregat yang lebih halus yang menyebabkan terjadinya rongga udara didalam campuran. .Campuran aspal yang dibuat dengan menggunakan agregat ini memiliki sifat *porous* atau mempunyai nilai permeabilitas tinggi, memiliki nilai stabilitas yang rendah serta berat isi yang sedikit.

2. Agregat bergradasi rapat

Agregat bergradasi rapat merupakan agregat yang bergradasi kasar hingga halus, jenis gradasi ini sering disebut sebagai gradasi menerus (baik). Campuran yang pakai gradasi rapat ini akan menghasilkan campuran yang sangat baik terhadap hasil nilai stabilitas, kedap air dan mempunyai berat isi lebih besar.

3. Agregat bergradasi senjang

Agregat bergradasi senjang merupakan gradasi agregat yang memiliki kesenjangan ukuran agregat tidak lengkap atau bisa dikatakan kesenjangan jumlah pada gradasinya tidak banyak.

Menurut praturan umum yang dikeluarkan oleh Kementrian Pekerjaan

Umum Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 2018, pemkaian agregat untuk masing-masing lapisan perkerasan ukuran agregatnya disesuaikan terhadap jenis lapisan perkerasannya.

2.1.6 Batu bata

Bata adalah batu yang dibentuk untuk keperluan arsitektur seperti membuat dinding. Bahan dasar pembentuk bata merah ini memiliki sifat plastis. Tanah liat ini digunakan sebagai bahan dasar pembentuk bata merah hingga mengeras seperti batu pada proses pembakaran suhu tinggi di atas 800 °C (Wulandari, 2011).

Pengertian bata menurut SNI 1520942000 adalah bahan bangunan prismatik padat atau berongga dengan volume rongga maksimum 15% dan diperuntukan untuk konstruksi dinding bangunan yang terbuat dari tanah liat atau tidak dicampur bahan tambahan dipanggang pada suhu kamar.

Banyak penelitian yang menggunakan batu bata sebagai pengisi pada perkerasan jalan dan dalam konstruksi bangunan beton karena kekerasan dan kuat tekannya. Batu bata mengandung lebih dari 70% SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃, menjadikannya posolanas aktif (Widodo, 2004).

Cetakan bata perlu distandarisasi karena merupakan kebutuhan mutlak dan acuan penting bagi daerah, khususnya industri Indonesia. Sebagaimana dijelaskan oleh International Organization for Standardization (ISO), standardisasi adalah proses pembuatan dan penerapan peraturan untuk melaksanakan tugas untuk kepentingan dan kolaborasi semua pemangku kepentingan secara teratur. Status fungsional dan peraturan keselamatan.

2.1.7 Semen portland

Semen portland dibentuk dari batu gamping (limestone) dan mineral lainnya, dan setelah dicampur dan dibakar dalam kiln, material tersebut berbentuk bubuk. Ketika dicampur dengan air, reaksi kimianya mengerasakan bubuk dan membentuk ikatan yang kuat (Putrowijoyo, 2006).

Menurut SNI 1520492004, Semen Portland adalah semen hidrolis yang

diperoleh dengan menggiling terak semen Portland, terutama dari kalsium silikat, yang bersifat hidrodinamik dan berupa satu atau lebih senyawa kristal kalsium sulfat, dapat ditumbuk dengan bahan tambahan dan dicampur dengan bahan lain. aditif. Tabel 2.5 menunjukkan senyawa semen Portland.

Tabel2.5. Bhan-bahan semen Portland

No.	Oksidasi	Lambang	Kode	Presentase
1.	Calcium Oxide	CaO	C	60-65
2.	Magnesium Oxide	MgO	M	0-5
3.	Alumunium Oxide	Al ₂ O ₃	A	4-8
4.	Ferrie Oxide	Fe ₂ O ₃	F	2-5
5.	Sillicon Oxide	SiO ₂	S	20-24
6.	Sulfur Oxide	SI ₃	S	1-3

Putrowijoyo, 2006

Jenis semen portland yang digunakan dalam konstruksi merupakan salah satu faktor penyebab kuat tekan beton. Dalam hal ini, Anda perlu mengetahui jenis semen yang terstandarisasi di Indonesia. Menurut SNI 1520492004, semen portland dibedakan menjadi lima jenis.

1. Tipe I - *Ordinary Portland Cement*

Semen yang sering dipakai, tidak perlu peraturan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).

2. Tipe II - *Moderate Sulphate Cement*

Semen untuk beton dengan ketahanan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.

3. Tipe III - *High Early Strength Cement*

Semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (fast curing).

4. Tipe IV – *Low Heatof Hydration Cement*

Semen untuk beton yang membutuhkan panas hidrasi yang rendah dan

kekuatan awal yang rendah.

5. Tipe V - *High Sulphate Resistance Cement*

Semen untuk beton kuat di bawah kondisi sulfat tinggi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengujian gradasi

Tes batuan digunakan untuk menentukan jenis atau sifat agregat yang diperoleh dari penambangan Stone Crusher (Rock Splitter). Gradasi atau celah butir adalah distribusi ukuran agregat. Distribusi ini dapat dibagi menjadi tiga jenis: grade gap, grade kontinu, dan grade seragam. Untuk mendapatkan ukuran ini, pengujian dilakukan dengan analisis pengayakan yang memenuhi standar BS 812, ASTM C33, C 136, ASHTO T.26, atau nasional Indonesia.

Pengujian ini sebenarnya harus dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran aspal bata/sampel yang digunakan sebagai acuan untuk pengerjaan aspal di lokasi proyek. Data untuk eksperimen penilaian ini akan diambil nanti di bagan amplop. Bagan ini menentukan persentase konfigurasi tertentu yang tersedia. Gradien screen/ayakan ini tidak sama dengan gradasi tanah dan gradasi lapisan granular, tetapi ukuran gradien aspal adalah 1,5 inchi, 1 inchi, 3/4 inchi, 1/2 inchi, 3/8 dari maksimum ke minimum. , #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200

2.2.2 Berat jenis agregat

Data dari tes lab dianalisis menggunakan rumus berikut:

A. Berat jenis

a) Berat jenis agregat kasar digunakan rumus berikut ini.

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

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

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

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

dengan,

Bulk = Berat jenis agregat

SSD = Berat jenis kering permukaan agregat

APPT = Berat jenis semu agregat

A = berat agregat uji kering oven (gr)

B = berat agregat uji kering permukaan jenuh (gr)

C = berat agregat uji kering permukaan jenuh didalam air
(gr)

b) Berat jenis agregat halus & *filler* dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

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

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

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

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

dengan,

Bulk = Berat jenis agregat

SSD = Berat jenis kering permukaan agregat

APPT = Berat jenis semu agregat

500 = Berat benda uji (gram)

Bk = Berat uji kering (gram)

B = Berat piknometer diisi air (25°C) (gram)

Bt = Berat piknometer + berat benda uji (*SSD*) + air
(25°C)(gram)

c) Berat jenis total dry (*U*)

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_jBulk}\right) + \left(\frac{b}{B_jBulk}\right) + \left(\frac{c}{B_jBulk}\right) + \left(\frac{d}{B_jBulk}\right)} \dots\dots\dots(2.9)$$

d) Berat jenis efektif semu (V)

$$V = \frac{100}{\left(\frac{a}{B_{jaApp}}\right) + \left(\frac{b}{B_{jaApp}}\right) + \left(\frac{c}{B_{jaApp}}\right) + \left(\frac{d}{B_{jaApp}}\right)} + \frac{Bj. Tot. Dry}{2} \dots\dots\dots (2.10)$$

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

2.2.3 Perkiraan kadar aspal rencana awal (Pb)

Perkiraan kadar aspal rencana awal dipakai untuk mencari kadar awal aspal untuk selanjutnya akan dipakai untuk penelitian di laboratorium, fungsinya untuk mendapatkan kadar aspal yang akan digunakan untuk perencanaan di lapangan. Kadar aspal rencana awal (Pb) yang didapatkan memakai rumus sesuai spesifikasi umum Bina Marga, 2018 sebagai berikut :

$$P = 0.035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0.18 (\%filler) + K \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan,

P = Perkiraan kadar aspal rencana awal

CA = Persen agregat tertahan ayakanno.8

FA = Persen agregat lolos ayakanno.8 dan tertahan ayakanno.200

Filler = Persen agregat minimal 75% lolos ayakanno.200

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

2.2.4 Pengujian Marshall

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Marshall. Konsep pengujian Marshall diusulkan oleh Bruce Marshall, seorang insinyur jalan raya di Jalan Raya Negara Bagian Mississippi. Pada tahun 1948, Fakultas Teknik AS berusaha menambahkan beberapa kriteria, terutama kriteria struktur campuran, ke dalam prosedur pengujian. Sejak itu, tes ini telah digunakan secara luas oleh berbagai kelompok dan pemerintah di banyak daerah, dengan beberapa perubahan pada prosedur dan interpretasi hasil. Agar dapat menghasilkan beton aspal yang berkualitas baik, perlu dipastikan karakteristik

campuran beton aspal dalam proses perancangan campurannya. Acuan Teknis No. 025 / T / BM / 1999 Kinerja campuran aspal dipengaruhi oleh campuran volumetrik (padatan) yang terdiri dari:

A. Berat jenis *bulk* campuran padat

Berat jenis *bulk* campuran padat yaitu berat jenis *bulk* sesudah pemadatan. Berat jenis *bulk* campuran padat bisa dihitung memakai persamaan berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots \dots \dots (2.12)$$

dengan

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah kompresi, (gr / cc)

V_{bulk} : Volume campuran setelah kompresi, (cc)

W_a : Berat udara, (gr)

B. Kepadatan (*density*)

Densitas adalah tingkat densitas campuran setelah dikompresi. Nilai densitas dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{(W_{mssd} - W_{mpw})} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

dengan,

W_m : Berat sampel setelah kompresi (gr)

W_{mssd} : Berat benda uji SSD setelah kompresi (gr)

W_{mpw} : Berat benda uji dalam air setelah kompresi (gr)

C. Pelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah deformasi vertikal dari beban awal hingga penurunan keadaan stabil, dan menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat penyerapan beban yang diterima. Nilai aliran ditunjukkan dalam mm atau 0,01 inci. Nilai aliran ditentukan oleh kadar aspal, viskositas aspal, grade partikel, kompresi, dan temperatur.

D. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapisan perkerasan untuk menopang beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen (permanen deformasi) seperti kerut, bekas roda, atau bleeding. Nilai stabilitas disebabkan oleh agregasi atau penetrasi aspal, kandungan aspal, gesekan internal, sifat interlocking agregat, bentuk dan tekstur permukaan, dan grade batuan.

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan jam stabilitas selama pengujian menggunakan alat Marshall. Kemudian perlu dicocokkan dengan nomor kalibrasi cincin uji dalam pound atau kilogram untuk memperbaiki koefisien korelasi untuk ketebalan benda uji. Di bawah ini adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas.

$$S = p \times q \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan,

S : Nilai stabilitas, (kg)

p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q : Angka korelasi tebal benda uji (sampel)

E. Marshall quotient (MQ)

Marshall quotient (MQ) yaitu hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Berikut persamaan untuk mencari nilai *marshall quotient*:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan,

MQ : Nilai marshall quotient, (kg/mm)

S : Nilai stabilitas, (kg)

F : Nilai flow, (mm)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain

Penelitian eksperimental ini dilakukan di laboratorium Balai Pengujian Bahan Bangunan Kementerian Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Nusa Tenggara Barat. Secara umum, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh penggunaan bahan pengisi semen portland dan serbuk batu bata terhadap nilai uji Marshall. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Marshall. Peneliti bereksperimen dengan nilai stabilitas Marshall dengan menambahkan semen Portland dan pengisi bubuk bata di Ruston (ACWC).

Dihasilkan sembilan sampel, masing-masing 3 sampel mengandung serbuk batu bata dengan perbandingan B1% S0%, B2% S0%, dan B3% S0%, dan 9 sampel mengandung serbuk batako dan bahan tambahan semen. Benda uji dengan share B1% S1%, B1% S2%, dan B2% S1% masing-masing tiga benda uji.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian secara bertahap yang terdiri dari pengujian aspal, pengujian batuan, dan pengujian campuran dengan menggunakan metode Marshall. Pengujian agregat kasar meliputi evaluasi agregat, densitas, dan penyerapan. Uji gradasi dan densitas dilakukan pada agregat halus dan filler. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik pengapian, dan berat jenis aspal. Kemudian uji campuran Anda menggunakan alat yang disebut Pengujian Marshall. Pengujian dengan alat uji Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dari Marshall yang diproduksi. Apakah akan menggunakan semen Portland dan aditif berbentuk batu bata hancur sebagai pengisi atau tidak. B. Kepadatan, likuiditas, stabilitas, dan MQ (MQ, Marshall quotient).

Nomor sampel dari setiap variasi konten pengisi tercantum dalam tabel berikut.

Tabel3.1. Kode notasi dan jumlah benda uji

No.	Notasi BendaUji	Jumlah	Kadar	
			Serbuk Batu Bata	Semen
1.	B1-S0	3	1%	0%
2.	B1-S1	3	1%	1%
3.	B1-S2	3	1%	2%
4.	B2-S0	3	2%	0%
5.	B2-S1	3	2%	1%
6.	B3-S0	3	3%	0%

Keterangan:

B1-S0 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 1%, semen 0%

B1-S1 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 1%, semen 1%

B1-S2 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 1%, semen 2%

B2-S0 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 2%, semen 0%

B2-S1 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 2%, semen 1%

B3-S0 = Sampel dengan kadar serbuk batu bata 3%, semen 0%

3.2 Alat Penelitian

Alat penelitian adalah perangkat yang digunakan untuk mendukung pelaksanaan proses pengujian. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat pengujian agregat

a. Satu set alat pengujian gradasi

Set filter adalah filter berdiameter 25 mm (1 inci). 19.1mm (3/4 inci); 12.5mm (1/2 inci); 9.5mm (3/8 inci); 4.75mm (# 4); 2.36mm (# 8);

1.18mm (# 16); .600mm (#30); 0,300mm (#50); 0,150mm (#100); 0,075mm (#200). Semua layar berjenjang dari yang terkecil di bagian bawah hingga yang terbesar di bagian atas.

b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan

Berbagai penguji kepadatan dan absorbansi seperti oven, timbangan, pelat seng, penguji SSD (keadaan kering permukaan jenuh), gelas ukur, dll.

2. Alat pengujian aspal

Alat-alat yang digunakan untuk pengujian aspal antara lain berbagai pengujian kepadatan aspal, pengujian penetrasi, pengujian titik nyala dan penyalan, dan berbagai titik lembek.

a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

Alat yang digunakan untuk menguji kepadatan aspal antara lain alat berikut:

1) Neraca *o`hauss*

Neraca *o`hauss* ialah alat ukur massa benda menggunakan ketelitian 0,01 gram. Prinsip kerja neraca ini buat sekedar membanding massa benda yg akan dikur menggunakan anak timbangan.

2) *Picnometer* labu

Piknometer piston adalah wadah kaca oval berbentuk lingkaran dengan tanda pembatasan air yang digunakan untuk mengukur berat jenis aspal.

b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal antara lain alat-alat sebagai berikut:

1) *Stopwatch*

Durasi proses penetrasi dihitung menggunakan *stopwatch*.

2) Penetrometer

Jarum entry meter adalah alat yang digunakan untuk menguji penetrasi aspal. Alat ini memiliki jarum yang digunakan untuk

menembus aspal padat dan mengukur nilai penetrasinya. Untuk menguji nilai penetrasi aspal, tekan tombol di bagian atas jarum dan turunkan jarum. Nilai penetrasi aspal ditunjukkan dengan angka jarum jam penetrasi atas.

Penetrometer yang bisa melepas pemegang jarum untuk berpindah secara vertical tanpa sentuhan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum kedalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat. Berat pemegang jarum 47,5 gram \pm 0,05 gram. Berat total pemegang jarum beserta jarum 50 gram \pm 0,05 gram. Pemegang jarum disyaratkan mudah dilepas dari penetrometer untuk kebutuhan pengecekan berat. Penetrometer harus mempunyai waterpass supaya memastikan posisi jarum tegak (90°) ke permukaan. Berat beban 50 gram \pm 0,05 gram dan 100 gram \pm 0,05 gram sehingga bisa digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang dibutuhkan (SNI06-2456-1991).

3) Jarum penetrasi

Jarum penetrasi harus dari bahan stainless steel dan tahan lama, grade 440 C atau setara HRC 54-60. Panjang jarum standar sekitar 50 mm, tetapi panjang jarum panjangnya sekitar 60 mm (2,4 inci). Diameter jarum berkisar dari 1,00 mm hingga 1,02 mm. Ujung jarum berbentuk kerucut terpotong, dengan sudut berkisar antara $8,7^\circ$ hingga $9,7^\circ$. Ujung jarum harus sejajar dengan permukaan lurus yang tidak melebihi 0,2 mm.

Diameter ujung kerucut terpotong dari 0,14 mm menjadi 0,16 mm dan berada di tengah sumbu jarum. Ujung jarum harus tajam, tajam dan halus. Panjang bagian jarum standar yang terlihat harus 40-45 mm dan panjang jarum harus 50 mm-55 mm (1,97" ~ 2,17"). Berat jarum adalah 2,50g \pm 0,05g. Jarum tembus yang digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria di atas, berikut hasil pengujian dari pihak

yang bersertifikat (SNI 0624561991).

4) Cawan

Cangkir digunakan untuk menempatkan aspal padat. Dalam SNI-2456-2011: 3, cawan terbuat dari logam berbentuk silinder atau kaca.

c. Alat-alat pengujian titik lembek aspal

Alat yang digunakan untuk menguji titik lembek aspal antara lain alat sebagai berikut:

1) Termometer

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu. Pengujian ini menggunakan termometer untuk mengukur suhu aspal yang menguji titik lembek.

2) Cincin penguji

Kapasitas cincin uji adalah 45 gram. Letakkan aspal dan bola baja menggunakan dua cincin kuningan berdasarkan SNI 0624341991.

3) Bola baja

Berdasarkan SNI 0624341991 digunakan dua buah bola berdiameter 9,5 mm (berat masing-masing bola $3,5 \pm 0,005$ gram) sebagai titik lembek aspal uji beban.

4) Gelas ukur

Gelas ukur tahan panas berdiameter 85 mm atau lebih dan tinggi 120 mm atau lebih dari dasar wadah yang dilengkapi dengan elemen pemanas (SNI 24342011).

5) Dudukan benda uji

Pemegang benda uji adalah alat yang digunakan untuk meletakkan benda uji pada cincin kuningan. Tempat spesimen ini memiliki tempat untuk meletakkan spesimen (cincin kuningan yang diisi dengan aspal) ke dalam lubang di mana cincin kuningan ditempatkan, dan ada pelat dasar jarak tetap untuk menahan bola baja ketika jatuh.

6) Kompor listrik

Saat menguji titik lembek, panaskan benda uji di dalam oven.

7) Plat penghantar

Papan sirkuit berfungsi sebagai media perantara antara peralatan masak dan gelas ukur. Cegah gelas ukur menyentuh kompor secara langsung dan cegah agar gelas ukur tidak terlalu panas atau pecah.

d. Alat-alat pengujian titik nyala dan bakar

Alat yang digunakan untuk menguji nyala api dan titik api di aspal antara lain:

1) *Cleveland open cup*

Cangkir terbuka *Cleveland* digunakan untuk memanaskan aspal selama prosedur pengujian. *Cleveland Open Cup* berbentuk seperti cangkir dengan pegangan yang dirancang untuk mengangkat *Cleveland Open Cup* saat masih panas.

2) Batang penyulut api

Tongkat pengapian digunakan untuk memberikan nyala api uji dan kemudian melewati permukaan aspal.

3) Penjepit termometer

Penjepit ini digunakan untuk menjepit termometer agar ujung termometer yang digunakan tidak menyentuh bagian bawah cangkir. Hal ini memungkinkan suhu untuk dibaca murni dari panas aspal saat menguji titik nyala dan titik pengapian aspal.

3. Alat pembuat benda uji

Alat yang digunakan untuk membuat benda uji antara lain cetakan, pabrik pembuat benda uji, pengutak-atik benda uji dengan pelat tamper, kompor listrik, termometer, mangkuk pencampur, piring, kertas saring,

spatula, sarung tangan, dan lain-lain. ..

a. Mould

Cetakan atau benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 7,62 cm. Delapan belas cetakan digunakan, yang digunakan sebagai cetakan yang akan diuji.



Gambar 3.1 *Mould*

b. Bak pengaduk

Tong campuran ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan panjang sekitar 30 cm, lebar 20 cm, dan dalam 1015 cm. Tong ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai wadah untuk memanaskan dan mencampur sampel uji campuran seperti aspal dan agregat sampai tercapai suhu pencampuran maksimum yang diinginkan.



Gambar 3.2 Bak pengaduk

c. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbukan

Tinju subjek memiliki permukaan pulpa datar berbentuk silinder dengan berat 4.536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Saat dicap, benda uji juga memiliki alas tekan yang terbuat dari pelat baja persegi berukuran 8 "x 8" setebal 1,25 ".



Gambar 3.3 Penumbuk benda uji

4. Alat pengujian benda uji dengan metode *marshall*

Alat untuk melakukan pengujian Marshall benda uji antara lain adalah alat uji Marshall dengan nomor kalibrasi alat (11.26), tangki imersi, kompor listrik, sarung tangan, dan lain-lain.



Gambar 3.4 *Marshall test*

3.3 Bahan Penelitian

Bahan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu bahan yang akan diuji dan bahan penolong yang berperan sebagai bahan dalam proses pengujian. Bahan survey yang digunakan dalam survey ini adalah sebagai berikut.

1. Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan pertamina melalui infiltrasi 60/70.



Gambar 3.5 Aspal

2. Serbuk batu bata

Bata bubuk yang digunakan merupakan hasil peremukan bata merah sebagai bahan pengisi yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm).



Gambar 3.6 Serbuk batu bata

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah agregat yang diperoleh dari AMP PT Bumi Agung.



Gambar 3.7 Agregat halus

4. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat batu pecah yang diperoleh dari AMP PT Bumi Agung.



Gambar 3.8 Agregat kasar

5. Semen *portland*

Semen Portland brand tiga roda digunakan sebagai aditif



Gambar 3.9 Semen *Portland*

6. Minyak tanah

Minyak tanah digunakan untuk membersihkan peralatan yang terkena aspal sesudah pengujian.



Gambar 3.10 Minyak Tanah

3.4 Tahap-tahap Penelitian

Tahap survei dilakukan sesuai dengan flow chart survei, yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan

Alat yang dipakai yaitu memakai alat yang disediakan oleh Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat, sedangkan untuk bahan agregat kasar maupun agregat halus diambil dari AMP PT. Bumi Agung Perkasa Indah yang berada di Labuhan Lombok, Pringgabaya, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. Aspal pertamina pen 60/70 yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat. Semua alat dan bahan dilengkapi dan diperiksa keadaanya sebelum dipakai di laboratorium.

2. Pengujian kasar meliputi analisis pengayakan dan pengujian kepadatan. Aturan pengujian agregat kasar sudah jelas dapat dilihat pada tabel 3.2. acuan pengujian agregat kasar.

Tabel 3.2. Referensi uji agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Gradasi agregat	SNI 7619:2012	-	95-90	-
2.	Berat jenis	SNI 03-1969-2016	-	-	gr/cc

3. Pengujian agregat halus meliputi analisis pengayakan dan pengujian kepadatan. Aturan yang digunakan untuk pengujian agregat halus ditunjukkan pada Tabel 3.3. Referensi pengujian untuk agregat halus.

Tabel 3.3. Refrensi uji agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min.	Maks.	
1.	Gradasi agregat	SNI 03-4428-1997	50%	-	-
2.	Berat jenis	SNI 03-1970-2016	-	-	gr/cc

4. Uji pengisi meliputi uji gradasi dan uji densitas. Aturan yang digunakan untuk filler test ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Refrensi uji *filler*

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Berat jenis	AASHTO T-89-81	-	-	gr/cc

5. Perencanaan campuran

Inilah sebagai langkah-langkah yang menentukan urutan proses, atau campuran objek uji:

- a. Penentuan variasi fraksi pengisi debu bata untuk masing-masing sampel sampai dengan B1% S0%, B2% S0%, B3% S0%. Debu bata semen B1% S1%, B1% S2%, B2% S1%. dari Berat total agregat menurut bahan acuan penelitian yang digunakan.
- b. Menentukan persentase aspal setiap benda uji. Ini adalah 6,0% berat dari total campuran, menurut referensi studi.
- c. Menentukan jenis gradasi agregat untuk campuran yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu gradasi agregat komposit untuk campuran AC-WC.

- d. Hitung kebutuhan berat bahan yang sesuai untuk setiap benda uji untuk variasi tertentu. Tabel 3.5 sampai tabel 3.6 menunjukkan data komposisi untuk campuran untuk setiap sampel.

Tabel 3.5. Komposisi persentase bahan campuran benda uji dari total agregat

No.	Kode	Filler (%)		Pasir (%)	A.Batu (%)	Ag. 3/8 (%)	Ag. ¾ (%)
		A. Bata	Semen				
1	B1-S0	1	0	12	40	35	12
2	B2-S0	2	0	11	40	35	12
3	B3-S0	3	0	12	40	35	10
4	B1-S1	1	1	13	40	35	10
5	B2-S1	2	1	12	40	35	10
6	B1-S2	1	2	12	40	35	10
Penambahan kadar aspal							6 %

Tabel 3.6. Berat komposisi campuran yang diuji

No.	Kode	Filler (gr)		Pasir (gr)	A.Batu (gr)	Ag. 3/8 (gr)	Ag. ¾ (gr)
		A. Bata	Semen				
1	B1-S0	11.28	0	135.36	451.2	394.8	135.36
2	B2-S0	22.56	0	124.08	451.2	394.8	135.36
3	B3-S0	33.84	0	135.36	451.2	394.8	112.8
4	B1-S1	11.28	11.28	146.64	451.2	394.8	112.8
5	B2-S1	22.56	11.28	135.36	451.2	394.8	112.8
6	B1-S2	11.28	22.56	135.36	451.2	394.8	112.8
Penambahan kadar aspal							72 gr.

6. Pembuatan benda uji

Tahap-tahap dalam pembuatan sapel untuk kajian ini melakukan survey sebagai berikut:

- a. Semua bahan benda uji, seperti aspal, agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi bata, dan bahan semen portland, diletakkan dengan rapi dan disusun menurut komposisi yang ditentukan.

- b. Siapkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk persiapan sampel di laboratorium.
- c. Sebelum mencampur aspal dengan agregat, panaskan aspal sampai suhu aspal mencapai 110°C.
- d. Panaskan agregat, semen portland, dan filler sampai suhu mencapai 120°C sambil diaduk.
- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang ditentukan, campurkan aspal dan agregat. Aduk semua bahan hingga merata. Suhu maksimum campuran diatur ke 160 ° C.
- f. Siapkan benda uji (cetakan) yang dilapisi minyak pelumas dan dilengkapi alas cetakan yang dipanaskan. Langkah selanjutnya adalah meletakkan kertas saring atau lithoma pada bagian bawah cetakan atau bagian bawah cetakan.
- g. Tuang semua bahan yang sudah dicampur pada suhu pencampuran maksimum ke dalam cetakan dan tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan. Untuk menusuk dengan spatula, tusuk bagian tepinya 15 kali dan bagian tengahnya 10 kali. Langkah berikutnya adalah penumbukkan benda uji dengan menggunakan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali.
- i. Setelah dicap, keluarkan benda uji dari cetakan menggunakan alat dari pabrikan yang sedang diuji.
- j. Jika perlu, berikan contoh kode identifikasi untuk mencegah ditukar dengan contoh lain.
- k. Kemudian curing sampai benda uji sembuh, kemudian timbang sampel untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
- l. Selanjutnya, rendam benda uji selama ± 24 jam.
- m. Setelah merendam sampel selama ± 24 jam, keluarkan sampel dari bak rendam dan cuci dengan kain sampai SSD jenuh atau permukaannya kering.

- n. Kemudian dilakukan penimbangan benda uji untuk mendapatkan nilai bobot benda uji SSD (saturated surface dry state).
- o. Sampel kemudian ditimbang dalam air untuk memberikan nilai berat benda uji dalam air.
- p. Selain itu, kami menjalankan pengujian pada setiap sampel menggunakan alat Marshall.

7. Pengujian dengan alat marshall

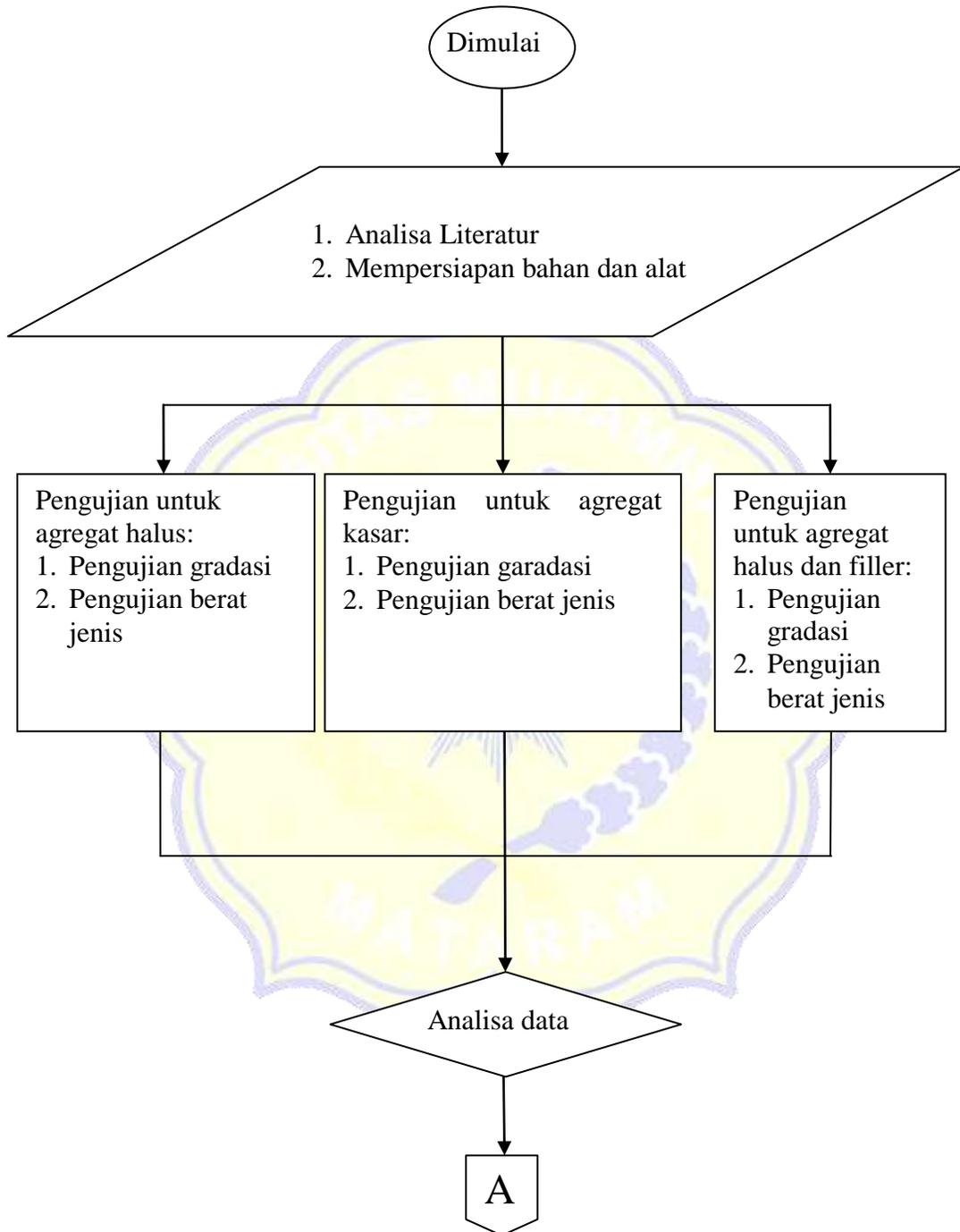
Saat menguji dengan alat Marshall, lakukan hal berikut:

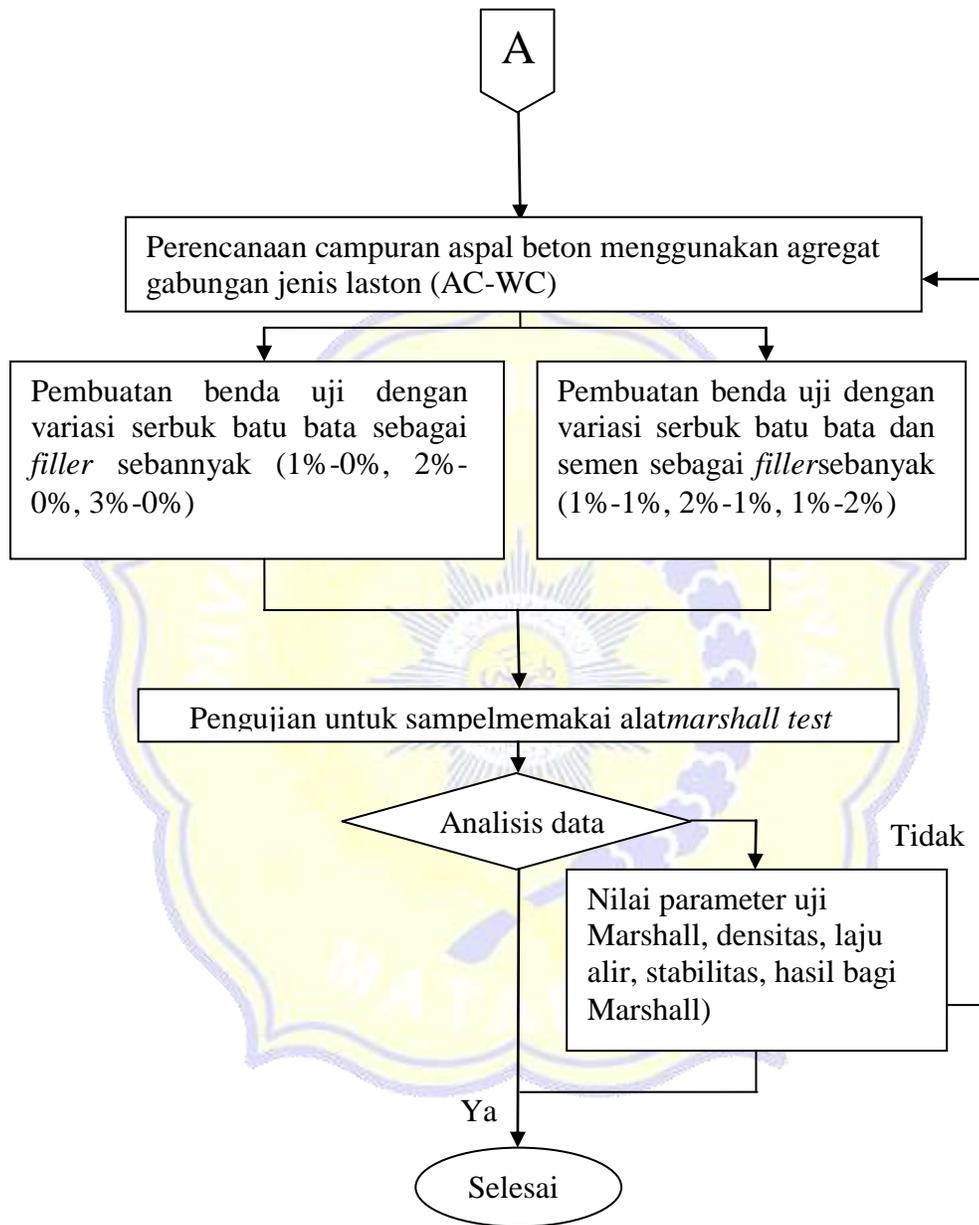
- a. Sebelum pengujian, periksa diameter dan ketebalan benda uji.
- b. Bagian pada bagian atas ketua penekan wajib dibersihkan dan diberi pelumas agar benda uji tidak sulit dilepaskan sehabis pengujian.
- c. Tempatkan spesimen tepat di tengah kepala tekan. Kemudian tempatkan bagian atas kepala penekan dan dudukan yang tersedia di tengah alat pemuatan.
- d. Angkat kepala cetak hingga menyentuh dasar cincin uji. Kemudian sesuaikan posisi penunjuk jam tekanan.
- e. Proses pembebanan sampai dengan kecepatan konstan dan ditampilkan saat jam pengisian daya berhenti dan berputar ke bawah lagi.
- f. Ketika tes selesai, benda uji akan dikeluarkan dari alat marshall.

8. Analisa dan pembahasan

Konsisten dengan referensi pada penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pembahasan pengaruh kualitas campuran beton aspal terhadap nilai densitas, flow, stabilitas, dan Martial stability, termasuk MQ (Marshall quotient).

3.5 Bagan Alir Tahapan Penelitian





Gambar 3.11 Bagan alir penelitian