

SKRIPSI

PEMANFAATAN LIMBAH ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL PENGISI CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

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



**DISUSUN OLEH :
PRILLIA EKA DELASARI MALACCA
417110093**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2021**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PEMANFAAATAN LIMBAH ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*)
SEBAGAI SUBTITUSI MATERIAL PENGISI CAMPURAN AC-WC
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

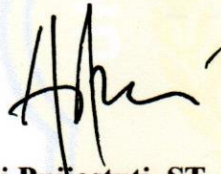
Disusun Oleh:

PRILLIA EKA DELASARI MALACCA

417110093

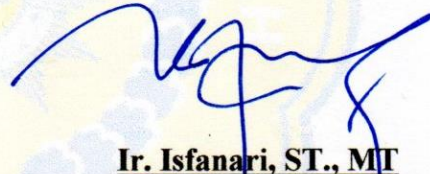
Mataram, 10 Agustus 2021

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



Ir. Isfanari, ST., MT
NIDN.0830086701

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**

Dekan,



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



HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PEMANFAAATAN LIMBAH ABU SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*)
SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL PENGISI CAMPURAN AC-WC
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

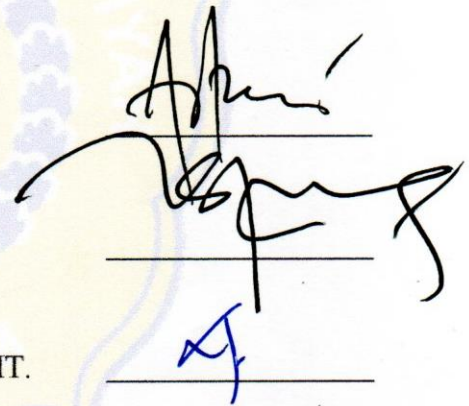
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : PRILLIA EKA DELASARI MALACCA
NIM : 417110093

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada hari : Kamis, 12 Agustus 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.
2. Penguji II : Ir. Isfanari, ST., MT.
3. Penguji III : Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.



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 :
“Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) Sebagai Substitusi Material Pengisi Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall”. Ini merupakan hasil karya tulis asli yang saya ajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 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, Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Jika dikemudian hari terbukti bahwa karya saya 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, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, 3 September 2021

Yang membuat pernyataan



(Prillia Eka Delasari Malacca)

NIM. 417110093



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

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

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

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

Nama : PRILLIA EKA DELASARI MALACCA
NIM : 417110093
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM / 20 APRIL 1999
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 082 539 623 211 / Priliaetad@gmail.com
Judul Penelitian : -

PEMANFAATAN UMBAH ABU SEMAM PADI (RICE HUSK ASH) SEBAGAI SUBSTITUSI
MATERIAL PENGISI CAMPURAN RC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 40%

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

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

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : RABU, 18/08/2021

Penulis


PRILLIA EKA DELASARI M.
NIM. 417110093

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : PRILLIA EKA DELASARI MALACCA
NIM : 417110093
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM / 20 APRIL 1999
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 082 339 623 271 / prilliaetad@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:

PEMANFAATAN LIMBAH ABU SEKAM PADI (RICE HUSK ASH) SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL
PENGISI CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK 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 : RABU, 18/08/2021

Penulis



PRILLIA EKA DELASARI M
NIM. 417110093

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Surah Asy Syarh ayat 5-6)

Proses tiap-tiap orang berbeda “Tidak masalah jika kamu berjalan dengan lambat, asalkan kamu tidak pernah berhenti berusaha.” (Confucius)

“Optimisme merupakan kepercayaan yang menuju pencapaian. Tidak ada yang bisa dilakukan tanpa adanya harapan dan keyakinan.” (Helen Keller)



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya dengan judul “Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*) Sebagai Substitusi Material Pengisi Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall” walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna.

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

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

1. Dr. Arsyad Ghani.,Mpd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng M. Islamy Rusyda, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, selaku dosen pembimbing I.
5. Ir. Isfanari, ST., MT, selaku dosen pembimbing II.
6. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan do'a untuk kesuksesan dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi.
8. Ragil Alfajri S. kom, yang telah membantu dan memberikan dukungan semangat sehingga membantu penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2017 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

10. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

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

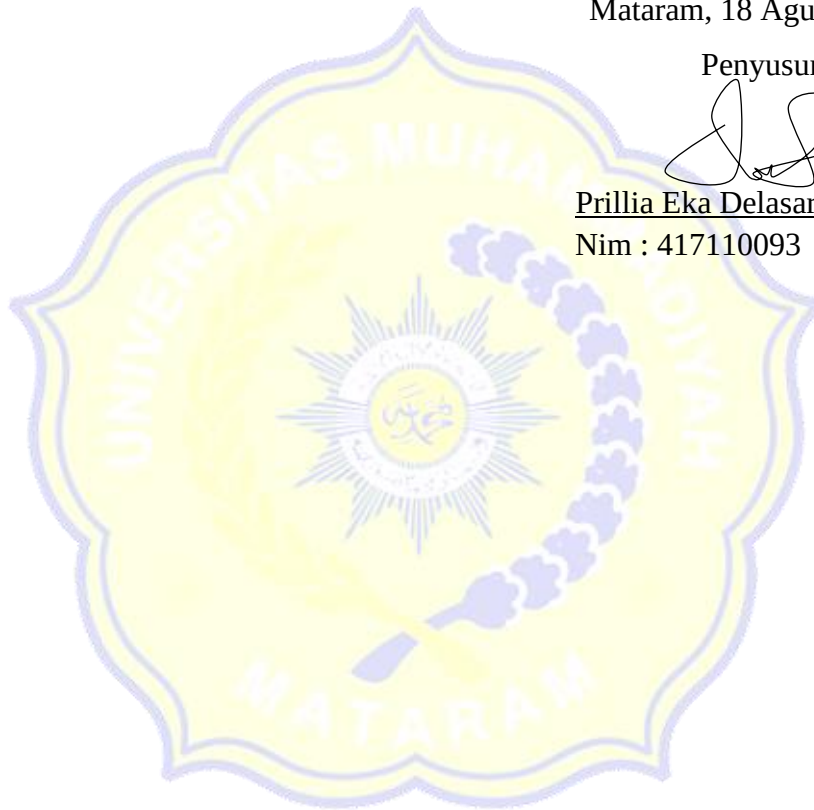
Mataram, 18 Agustus 2021

Penyusun



Prillia Eka Delasari Malacca

Nim : 417110093



ABSTRAK

Campuran AC (*Asphalt Concrete*) dalam perkerasan jalan tentunya membutuhkan perkuatan dengan bahan pengisi (*filler*) untuk mendukung kekuatan pada perkerasan jalan. Masalah ketersediaan bahan dan masalah biaya merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan bahan yang lebih baik. Abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang mudah ditemukan dan banyak dijumpai. Namun abu sekam padi sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal, sehingga bernilai guna rendah. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai bahan pengisi pada campuran AC-WC dan seberapa besar perbedaan nilai parameter marshall antara *filler* semen dengan abu sekam padi sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal AC-WC.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode dengan acuan standar spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu dengan membuat benda uji dengan beberapa variasi tertentu, selanjutnya dilakukan pengujian Marshall di laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB.

Hasil dari penelitian ini didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) lebih dari pekiraan Kadar aspal rencana yaitu sebesar 6,7%. Nilai parameter marshall yang didapatkan pada penelitian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga. Untuk nilai Stabilitas terbesar pada variasi *filler* 3% dengan nilai 1067 kg, nilai *Density* terbesar 2,468 kg pada variasi *filler* 2%, nilai *Flow* terbesar 3,7 mm pada variasi *filler* 2% , nilai MQ terbesar 299 kg/mm pada penggunaan *filler* 3% , nilai VMA terbesar pada penggunaan *filler* 2% dengan nilai 17,40%, nilai terbesar VIM sebesar 3,20% pada penggunaan *filler* 2%, dan untuk nilai VFB terbesar 82,64%. Pada penggunaan *filler* 3%.

Kata kunci : Abu sekam padi, Marshall, AC-WC, KAO

ABSTRACT

The strength of an AC (Asphalt Concrete) combination in a road pavement will almost probably require reinforcement with filler material. One option for getting better materials is to solve the dilemma of material availability and pricing. Rice husk ash is one of the components that are readily available and frequently used. On the other hand, Rice husk ash has a low use-value because it has not been used optimally till now. This study aimed to see how rice husk ash performed as a filler in the AC-WC asphalt mixture and how much of a difference there was in the Marshall parameter value between cement filler and rice husk ash as a filler alternative.

The method employed in this study is the approach used in the 2018 Bina Marga specification standard, which is to create test objects with certain changes and then conduct Marshall testing in the Construction Materials Testing Center of the NTB Provincial Public Works Service's laboratory.

This study obtained Optimum Asphalt Content (KAO) is more than the estimated design asphalt content of 6.7%. The Marshall parameter value obtained in this study meets the specifications of Highways. For the greatest stability value at 3% filler variation with a value of 1067 kg. The largest density value is 2.468 kg at 2% filler variation. The largest flow value is 3.7 mm at 2% filler variation. The largest MQ value is 299 kg/mm at the use of 3% filler. The largest VMA value in the use of 2% filler is 17.40%. The largest value of VIM is 3.20% at the use of 2% filler, and the largest VFB value is 82.64% at the use of 3% filler.

Keywords: Rice husk ash, Marshall, AC-WC, KAO



DAFTAR ISI

Hal.

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS	v
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	vi
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Maksud Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	1
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Penelitian terdahulu	4
2.1.2. Aspal	5
2.1.3. Agregat	8

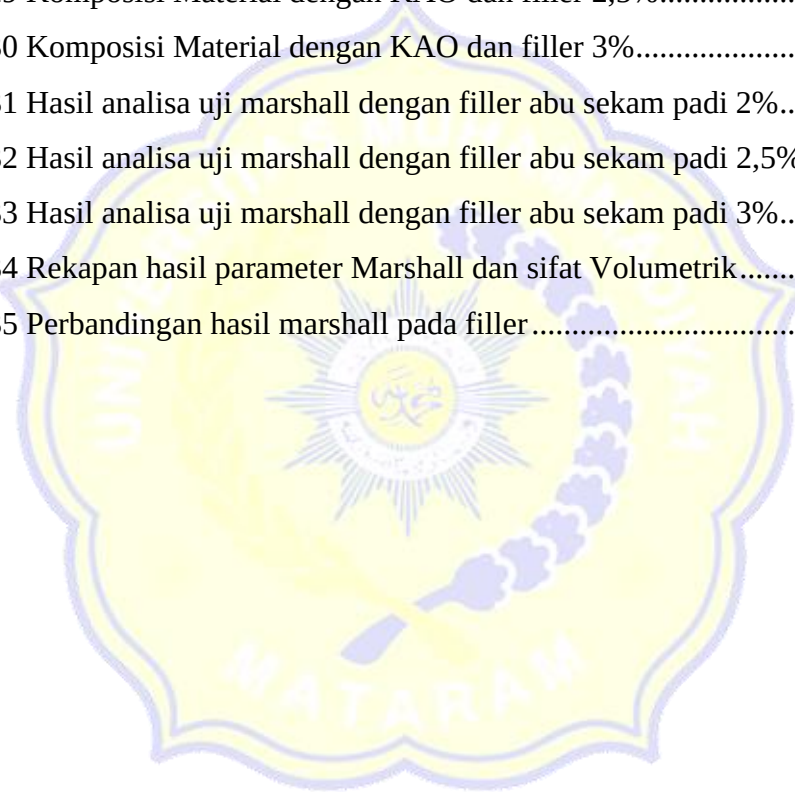
2.1.4. Semen.....	13
2.1.5. Bahan pengisi (<i>filler</i>) abu sekam padi.....	14
2.1.6. Struktur perkerasan lentur	15
2.1.7. Pembebanan pada perkerasan jalan.....	18
2.1.8. Karakteristik campuran	20
2.2. Landasan Teori	21
2.2.1. Perhitungan kadar aspal rencana	21
2.2.2. Pengujian gradasi agregat dan <i>filler</i>	22
2.2.3. Pengujian volumetrik benda uji	22
2.2.4. Pengujian marshall	24
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Pengumpulan Data.....	29
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3 Jenis Data	29
3.4. Peralatan	30
3.5. Bahan.....	35
3.6. Benda Uji.....	36
3.7. Prosedur Pelaksanaan	36
3.7.1. Pembuatan benda uji	36
3.7.2. <i>Volumetrik test</i>	38
3.7.3. <i>Marshall test</i>	38
3.8. Tahap Penelitian	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
4.1. Umum	40
4.2. Hasil Pengujian Material	40
4.2.1. Hasil analisa saringan pembagian butiran (gradasi).....	40

4.2.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	46
4.2.3. Data Pengujian Aspal	51
4.2.4. Hasil perhitungan perkiraan awal kadar aspal tengah (P_b).....	51
4.3. Perancangan Kadar Aspal Optimum (KAO)	53
4.3.1. <i>Job Mix Formula</i> Perancangan Kadar Aspal Optimum	53
4.3.2. Hasil Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum (GMM)	56
4.3.3. Hasil Perancangan Kadar Aspal Optimum	56
4.4. Analisa Marshall Kadar Aspal Optimum	61
4.4.1. <i>Job Mix Formula</i> dengan kadar aspal optimum.....	61
4.4.2. Hasil Analisa Marshall Pada Kadar Aspal Optimum.....	62
4.4.3. Hasil Perbandingan Penggunaan <i>Filler</i>	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN	71
1. Surat-surat Skripsi	74
2. Analisa Gradasi <i>Filler</i> Abu Sekam Padi.....	80
3. Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> Abu Sekam Padi.....	82
4. Uji Marshall Perancangan KAO	84
5. Dokumentasi Penelitian	88

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1. Spesifikasi pemeriksaan agregat	12
Tabel 2.2 Kandungan semen portland sebagai filler laston	13
Tabel 2.3 Komposisi kimia abu sekam padi (rice husk ash).....	15
Tabel 2.4 Rasio korelasi stabilitas pada laston.....	26
Tabel 3. 1 Kebutuhan Benda Uji Dalam Menentukan KAO	36
Tabel 3. 2 Kebutuhan Benda Uji Dalam Pengujian Marshall.....	36
Tabel 4.1 Analisa saringan gradasi agregat 3/4”	41
Tabel 4.2 Analisa saringan gradasi agregat 3/8”	41
Tabel 4.3 Analisa saringan gradasi abu batu.....	42
Tabel 4.4 Analisa saringan gradasi filler abu sekam padi.....	42
Tabel 4.5 Kombinasi agregat dengan filler abu sekam padi 2%.....	43
Tabel 4.6 Kombinasi agregat dengan filler abu sekam padi 2,5 %.....	44
Tabel 4.7 Kombinasi agregat filler abu sekam padi 3%	45
Tabel 4. 8 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat 3/4”	46
Tabel 4. 9 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat 3/8”	48
Tabel 4. 10 Pemeriksaan berat jenis agregat abu batu	49
Tabel 4. 11 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan filler abu sekam padi.....	50
Tabel 4. 12 Karakteristik aspal pen 60/70.....	51
Tabel 4. 13 Perkiraan awal pemakaian Pb dengan filler 2%.....	52
Tabel 4. 14 Perkiraan awal pemakaian Pb dengan filler 2,5%.....	52
Tabel 4. 15 Perkiraan awal pemakaian Pb dengan filler 3%.....	52
Tabel 4. 16 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 5,5%	53
Tabel 4. 17 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 5,5%	53
Tabel 4. 18 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 5,5%	54
Tabel 4. 19 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6%	54
Tabel 4. 20 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6%	54

Tabel 4. 21 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6%	55
Tabel 4. 22 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6,5%	55
Tabel 4. 23 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6,5%	55
Tabel 4. 24 Komposisi material perancangan KAO dengan kadar aspal 6,5%	56
Tabel 4. 25 Pengujian GMM benda uji filler 2%.....	56
Tabel 4. 26 Pengujian GMM benda uji filler 2,5%.....	57
Tabel 4. 27 Pengujian GMM benda uji filler 3%.....	57
Tabel 4. 28 Komposisi Material dengan KAO dan filler 2%.....	61
Tabel 4. 29 Komposisi Material dengan KAO dan filler 2,5%.....	61
Tabel 4. 30 Komposisi Material dengan KAO dan filler 3%.....	61
Tabel 4. 31 Hasil analisa uji marshall dengan filler abu sekam padi 2%.....	63
Tabel 4. 32 Hasil analisa uji marshall dengan filler abu sekam padi 2,5%.....	63
Tabel 4. 33 Hasil analisa uji marshall dengan filler abu sekam padi 3%.....	64
Tabel 4. 34 Rekapitan hasil parameter Marshall dan sifat Volumetrik.....	65
Tabel 4. 35 Perbandingan hasil marshall pada filler	67



DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2 1 Struktur perkerasan lentur	16
Gambar 2 2 Distribusi beban pada struktur jalan	19
Gambar 3.1 Saringan standar ASTM	30
Gambar 3.2 Alat pengujian volumetrik.....	30
Gambar 3.3 Oven	31
Gambar 3.4 Timbangan Elektronik.....	31
Gambar 3.5 Termometer	32
Gambar 3.6 Satu set cetakan (mold)	32
Gambar 3.7 Alat penumbuk (compactor).....	33
Gambar 3.8 Dongkrak hidrolis.....	33
Gambar 3.9 Water bath	34
Gambar 3.10 Satu set alat penguji Marshall	34
Gambar 3.11 <i>Filler</i> abu sekam padi	35
Gambar 3.12 Diagram alir penelitian.....	39
Gambar 4.1 Kombinasi agregat dengan filler abu sekam padi 2%	44
Gambar 4.2 Kombinasi agregat dengan filler abu sekam padi 2,5%	45
Gambar 4. 3 Kombinasi agregat dengan filler abu sekam padi 3%	46
Gambar 4. 4 Material Agregat dan <i>Filler</i> yang Digunakan Dalam Penelitian.....	47
Gambar 4. 5 Hasil perhitungan kadar aspal optimum dengan filler 2%	58
Gambar 4. 6 Hasil perhitungan kadar aspal optimum dengan filler 2,5%	59
Gambar 4. 7 Hasil perhitungan kadar aspal optimum dengan filler 3%.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi konstruksi jalan di Indonesia dari waktu ke waktu akan terus meningkat. Berhubungan dengan hal tersebut kita harus berusaha untuk bisa memecahkan masalah-masalah teknis yang dihadapi dalam pembangunan jalan, terutama untuk masalah bahan perkerasan jalan. Struktur perkerasan jalan harus direncanakan untuk dapat mendukung dengan baik perubahan-perubahan kondisi tersebut. Di sisi lain kondisi iklim di Indonesia juga sangat berpengaruh pada keawetan dan kekuatan dari lapisan perkerasan jalan. Dalam pembuatan jalan di Indonesia rata-rata masih menggunakan campuran aspal beton (*asphalt concrete*). Campuran dari pada aspal beton ini terdiri dari aspal, agregat, dan material pengisi.

Berdasarkan hal tersebut pentingnya perencanaan jalan raya yang telah banyak diteliti tentang pengembangan dan modifikasi aspal dengan memanfaatkan bahan pengisi (*filler*) dari limbah agar dapat membuat campuran aspal yang ramah terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini limbah yang digunakan untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) adalah limbah abu sekam padi (*rice husk ash*) yang diperoleh dari bekas pembakaran batu bata. Limbah abu sekam padi dari beberapa pengrajin batu bata jumlahnya sangat banyak dan pastinya akan terus bertambah, hal tersebut bila dibiarkan semakin lama tentu akan mengganggu lingkungan dan menjadi polusi untuk lingkungan.

Pada campuran AC (*Asphalt Concrete*) dalam perkerasan jalan tentunya membutuhkan perkuatan dengan bahan pengisi (*filler*) untuk mendukung kekuatan pada perkerasan jalan. Masalah ketersediaan bahan dan masalah biaya merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan bahan yang lebih baik. Abu sekam padi merupakan salah satu bahan yang mudah ditemukan dan banyak dijumpai. Namun abu sekam padi sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal, sehingga bernilai guna rendah. Oleh karena

itu jika dilihat dari masalah biaya dan masalah ketersediaan bahan, sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran aspal beton digunakan abu sekam padi (*rice husk ash*), dikarenakan mudah didapat dari segi ketersediaan bahan maupun biaya. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang pengaruh pemanfaatan limbah abu sekam padi sebagai pengganti bahan pengisi (*filler*) pada campuran AC-WC dengan meninjau karakteristik marhsall.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam mencari stabilitas pada lapisan aus (AC-WC) menggunakan abu sekam padi (*rice husk ash*) sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh nilai uji marshall campuran aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan *filler* abu sekam padi ?
2. Berapa nilai karakteristik marshall pada campuran aspal beton AC-WC dengan menggunakan abu sekam padi sebagai material pengisi (*filler*) pada tiap-tiap variasi campuran ?
3. Bagaimana perbandingan nilai uji marshall campuran aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) *filler* semen dan *filler* abu sekam padi ?
4. Apakah campuran perkerasan AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan menggunakan *filler* abu sekam padi memenuhi persyaratan karakteristik marshall pada spesifikasi umum Bina Marga 2018 ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai *filler* pada campuran aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*).
2. Mendapatkan nilai karakteristik marshall pada campuran AC-WC dengan menggunakan abu sekam padi sebagai material pengisi
3. Mendapatkan nilai perbandingan marshall campuran AC-WC antara *filler* semen dengan *filler* abu sekam padi.

4. Mengetahui penggunaan *filler* abu sekam padi apakah memenuhi persyaratan karakteristik marshall pada spesifikasi umum Bina Marga 2018.

1.4 Maksud Penelitian

1. Menambah pengetahuan tentang pemanfaatan limbah abu sekam padi menjadi bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal beton khususnya AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)
2. Menambah pilihan alternatif untuk penggunaan bahan pada perkerasan jalan yang lebih ramah terhadap lingkungan dan ekonomis.
3. Memperluas ilmu wawasan dan pengetahuan di dunia teknik khususnya pada bidang kontruksi jalan.
4. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang akan membahas masalah penggunaan material *filler* limbah abu sekam padi untuk campuran AC-WC yang lebih baik.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Campuran aspal beton yang ditinjau adalah laston AC-WC (*Asphalt Concrete- Winder Course*)
2. Filler yang digunakan adalah abu dari hasil pembakaran sekam padi yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)
3. Penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* dengan kadar 2 %, 2,5%,3% dari berat total agregat dan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%.
4. Tidak melakukan penelitian kandungan kimia abu sekam
5. Untuk material digunakan agregat kasar 3/4", agregat sedang 3/8", Abu batu , dan *Filler (Spesifikasi umum Bina Marga 2018)*
6. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada nilai pengaruh terhadap stabilitas, kelelahan (*FLOW*), VIM (*Voids In The Mix*), VMA (*Voids In The Mineral Aggregate*) dan VFB (*Voids Filled with Bitumen*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian terdahulu

Lapis aspal beton AC-WC merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas sehingga pada lapisan ini di rancang untuk kuat terhadap perubahan cuaca, dan tahan terhadap kedap air untuk lapisan yang ada dibawahnya agar tidak merusak struktur aspal. Resapan air yang berasal dari limpasan air hujan maupun luapan air pada saluran irigasi dapat masuk kedalam aspal, bila lapisan permukaannya tidak kedap air. Oleh karenanya perlu campuran AC-WC yang kedap air, yang dapat diperoleh dengan berbagai modifikasi campuran. Campuran pada lapisan aus (AC-WC) terdiri dari agregat, bahan pengisi, dan bahan aspal yang dicampur secara panas. Penyerapan air oleh agregat pada campuran adalah maksimum 3% dari berat total agregat. Untuk penggunaan kadar bahan pengisi (*filler*) yang digunakan selain semen pada campuran harus rentang 1% - 3% terhadap berat total agregat (Bina Marga 2018).

Penambahan butiran halus yang lolos ayakan ASTM no.200 dengan ukuran 0,075 mm dapat meningkatkan workability mortar, dan menambah kedap air serta kekuatannya. Penelitian dengan pengganti bahan alternatif pengisi (*filler*) menggunakan abu sekam padi (*rice husk ash*) telah banyak dilakukan, dengan diketahui bahwa abu sekam padi bersifat pozzolan yang mengandung senyawa silika dan alumina. Silika yang terdapat pada abu sekam padi ini sekitar 87%-89%. Zat silika adalah zat yang terdapat pada material semen (Sandya, dkk.,2019).

Menurut penelitian Akbar dan wesli (2012) penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* dengan kadar lebih dari 3% yaitu 4%, 6%, dan 8% menghasilkan nilai parameter marshall dengan nilai *density*, stabilitas, *flow* dan *marshall quotient* meningkat lebih besar pada campuran menggunakan abu sekam padi. Terjadi kenaikan nilai *Density* pada saat penambahan persentase *filler*, dan

kenaikan stabilitas, *flow* dan *marshall quotient* secara merata terjadi pada campuran yang menggunakan abu sekam padi 6%. Selain itu pada penelitian dengan menggunakan kadar *filler* abu sekam padi 6,5%, 7%, dan 7,5% hasil yang diperoleh dari seluruh nilai karakteristik marhsall yang tidak memenuhi spesifikasi hanya terjadi pada nilai volume rongga pada campuran (VIM). Nilai stabilitas mengalami peningkatan sampai kadar abu sekam padi 7% dan mengalami penurunan pada kadar 7,5% (Ridwan dan Nadia,2017)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) yang berada di bawah nilai 250 kg/mm akan mengakibatkan campuran aspal akan menjadi mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelembung (*wash boarding*), alur (*rutting*) dan naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*), sedangkan nilai Marshall Quotient yang lebih dari 250 kg/mm atau MQ yang tinggi akan mengakibatkan campuran aspal menjadi kaku dan mudah retak (Wardana,dkk.,2020).

Penggunaan abu sekam padi sebagai *filler* pada campuran aspal beton *wearing course* menghasilkan kualitas campuran yang bisa digunakan sebagai bahan pengisi alternatif dengan komposisi 22% agregat kasar, 29% agregat sedang, 45 agregat halus, dan 4% *filler* abu sekam padi dengan penggunaan kadar aspal 6,7%. Penggunaan aspal pada campuran dengan *filler* abu sekam padi lebih banyak dibanding aspal dengan campuran yang berbahan pengisi abu batu dan semen, hal ini disebabkan oleh abu sekam padi yang memiliki daya serap yang tinggi terhadap aspal (Ferdiana,2013).

2.1.2. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau bitumen dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Pada temperatur ruang aspal berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan pada suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman (Yuliansyah,dkk.,2015).

Aspal merupakan campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral. Bitumen adalah bahan yang berwarna coklat hingga hitam, keras hingga cair mempunyai sifat baik larut dalam Cs_2 atau CCL_4 dengan sempurna dan mempunyai sifat lunak dan tidak larut dalam air, bitumen mengandung zat-zat organik yang terdiri dari gugusan Aromat dan mempunyai sifat kekal (P Cerelia,2020).

Bitumen secara kimia terdiri Aromat, Naphten dan Alkan sebagai komponen terpenting dan secara kimia fisika merupakan campuran *colloid* dimana butir-butir yang merupakan komponen yang padat (disebut *Asphaltene*) berada dalam fase cairan yang disebut Malten. *Asphaltene* terdiri campuran gugusan Aromat Naphten dan Alkan dengan berat molekul yang lebih tinggi, sedangkan Malten terdiri campuran gugusan Aromat. Naphten dan Alkali dengan berat molekul yang lebih rendah (sevtiola,2014).

Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. *Hydrocarbon* merupakan bahan dasar utama dari aspal yang sering disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen (Sukirman, 1999). Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (misal : asbuton), dimana sering juga disebut mineral (Bitumen, 1990).

Selain sebagai bahan pengikat, aspal juga menjadi bahan pengisi pada rongga-rongga dalam campuran. Dalam campuran Lapis Aspal Beton (Laston) yang banyak memakai agregat kasar, penggunaan kadar aspal menjadi sangat tinggi karena aspal di sini berfungsi untuk mengisi rongga - rongga antar agregat dalam campuran. Kadar aspal yang tinggi menyebabkan campuran aspal beton memerlukan kadar aspal yang tinggi pula. Untuk mengantisipasi kadar aspal

yang tinggi digunakan aspal dengan mutu baik, dengan tujuan memperbaiki kondisi campuran (Ahmad,2010).

Kadar aspal dalam campuran akan berpengaruh banyak terhadap karakteristik perkerasan. Kadar aspal yang rendah akan menghasilkan suatu perkerasan yang rapuh, yang akan menyebabkan *raveling* akibat beban lalu lintas, sebaliknya kadar aspal yang terlalu tinggi akan menghasilkan suatu perkerasan yang tidak stabil (Sartono dan Widiyanto,2004). Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal padat atau keras dengan penetrasi 60/70 dan mempunyai nilai karakteristik yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga berdasarkan petunjuk Lapis Aspal Beton (Laston).

Aspal yang akan digunakan sebagai campuran perkerasan jalan harus memiliki syarat - syarat sebagai berikut:

a. Daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa umur pelayanan.

b. Kepekaan terhadap temperature

Aspal adalah material yang bersifat termoplastis, sehingga akan menjadi keras atau lebih kental jika tempertur berkurang dan akan melunak atau mencair jika temperatur bertambah. Sifat ini diperlukan agar aspal memiliki ketahanan terhadap perubahan temperatur, misalnya aspal tidak banyak berubah akibat perubahan cuaca, sehingga kondisi permukaan jalan dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama. Dengan diketahui kepekan aspal terhadap temperatur maka dapat ditentukan pada temperatur berapa sebaiknya aspal dipadatkan sehingga menghasilkan hasil yang baik.

c. Kekerasan aspal

Sifat kekakuan atau kekerasan aspal sangat penting, karena aspal yang mengikat agregat akan menerima beban yang cukup besar dan berulang-ulang. Pada proses pencampuran aspal dengan agregat dan penyemprotan aspal ke permukaan agregat terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas atau viskositas bertambah tinggi.

Peristiwa perapuhan terus terjadi setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerasi yang besarnya dipengaruhi oleh aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan aspal yang terjadi dan demikian juga sebaliknya.

d. Daya ikatan (Adhesi dan Kohesi)

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah ikatan di dalam molekul aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

2.1.3. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sukirman, 2003).

Agregat harus terdiri dari butiran yang bersih, keras, kerikil pecah atau batu pecah dari bahan yang awet, bebas dari kotoran, lempung, debu atau benda lainnya yang dapat menghalangi penyelimutan yang menyeluruh oleh aspal. (Spesifikasi Bina Marga Divisi VI, 2018).

Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain : pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu

agregat dan lain-lain. Berdasarkan hal tersebut Agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

A. Agregat halus (abu batu)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batuan besar menjadi butiran batuan yang berukuran kecil. Agregat halus adalah butiran batuan yang mempunyai ukuran terbesar 5,0 mm atau tertahan di saringan no. 4. Hasil desintegrasi alami ini menghasilkan butiran agregat halus yang berbentuk cenderung membulat dan bertekstur kasar.

Abu batu adalah limbah hasil dari pemecah batu yang berupa butiran halus. Karena jumlahnya tidak sedikit abu batu diupayakan pemanfaatannya untuk mengurangi pasir dalam campuran beton. Abu batu umumnya berwarna abu-abu yang terdiri dari butiran yang kasar dan lolos terhadap saringan no.200, namun pada penelitian ini abu batu yang digunakan yaitu abu batu yang tertahan saringan no.200. Kelebihan lainnya abu batu memiliki tekstur yang tajam karena abu batu berasal dari proses pemecahan batu sehingga tekstur abu batu memiliki tekstur yang tajam sehingga dapat membuat ikatan yang cukup kuat.

B. Agregat kasar

Adalah agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan pada saringan no.4 terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) yang berasal dari alam (Bina Marga 2018). Fungsi agregat kasar dalam campuran panas aspal adalah selain memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi rongga sehingga campuran menjadi ekonomis.

Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap keausan, terutama untuk penggunaan agregat sebagai agregat lapisan aus/lapisan permukaan pada perkerasan,

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas karena dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban di atasnya dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Agregat yang akan dipakai pada perkerasan harus memperhatikan sifat-sifat agregat yaitu :

1. Gradasi dan ukuran

Gradasi adalah ukuran butiran dalam agregat. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- a. Gradasi seragam/terbuka (*uniform graded*) adalah gradasi dengan ukuran yang hampir sama atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.
- b. Gradasi rapat/baik (*dense graded*) adalah campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang.
- c. Gradasi buruk/senjang (*poorly graded*) adalah campuran agregat dengan proporsi satu fraksi tertentu hanya relatif sedikit atau bahkan hilang sama sekali.

2. Kebersihan

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

3. Kekuatan dan Kekerasan

Kekuatan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimiawi. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disitegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut. Kekuatan dan keausan agregat diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles.

4. Bentuk permukaan

Bentuk permukaan agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak lebih luas (berbentuk bidang

rata sehingga memberikan interlock/saling mengunci yang lebih besar) sehingga agregat bentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dibandingkan agregat berbentuk bulat (Sukirman, 1999).

5. Tekstur permukaan

Tekstur permukaan yang kasar dan kesat akan memberikan gaya gesek yang lebih besar sehingga dapat menahan gaya - gaya pemisah yang bekerja pada batuan. Selain itu tekstur kasar juga memberikan gaya kohesi (ikatan antar partikel berbeda) yang lebih baik antara aspal dan batuan.

6. Porositas

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

7. Kelekatan terhadap aspal

Daya lekatan dengan aspal dipengaruhi juga oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silika merupakan agregat bersifat hydrophilic yaitu agregat yang cenderung menyerap air. Agregat demikian tidak baik untuk digunakan sebagai bahan campuran dengan aspal, karena mudah terjadi stripping yaitu lepasnya lapis aspal dari agregat akibat pengaruh air (Sukirman, 1999).

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang digunakan pada perkerasan lentur dapat dibedakan menjadi tiga jenis:

a. Agregat alam (*Natural Aggregate*)

Agregat alam terbentuk karena proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan dari proses pembentukannya. Aliran air sungai membentuk partikel bulat dengan permukaan yang licin. Degradasi agregat di bukit - bukit membentuk partikel - partikel yang bersudut dengan permukaan yang kasar. Berdasarkan tempat asalnya agregat alam dapat dibedakan atas

pitrun yaitu agregat yang diambil dari tempat terbuka di alam dan bakrun yaitu agregat yang berasal dari sungai/endapan sungai.

- b. Agregat dengan proses pengolahan (*Manufactured Aggregate*)
Manufactured Aggregate adalah agregat yang barasal dari mesin pemecah batu. Pengolahan ini bertujuan untuk memperbaiki gradasi agar sesuai dengan ukuran yang diperlukan, mempunyai bentuk yang bersudut, dan mempunyai tekstur yang kasar.
- c. Agregat buatan

Agregat ini dibuat dengan alasan khusus, yaitu agar mempunyai daya tahan tinggi dan ringan untuk digunakan pada konstruksi jalan. Agregat yang digunakan dalam campuran aspal harus memenuhi persyaratan sebagaimana disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi pemeriksaan agregat

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 20
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018 Divisi VI

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari suatu campuran untuk konstruksi perkerasan jalan mempunyai spesifikasi gradasi tertentu untuk menghasilkan stabilitas, keamanan dan kenyamanan yang tinggi. spesifikasi gradasi tersebut menunjukkan presentase agregat yang lolos pada setiap saringan terhadap berat total agregat.

2.1.4. Semen

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat 5 bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Kadar semen dalam komposisi agregat yang digunakan hanya dengan rentang 1%-2% (Bina Marga 2018).

Semen ini biasa digunakan sebagai bahan perekat untuk pelapis perlindungan pada dinding (*plester*) . Kandungan tentang komposisi senyawa kimia pada semen portland dan fungsinya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2 Kandungan semen portland sebagai filler laston

Nama Senyawa	Persentase
Tricalcium Silicate(C3S)	51%
Dicalcium Silicate(C2S)	24%
Tricalcium Aluminate(C3A)	6%
Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)	11%
Magnesium Oksida(MgO)	2,9%
Sulfur Trioksida(SO3)	2,5%

Semen portland terbuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral, kemudian dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran. Setelah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut nantinya akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampurkan dengan air. Contoh dari reaksi kimia yang terjadi pada semen yaitu dilihat pada campuran beton semen yang mengeras pada hari 28 setelah bereaksi dengan air. Proses kimia tersebut dinamakan proses hidrasi (Putrowioyo,2006).

2.1.5. Bahan pengisi (*filler*) abu sekam padi

Abu sekam padi merupakan bahan limbah yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi. Proses pembakaran sekam padi hingga menjadi abu, bertujuan untuk membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak sehingga memiliki perilaku seperti semen. Proses pembakaran akibat panas yang terjadi akan menghasilkan perubahan struktur Silika yang berpengaruh pada dua hal yaitu tingkat aktivitas Pozzolan dan kehalusan butiran abu. (Ridwan dan Nadia,2017).

Silvia Sukirman (2003) menyatakan *filler* adalah material yang sebagian besar lebih kecil dari 0,075 mm (saringan no. 200). Pada prakteknya *filler* berfungsi untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. dengan meningkatkan komposisi *filler* dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar air *void* (rongga udara) dalam campuran.

Dengan penambahan kadar *filler* pada umumnya akan memperkecil volume rongga dalam campuran. *Filler* juga berpengaruh terhadap nilai kadar aspal optimum melalui luas permukaan dari partikel mineralnya. Penggunaan *filler* yang terlalu banyak cenderung menghasilkan campuran yang getas dan mudah retak. Di sisi lain, kandungan *filler* yang terlalu rendah juga akan menghasilkan campuran lebih peka terhadap temperatur dimana campuran (Ramadhan,2014).

Meskipun demikian komposisi *filler* dalam campuran tetap dibatasi. Terlalu tinggi kadar *filler* dalam campuran akan mengakibatkan campuran menjadi getas (*brittle*), dan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* akan menyebabkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas. Pada konstruksi perkerasan *filler* berfungsi sebagai pengisi ruang kosong (*void*) di antara agregat kasar sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan kerapatan massanya lebih kasar. Dengan bubuk isian yang berbutir halus maka luas permukaan akan bertambah, sehingga luas bidang kontak yang dihasilkan juga akan bertambah luasnya, yang mengakibatkan

tahanan terhadap gaya geser menjadi lebih besar sehingga stabilitas geseran akan bertambah. Persyaratan *filler* sebagai berikut:

- a. Bahan yang lolos ukuran saringan no. 30 (0,59 mm)
- b. Minimum 65% *filler* lolos saringan no. 200 (0,075 mm)
- c. Bersifat non plastis, pada waktu digunakan bahan pengisi harus cukup kering untuk dapat mengalir bebas dan tidak boleh menggumpal.
- d. Spesific Gravity lebih dari sama dengan 2,75 gr/cm

Adapun komposisi kimia yang dimiliki dari abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

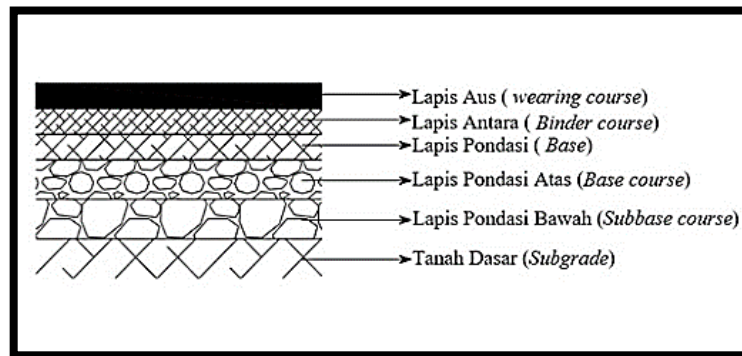
Tabel 2.3 Komposisi kimia abu sekam padi (*rice husk ash*)

Komposisi Kimia	Jumlah (% berat)
SiO ₂	92,15
Al ₂ O ₃	0,41
Fe ₂ O ₃	0,21
CaO	0,41
MgO	0,45
Na ₂ O	0,08
K ₂ O	2,31

Sumber : Bustanul, 2001

2.1.6. Struktur perkerasan lentur

Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi ini mengijinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas sehingga disebut perkerasan “lentur”. Fungsi dari lapisan ini adalah memikul dan meneruskan beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar. Salah satu jenis perkerasan lentur adalah *Hot Rolled Asphalt* (HRA), *Porous Asphalt* (PA) serta *Asphalt Concrete* (AC). Susunan struktur jalan (perkerasan lentur) di Indonesia pada umumnya mengacu kepada standar USA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur perkerasan lentur

2.1.6.1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas, yang terdiri dari lapis aus (*wearing course*) dan lapis antara (*binder course*). Fungsi dari lapis permukaan antara lain: Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.

a. Lapis aus (*wearing course*)

- 1.) Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, dandapat diganti lagi dengan yang baru.
- 2.) Menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat (anti selip).

b. Lapis antara (*binder course*)

- 1.) Menyediakan drainase yang baik dari permukaan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- 2.) Menerima beban langsung dari lalu lintas dan menyebarkannya untuk mengurangi tegangan pada lapisan bawah struktur jalan.
- 3.) Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata.

2.1.6.2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari lapisan perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah tanah dasar apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Karena terletak

tepat di bawah permukaan perkerasan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat dan paling menderita. Secara umum lapis pondasi atas (*base course*) mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Bantalan atau lapis pendukung terhadap lapis permukaan.
2. Pemikul beban vertikal dan horizontal.
3. Meneruskan beban ke lapisan di bawahnya.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

2.1.6.3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah adalah bagian lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi sebagai berikut :

1. Menyebarkan beban roda ke tanah dasar, sehingga lapisan ini harus cukup kuat (CBR 20% dan Plastisitas Indeks (PI) > 10%).
2. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif lebih murah dibandingkan dengan material lapisan perkerasan di atasnya.
3. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
4. Lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
5. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat.
6. Lapisan untuk mencegah partikel – partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.

2.1.6.4. Tanah dasar (*sub grade*)

Tanah dasar (*Sub Grade*) adalah lapisan tanah setebal 50 – 100 cm yang di atasnya akan diletakkan lapis pondasi bawah. Sebelum lapisan-lapisan lain diletakkan, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat – sifat daya dukung tanah dasar. Pemadatan yang baik

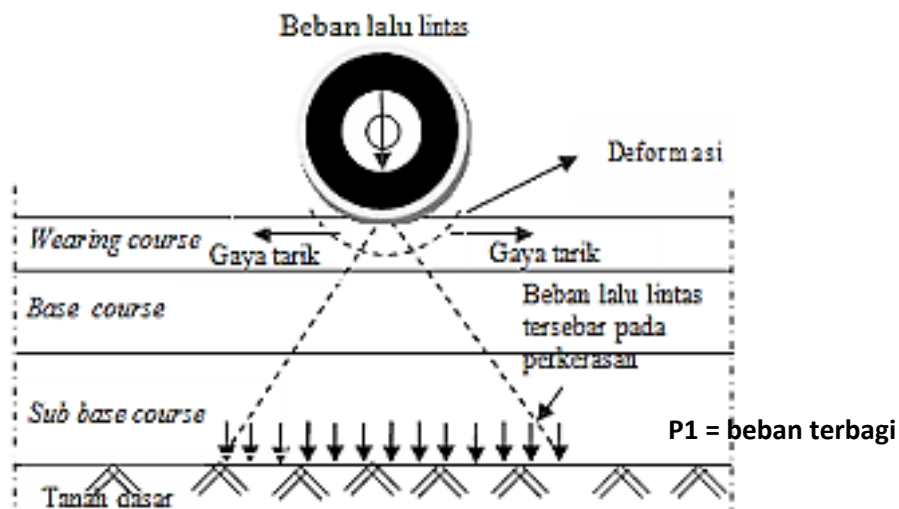
akan diperoleh jika dilakukan pada kondisi kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan, atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Adapun fungsi tanah dasar adalah sebagai tempat peletak pondasi dan pemberi daya dukung terhadap lapisan di atasnya.

2.1.7. Pembebanan pada perkerasan jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur yang dipadatkan akan menimbulkan beban langsung pada arah vertikal (tegangan statis) yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan. Ketika kendaraan bergerak, timbul tambahan tegangan dinamis pada arah horisontal akibat akselerasi pergerakan kendaraan serta pada arah vertikal akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena perkerasan yang tidak rata. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramida dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan. Peningkatan distribusi tegangan tersebut mengakibatkan beban atau tegangan yang terdistribusi semakin ke bawah semakin kecil sampai permukaan lapis tanah dasar.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan dilimpahkan ke perkerasan jalan melalui melalui bidang kontak roda berupa beban terbagi rata Po. Beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebar ke tanah dasar menjadi P1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Distribusi beban pada struktur jalan

Berdasarkan hal tersebut, lapisan perkerasan jalan akan mengalami dua pembebanan yaitu beban tekan dan beban tarik. Beban tarik sering menyebabkan adanya retak, diawali dengan adanya retak awal (*crack initiation*) pada bagian bawah lapisan perkerasan yang kemudian akan menjalar ke permukaan. Namun, retak awal juga dapat terjadi pada bagian atas lalu menyebar ke bawah permukaan.

Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan salah satunya disebabkan oleh peningkatan beban dan repetisi beban. Sebagian besar jalan di Indonesia menggunakan *Asphalt Concrete* (AC). *Asphalt Concrete* yang bergradasi menerus mempunyai ketahanan yang baik terhadap deformasi permanen, tetapi kurang tahan terhadap retak akibat kelelahan yang sering disebabkan oleh beban berulang (repetisi beban). Pengulangan beban akan menyebabkan retak pada lapisan beraspal. Cuaca menyebabkan lapisan beraspal menjadi rapuh, sehingga makin rentan terhadap retak dan pelepasan (disintegrasi). Apabila retak mulai meluas dan tidak segera diperbaiki maka retak akan terus meluas dengan cepat dan terjadi gompal (*spalling*) dan akhirnya akan terjadi lubang. Retak yang disebabkan oleh pengulangan beban menyebabkan adanya gaya tarik yang dialami aspal beton.

2.1.8. Karakteristik campuran

Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (Sukirman,2003). Di bawah ini adalah karakteristik yang akan diinginkan dalam penelitian:

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*wash boarding*), alur (*rutting*) dan naiknya aspal ke permukaan (*bleeding*). Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :
 - Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
 - Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai durabilitas adalah:
 - a. Tebalnya film atau selimut aspal
 - b. Banyaknya pori dalam campuran
 - c. Kepadatan dan kedap airnya campuran.
3. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan

terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya esek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu:
 - a. Kekasaran permukaan dari butir-butir agregat
 - b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
 - c. Gradasi agregat
 - d. Kepadatan campuran
 - e. Tebal film aspal.
5. Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:
 - a. Kecilnya persentase porositas
 - b. Gradasi agregat
 - c. Kepadatan campuran

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Perhitungan kadar aspal rencana

Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan menentukan kadar aspal rencana secara empiris dengan persamaan 2.1

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

dengan:

Pb = Perkiraan kadar aspal tengah terhadap campuran (presentase berat terhadap campuran)

CA = Agregat tertahan saringan nomor 8 (agregat lolos saringan 3/4" – agregat lolos saringan no. 8)

FA = Agregat lolos saringan nomor 8 dan tertahan saringan No.200 (agregat lolos saringan no.8 – agregat lolos saringan no. 200)

FF = Bahan pengisi lolos saringan nomor 200 (agregat lolos saringan no.200)

K = Kira-kira konstanta 0,5 - 1 untuk laston

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

Nilai kadar aspal tengah rencana (P_b) pada hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5%. Pada penelitian ini menggunakan 3 kadar aspal rencana, sehingga ditentukan satu kadar aspal diatas kadar P_b dan satu kadar aspal dibawah kadar P_b yang masing-masing berbeda 0,5%.

2.2.2 Pengujian gradasi agregat dan *filler*

Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk menentukan komposisi dari benda uji / Sample campuran aspal yang akan kita jadikan acuan untuk pengaspalan ketika di lapangan, hasil dari uji gradasi ini akan di peroleh grafik yang nantinya pada grafik akan di tentukan berapa persen komposisi yang masuk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan pada spesifikasi Bina Marga. Saringan untuk gradasi ini berbeda dengan gradasi tanah dan lapisan berbutir. Ukuran gradasi aspal berdasarkan ukuran saringan dari yang terbesar hingga yang terkecil adalah 1.5” , 1” , ¾” , ½” , 3/8” , No.4 , No.8, No.16 , No.30, No.50, No.100, No.200.

2.2.3 Pengujian volumetrik benda uji

Pengujian volumetrik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai *density*, berat jenis campuran dan porositas dari masing–masing benda uji (*bricket*). Pada pengujian volumetrik ini proses yang dilakukan pada benda uji (*bricket*) meliputi pengukuran tebal, diameter, berat di udara, berat SSD, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal. Pengujian volumetrik pada masing-masing benda uji dilakukan sebelum pengujian marshall. Data-data yang diperoleh dari pengujian dengan skala laboratorium kemudian dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

A. Berat Jenis

a.) Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah kering (BULK)} = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.2)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan (SSD)} = \frac{B}{(B-C)} \quad (2.3)$$

$$\text{Berat jenis semu (APPT)} = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.4)$$

$$\text{Penyerapan} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100 \% \quad (2.5)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

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

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

$$\text{Berat Jenis Curah Kering (BULK)} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (2.6)$$

$$\text{Berat Jenis kering permukaan (SSD)} = \frac{S}{(B+S-C)} \quad (2.7)$$

$$\text{Berat Jenis Semu (APPT)} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (2.8)$$

$$\text{Penyerapan} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100 \% \quad (2.9)$$

dengan :

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan : 500 gr

- A = berat benda uji kering oven (gram)
- B = berat piknometer yang berisi air (gram)
- C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram)

c.) Berat jenis *bulk* gabungan (U)

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

d.) Berat jenis *apparent* gabungan (App)

$$\frac{100}{\left(\frac{a}{B_j a \text{ app}}\right) + \left(\frac{b}{B_j a \text{ app}}\right) + \left(\frac{c}{B_j a \text{ app}}\right) + \left(\frac{d}{B_j a \text{ app}}\right)} \quad (2.11)$$

e.) Berat jenis efektif (V)

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

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

2.2.4 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari suatu campuran aspal. Semakin tinggi nilai stabilitas pada campuran maka nilai flow juga akan tinggi. Dengan nilai stabilitas yang tinggi dapat disimpulkan bahwa aspal mampu menahan beban. Parameter pada pengujian marshall antara lain:

1. Kelelahan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah suatu perubahan bentuk pada campuran yang terjadi pada awal pembebanan hingga batas kekuatan stabilitas menurun atau mengalami kehancuran. Setelah diketahui nilai stabilitas dan kelelehan (*flow*) perlu diketahui nilai *marshall quotient* yang merupakan hasil bagi keduanya. Nilai *flow* = *r* didapatkan dari pembacaan arloji *flow* saat pengujian marshall berlangsung dalam satuan 0,01 mm.

2. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap, seperti gelombang, alur dan naiknya aspal ke permukaan. Nilai stabilitas dari benda uji didapat dari pembacaan arloji stabilitas alat tekan marshall. Angka ini dikoreksi dengan angka kalibrasi alat dan angka koreksi ketebalan benda uji.

Nilai stabilitas (*stability*) dapat dihitung dengan persamaan 2.13.

$$S = P \times r \times \text{faktor koreksi} \quad (2.13)$$

dengan :

P = Kalibrasi *proving ring* pada 0

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas

Faktor koreksi tebal lapis penyesuaian pada lapisan aspal beton adalah 1,00 (Pd T-05-2005-B), sehingga untuk menentukan faktor koreksi pada lapisan aspal beton (*laston*) yaitu hanya melihat angka koreksi dari rentang 0,83 – 1,00. Angka koreksi dapat ditentukan berdasarkan tebal benda uji, dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Rasio korelasi stabilitas pada laston

Tebal benda uji (mm)	Angka koreksi
63,5	1,00
65,1	0,96
66,7	0,93
68,3	0,89
69,9	0,86
71,4	0,83
73,0	0,81
74,6	0,78
76,2	0,76

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

3. *Marshall Quotient (MQ)*

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

Perhitungan nilai MQ dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14.

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

dengan:

S = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

T = Nilai kelelehan / *flow* (mm)

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

4. *Density*

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

Nilai kepadatan (*density*) dapat dihitung dengan persamaan 2.15.

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

$$\text{dengan : } i = h/e \quad (2.16)$$

e = Berat benda uji sebelum direndam (gram)

f = Berat benda uji jenuh air (gram)

g = Berat benda uji dalam air (gram)

h = Isi benda uji (ml)

i = Berat isi benda uji (gram/ml)

5. VIM (*Void in the Mix*)

VIM (*Void in the Mix*) merupakan persentase volume antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil jika kadar aspal semakin besar. Hal ini karena rongga antar agregat akan semakin terisi aspal.

Untuk mendapatkan nilai VIM dihitung dengan persamaan 2.17.

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

dengan :

i = B_j benda uji

j = B_j Camp Maximal

6. VFB (*Void Filled with Bitumen*)

VFB (*Void Filled with Bitumen*) adalah persentase rongga terisi aspal pada suatu campuran setelah dipadatkan. Besarnya nilai VFB dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, jumlah tumbukan dan temperatur saat pemadatan. Semakin besar nilai VFB maka semakin banyak aspal yang terisi di dalam rongga, sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara semakin besar. Nilai VFB dapat dihitung dengan persamaan 2.18.

$$VFB = 100 \times \frac{K}{n} \quad (2.18)$$

dengan :

K = Persentase *volume* aspal

n = Persentase rongga agregat/VMA

7. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara pada butir-butir agregat yang ada pada campuran dan dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA berpengaruh terhadap sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara. Nilai volume rongga di dalam agregat yang terisi oleh aspal, dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

Nilai VMA dapat dihitung dengan persamaan 2.19.

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

dengan :

I = Persentase volume agregat

Berdasarkan kriteria pengujian marshall diatas dapat diperoleh kadar aspal optimum (KAO), dari kadar aspal optimum tersebut kemampuan suatu campuran dapat diketahui apakah sesuai dengan standart pada Bina Marga. Persyaratan campuran lapis aspal beton (laston) AC pada spesifikasi Bina Marga Divisi 6 adalah sebagai berikut :

Rongga dalam campuran (VIM) : Min. 3.0 %
Max. 5.0 %

Rongga dalam agregat (VMA) : Min. 15%

Rongga terisi aspal (VFB) : Min. 65%

Stabilitas marshall : Min. 800 kg

Pelelehan (*Flow*) : Min. 2 mm
Max. 4 mm

Pada campuran aspal yang ideal dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan tersebut, terutama syarat stabilitas yang tinggi, volume rongga pori dalam agregat yang kecil, dan volume rongga dalam campuran yang kecil.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui pengujian dengan menggunakan tes Marshall sehingga diperoleh nilai-nilai stabilitas, *flow*, *density*, VFB, VIM, dan *Marshall Quotient (MQ)*. Sebelum melakukan pengujian harus terlebih dulu dilakukan uji bahan dan perancangan campuran yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga.

Dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan variasi bahan pengisi (*filler*) dengan kadar abu sekam padi (*rice husk ash*) 2%, 2,5%, 3% terhadap berat total agregat dan kadar aspal yang digunakan 5,5%, 6%, 6,5%.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan uji coba mulai dilaksanakan pada tanggal 28 Juni 2021 sampai dengan tanggal 12 Juli 2021. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB.

3.3 Jenis Data

Jenis data dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui kegiatan percobaan yang dilakukan langsung dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada.

2. Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diambil dari hasil penelitian sebelumnya atau yang dilaksanakan yang masih berhubungan dengan penelitian tersebut. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data analisa gradasi agregat, data pengujian berat jenis agregat dan data pemeriksaan karakteristik aspal yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga.

3.4. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

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



Gambar 3.1 Saringan standar ASTM

- b. Alat pengujian Volumetrik



Gambar 3.2 Alat pengujian volumetrik

2. Oven dan pengatur suhu.



Gambar 3.3 Oven

3. Timbangan.



Gambar 3.4 Timbangan Elektronik

4. Termometer.



Gambar 3.5 Termometer

5. Alat pembuat *briket* campuran aspal hangat terdiri dari :
- Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,60 mm,tinggi 76,2 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.



Gambar 3.6 Satu set cetakan (mold)

- b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 gram, tinggi jatuh bebas 457,2 mm (18”).



Gambar 3.7 Alat penumbuk (*compactor*)

- c. Satu set alat pengangkat *briket* (dongkrak hidrolis).



Gambar 3.8 Dongkrak hidrolis

6. Satu Set *Water Bath*



Gambar 3.9 Water bath

7. Satu set alat marshall, terdiri dari :

- a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, dengan jari-jari bagian dalam 50,8 mm (2 in).
- b. Dongkrak pembebanan (*loading jack*) yang digerakkan secara elektrik dengan kecepatan pergerakan vertikal 50,8 mm/menit.
- c. Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 (0,001 in)
- d. Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta pelengkapannya.



Gambar 3.10 Satu set alat penguji Marshall

8. Alat Penunjang
 - a. Panci, kompor
 - b. sendok, spatula
 - c. sarung tangan
 - d. wajan.

3.5. Bahan

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

1. Agregat

Agregat yang digunakan berasal dari stockpile PT. Sinar Bali Bina Karya. Hasil pemeriksaan agregat merupakan data sekunder yang diperoleh dari Laboratorium Balai Pengujian Material Konstruksi, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Barat.

2. Aspal

Aspal penetrasi 60 / 70 produksi PERTAMINA yang diperoleh dari Laboratorium Jalan Dinas PU Prov. NTB

3. *Filler*

Filler adalah suatu mineral agregat dari fraksi halus yang sebagian besar (+ 85 %) lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Penelitian ini menggunakan *Filler* abu sekam padi yang berasal dari bekas pembakaran sekam padi pada proses pembuatan batu bata.



Gambar 3.11 Filler abu sekam padi

3.6. Benda Uji

Benda uji yang dibuat bervariasi berdasarkan kadar aspal optimum (KAO), nilai KAO menjadi patokan untuk membuat variasi benda uji. dengan 3 variasi, yaitu: penambahan abu sekam padi 2%, penambahan abu sekam padi 2,5 %, dan penambahan abu sekam padi 3%.

Dalam menentukan jumlah benda uji yang dilakukan adalah dengan menentukan kadar aspal tengah (Pb), kadar aspal tengah selanjutnya digunakan untuk menjadi pedoman dalam pembuatan benda uji agar diperoleh kadar aspal optimum (KAO) pada suatu campuran.

Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 36 buah benda uji. Jumlah kebutuhan benda uji tersebut seperti disajikan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Benda Uji Dalam Menentukan KAO

Perancangan Kadar Aspal Optimum				
Variasi Filler Abu Sekam Padi	Kadar Aspal (%)			Jumlah
	5	5,5	6	
2%	3	3	3	9
2,5%	3	3	3	9
3%	3	3	3	9
Total				27

Tabel 3. 2 Kebutuhan Benda Uji Dalam Pengujian Marshall

Pengujian Marshall Standart				Jumlah
Kadar Aspal Optimum (%)				
Variasi Filler Abu Sekam Padi	2 %	2,5 %	3 %	
	3	3	3	9
Total				9

3.7. Prosedur Pelaksanaan

3.7.1 Pembuatan benda uji

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancang campur (*mix design*). Perencanaan rancang campur meliputi perencanaan gradasi

agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal, dan *filler*. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan gradasi rencana campuran.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap 1

Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan persentase masing - masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran agregat yang sesuai.

2. Tahap 2

Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat *filler* dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. Persentase ditentukan berdasarkan berat total campuran, yaitu 1200 gram. Kadar Aspal ditentukan dengan perhitungan komposisi agregat campuran. Kadar Aspal yang digunakan sesuai Tabel 3.1.

3. Tahap 3

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

4. Tahap 4

Setelah aspal dituangkan ke dalam agregat, campuran ini diaduk sampai rata dan kemudian didiamkan hingga mencapai suhu pemadatan 120°C - 140°C. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas *mould* dengan kertas pada alat penumbuk.

5. Tahap 5

Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing - masing sisinya (atas/bawah). Selanjutnya benda uji didinginkan pada suhu ruang selama ± 2 jam, barulah dikeluarkan kembali dari *mould* dengan bantuan dongkrak hidrolik.

6. Tahap 6

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

3.7.1. Volumetrik test

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

1. Tahap 1

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

2. Tahap 2

Dari hasil pengukuran tinggi, berat, serta diameter benda uji. Dapat dihitung volume bulk dan densitas dengan rumus pada pengujian Volumetrik hal 29.

3. Tahap 3

Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (*Specific Gravity*) masing – masing benda uji dengan menggunakan rumus 2.2, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9.

4. Tahap 4

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

5. Tahap 5

Dari perhitungan tersebut akan diperoleh grafik yang nantinya pada grafik ini akan disatukan untuk mendapatkan kadar aspal optimum.

3.7.2. Marshall test

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

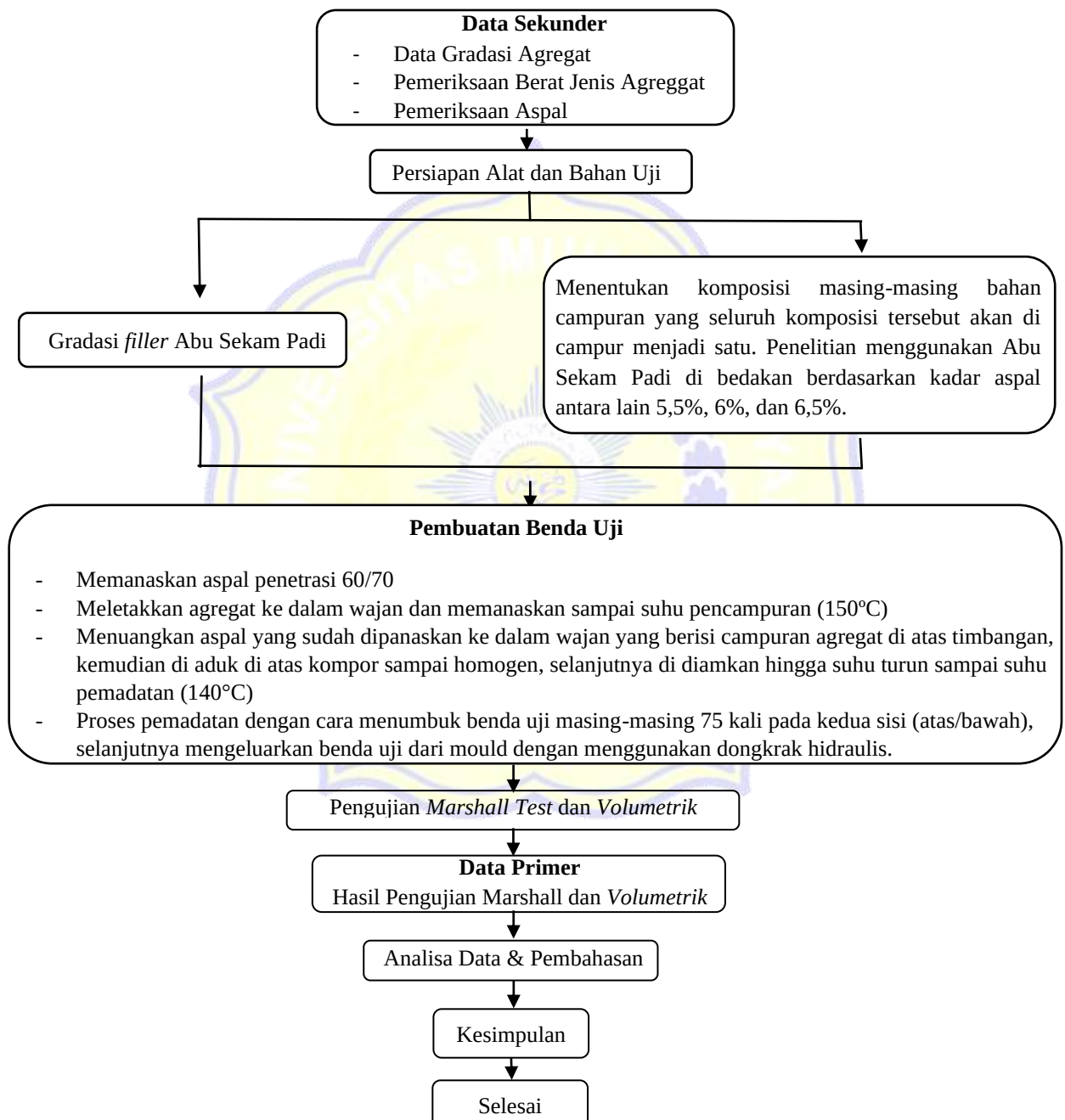
1. Benda uji direndam selama ± 24 jam.

2. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 - 40 menit dengan suhu 60 °C.

3. Benda uji dikeluarkan dari penangas air dan diletakkan dalam bagian bawah alat penekan uji Marshall.

4. Hasil dari pengujian ini diperoleh nilai stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan *marshall quotient* di dapatkan dengan rumus 2.14

3.8. Tahap Penelitian



Gambar 3.12 Diagram alir penelitian