



**PENGARUH PEMANFAATAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI
BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS
PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC DENGAN METODE
*MARSHALL TEST***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka
Memenuhi Penyusunan Skripsi Jenjang S1
Program Studi Teknik Sipil

Oleh :

ANGGY RIFANI

NPM. 6520600018

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “PENGARUH PEMANFAATAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC DENGAN METODE MARSHALL TEST”

Nama Penulis : ANGGY RIFANI

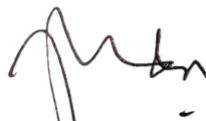
NPM : 6520600018

Telah disetujui oleh dosen pembimbing unuk dipertahankan di hadapan sidang dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal, pada:

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I



(Weiminoro, ST., MT)
NIPY. 24561101982

Pembimbing II



(Ahmad Farid, ST., MT)
NIPY. 191511101978

LEMBAR PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Pada Hari :

Tanggal :

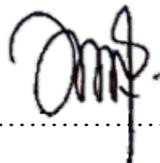
Ketua penguji

(Rusnoto, ST.MEng)
NIPY.14054121974

(.....)

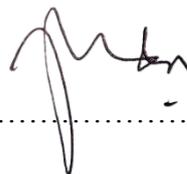
Penguji Utama

(Nadya Shafira Salsabilla, ST.MT.)
NIPY. 30161841996

(.....)

Penguji 1

(Weimintoro, ST.MT)
NIPY. 24561101982

(.....)

Penguji 2

(Ahmad Farid, ST.MT.)
NIPY. 191511101978

(.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer


(Dr. Agus Wibowo, ST., MT.)
NIPY. 126518101972

LEMBAR PERNYATAAN

Dalam penelitian skripsi saya ini saya tidak melakukan penjiplakan. Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “PENGARUH PEMANFAAATAN ABU SERABUT KELAPA SEBAGAI BAHAN TAMBAH AGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC DENGAN METODE MARSHALL TEST” ini dan seluruh isinya adalah benar karya saya sendiri. Adapun pengutipan dengan cara-cara yang sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya sudah tertera dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat untuk dijadikan sebagai pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim atas karya ini.

Tegal, 5 Agustus 2024



Anggy Rifani
NPM. 6520600018

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. (Al-Baqarah : 286)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. *My Hero*, Bapak Khemi dan pintu surgaku Mamma Sutrima. Terimakasih atas doa dan segala pengorbanan serta tulus kasih yang diberikan. Terimakasih telah memberikan pendidikan yang terbaik untuk anaknya sampai menyelesaikan studinya meraih gelar sarjana. Semoga bapak dan mamma sehat, panjang umur dan bahagia selalu.
2. Kedua adikku, Raffi dan Adit. Terimakasih sudah ikut serta dalam proses penulis menempuh pendidikan selama ini, atas bantuan dan hiburan sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
3. Seluruh keluarga tercinta, kakek dan nenek serta paman dan bibi serta budhe yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini
4. Para sahabatku yang selalu memberikan semangat untuk bisa menyelesaikan skripsi untuk bisa wisuda bersama.
5. Seluruh dosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunianya karena penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Campuran Aspal AC – WC Dengan Metode Marshall Test” guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada program studi Teknik Sipil.

Dalam menyusun skripsi ini banyak pihak yang andil membantu dan membimbing penulis, oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST.,MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Weimintoro, ST.,MT. Selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Ahmad Farid, ST.,MT. Selaku dosen Pembimbing II.
4. Kepada kedua orang tua saya, Mamma Sutrima dan Bapak Khemi yang selalu mensupport saya dalam segala hal.
5. Kepada seluruh keluarga saya yang membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Dan untuk sahabat saya yang selalu memberi dukungan kepada saya untuk terus mengerjakan skripsi sampai selesai.

Namun penulis menyadari bahwa dalam penyusunan penelitian skripsi ini masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pembaca.

Tegal, 5 Agustus 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alki' with a small 'K' above the 'i'.

Penulis

ABSTRAK

Anggy Rifani, 2024 “**Pengaruh Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode *Marshall Test***”. Laporan Skripsi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi yang sangat penting pada kemajuan dan pembangunan untuk kehidupan masyarakat. Rusaknya jalan bisa disebabkan dari stabilitas aspal yang kurang baik. Abu serabut kelapa mempunyai komposisi dari senyawa (dalam satuan persen berat) yang terdiri atas unsur SiO_2 42,98%, Al_2O_3 2,26%, dan Fe_2O_3 1,66%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapakah nilai stabilitas pada campuran aspal panas dengan menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus dengan presentase kadar sebanyak 0%, 2%, 4% dan 6%.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, atau dapat diartikan sebuah percobaan dalam melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi dari suatu variabel yang diteliti. Dengan penambahan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran aspal dengan variasi sampel 0%, 2%, 4%, dan 6%.

Dari hasil pengujian diperoleh hasil dari penambahan yang paling efektif pada kadar 2% dengan nilai 952.6 kg. Pada nilai kelelehan (*flow*) penambahan yang paling efektif pada kadar 2% dengan nilai 2.57 mm. pada persyaratan Bina Marga ada beberapa pengujian yang tidak masuk persyaratan, seperti pada nilai kepadatan (*density*) pada kadar 0% dengan nilai 2.209 gr/cc, kadar 4% dengan nilai 2.222 gr/cc dan kadar 6% dengan nilai 2.195 gr/cc. semua nilai VIM dan nilai VFB. Namun untuk persyatan lain sudah memenuhi persyatan Bina Marga (2018) diantaranya kepadatan (*density*), pada kadar 2%. VMA, stabilitas, kelelehan (*flow*) dan *marshall quotient*.

Kata Kunci : Stabilitas, Flow, Abu Serabut Kelapa, bahan tambah.

ABSTRACT

Anggy Rifani, 2024 “**Pengaruh Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode *Marshall Test***”. Civil Engineering Thesis Report, Faculty of Engineering and Computer Science, Pancasakti University, Tegal.

Roads are a form of transportation infrastructure that is very important for progress and development in people's lives. Road damage can be caused by poor asphalt stability. Coconut fiber ash has a compound composition (in weight percent units) consisting of the elements SiO₂ 42.98%, Al₂O₃ 2.26%, and Fe₂O₃ 1.66%. The aim of this research is to determine the stability value of hot asphalt mixtures using coconut fiber ash as an added ingredient for fine aggregate with percentages of 0%, 2%, 4% and 6%.

The research method used in this research is an experimental method, or can be interpreted as an experiment in conducting research which aims to determine the changes that occur in a variable being studied. By adding coconut fiber ash as a fine aggregate additive to the asphalt mixture with sample variations of 0%, 2%, 4% and 6%.

From the test results, it was obtained that the most effective addition was at a level of 2% with a value of 952.6 kg. In terms of flow value, the most effective addition was 2% with a value of 2.57 mm. In the Bina Marga requirements there are several tests that are not included in the requirements, such as the density value at 0% with a value of 2,209 gr/cc, 4% content with a value of 2,222 gr/cc and 6% content with a value of 2,195 gr/cc. all VIM values and VFB values. However, other requirements have been met by Bina Marga (2018), including density, at a level of 2%. VMA, stability, melting (flow) and marshall quotient.

Keywords: Stability, Flow, Coconut Fiber Ash, filler.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	2
C. Rumusan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	
LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Landasan Teori.....	6
1. Perkerasan Jalan	6
2. Bahan Penyusun Campuran Aspal	12
3. Abu serabut kelapa	28
4. Aspal Campuran Panas.....	29
5. Lapis Aspal Beton	33
6. Perencanaan <i>Job Mix Formula</i>	36
7. Metode Pengujian <i>Marshall</i>	38
B. Tinjauan Pustaka	44

BAB III	
METODOLOGI PENELITIAN.....	48
A. Metodologi Peneitian	48
B. Waktu dan Tempat Penelitian	49
C. Variabel Penelitian	50
D. Instrumental Penelitian.....	51
E. Metode Pengumpulan Data	78
F. Metode Analisa Data.....	81
G. Diagram Alur Penelitian.....	84
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	85
A. Hasil Penelitian	85
B. Pembahasan.....	115
BAB V	
KESIMPULAN DAN SARAN.....	162
A. Kesimpulan	162
B. Saran.....	163
DAFTAR PUSTAKA	164
LAMPIRAN.....	165

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lapis perkerasan lentur.....	7
Gambar 2.2 Lapis perkerasan kaku.....	8
Gambar 2.3 Struktur perkerasan.....	11
Gambar 3.1 Agregat Halus.....	51
Gambar 3.2 Agregat Kasar.....	52
Gambar 3.3 Aspal.....	53
Gambar 3.4 Abu Serabut Kelapa.....	53
Gambar 3.5 Wadah.....	54
Gambar 3.6 Wajan.....	54
Gambar 3.7 Spatula.....	55
Gambar 3.8 Kompor Gas.....	55
Gambar 3.9 Sieve Shaker.....	56
Gambar 3.10 Set saringan.....	56
Gambar 2.11 Piknometer.....	57
Gambar 3.12 Kanebo.....	57
Gambar 3.13 Timbangan.....	58
Gambar 3.14 Termometer.....	58
Gambar 3.15 Mangkok <i>stainless steel</i>	59
Gambar 3.16 Mold.....	59
Gambar 3.17 Jangka sorong.....	60
Gambar 3.18 Extruder.....	60
Gambar 3.19 Spidol.....	61
Gambar 3.20 Sarung Tangan.....	61
Gambar 3.21 Kape.....	62
Gambar 3.22 <i>Ashpalt Compactor</i>	63
Gambar 3.23 <i>Water bath</i>	63
Gambar 3.24 <i>Marshall compression machine</i>	64
Gambar 3.25 <i>Los Angeles</i>	64
Gambar 3.26 Serabut Kelapa.....	65

Gambar 3.27 Pengambilan abu serabut kelapa.....	65
Gambar 3.28 Pengayakan abu serabut kelapa.....	66
Gambar 3.29 Sampel abu serabut kelapa.....	66
Gambar 3.30 Agregat 1-2.....	69
Gambar 3.31 Agregat 0-5.....	69
Gambar 3.32 Agregat Abu batu.....	69
Gambar 3.33 Pemanasan aspal.....	70
Gambar 3.34 Memasukan benda uji ke dalam mold.....	71
Gambar 3.35 Menusuk-nusuk benda uji dalam mold.....	71
Gambar 3.36 Pelapisan kertas penghisap.....	72
Gambar 3.37 Proses penumbukan benda uji.....	72
Gambar 3.38 proses membalik benda uji untuk ditumbuk kembali.....	73
Gambar 3.39 Melepas kertas penghisap.....	73
Gambar 3.40 Mendinginkan benda uji 24 jam.....	74
Gambar 3.41 Memberi tanda pada benda uji.....	74
Gambar 3.42 Mengukur benda uji.....	75
Gambar 3.43 Menimbang benda uji keadaan kering.....	75
Gambar 3.44 Menimbang benda uji dalam air.....	76
Gambar 3.45 Menimbang benda uji SSD.....	76
Gambar 3.46 Merendam benda uji dalam <i>Waterbath</i>	77
Gambar 3.47 Benda uji dipasang di <i>marshall</i>	77
Gambar 4.1 Grafik <i>Density</i>	122
Gambar 4.2 Grafik VIM.....	138
Gambar 4.3 Grafik VMA.....	146
Gambar 4.4 Grafik VFB.....	151
Gambar 4.5 Grafik Stabilitas.....	154
Gambar 4.6 Grafik <i>Flow</i>	156
Gambar 4.7 Grafik MQ.....	160

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.....	9
Tabel 2.2 Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal.....	13
Tabel 2.3 Ketentuan Agregat kasar.....	14
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat halus.....	15
Tabel 2.5 Spesifikasi Aspal.....	26
Tabel 2.6 Ketentuan Filler.....	28
Tabel 2.7 Tabel nominal minimum campuran beraspal laston.....	33
Tabel 2.8 Ketentuan karakteristik/sifat campuran laston.....	34
Tabel 2.9 Persyaratan spesifikasi mutu campuran AC-WC.....	35
Tabel 3.1 waktu pelaksanaan penelitian.....	49
Tabel 4.1 Hasil penetrasi aspal.....	86
Tabel 4.2 Hasil pengujian titik lembek.....	87
Tabel 4.3 Pemeriksaan titik nyala.....	88
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan berat jenis aspal.....	89
Tabel 4.5 Hasil pengujian abrasi.....	91
Tabel 4.6 Hasil pengujian analisis agregat Abu batu.....	93
Tabel 4.7 Hasil pengujian analisis saringan agregat 1-2.....	97
Tabel 4.8 Hasil pengujian analisis saringan agregat 0-5.....	98
Tabel 4.9 Hasil pengujian analisis saringan abu serabut kelapa.....	99
Tabel 4.10 Kombinasi agregat variasi abu serabut kelapa 0%.....	103
Tabel 4.11 Kombinasi agregat variasi abu serabut kelapa 2%.....	104
Tabel 4.12 Kombinasi agregat variasi abu serabut kelapa 4%.....	105
Tabel 4.13 Kombinasi agregat variasi abu serabut kelapa 6%.....	106
Tabel 4.14 Job mix formula variasi abu serabut kelapa 0%.....	107
Tabel 4.15 Job mix formula variasi abu serabut kelapa 2%.....	109
Tabel 4.16 Job mix formula variasi abu serabut kelapa 4%.....	111
Tabel 4.17 Job mix formula variasi abu serabut kelapa 6%.....	113
Tabel 4.17 Hasil penimbangan benda uji di udara.....	115
Tabel 4.18 Hasil penimbangan benda uji di dalam air.....	115

Tabel 4.19 Hasil penimbangan benda uji SSD.....	116
Tabel 4.20 Hasil volume isi benda uji.....	117
Tabel 4.21 Hasil kepadatan (<i>density</i>).....	120
Tabel 4.22 Hasil pemeriksaan berat jenis <i>bulk</i> campuran.....	123
Tabel 4.23 Hasil pemeriksaan GMM abu serabut kelapa 0%.....	126
Tabel 4.24 Hasil pemeriksaan GMM abu serabut kelapa 2%.....	128
Tabel 4.25 Hasil pemeriksaan GMM abu serabut kelapa 4%.....	130
Tabel 4.26 Hasil pemeriksaan GMM abu serabut kelapa 6%.....	132
Tabel 4.27 Hasil nilai VIM.....	134
Tabel 4.28 Hasil berat jenis bulk agregat campuran ASK 0%.....	139
Tabel 4.29 Hasil berat jenis bulk agregat campuran ASK 2%.....	140
Tabel 4.30 Hasil berat jenis bulk agregat campuran ASK 4%.....	140
Tabel 4.31 Hasil berat jenis bulk agregat campuran ASK 6%.....	141
Tabel 4.32 Hasil nilai VMA.....	142
Tabel 4.33 Hasil nilai VFB.....	147
Tabel 4.33 Hasil nilai stabilitas.....	152
Tabel 4.34 Hasil nilai <i>Flow</i>	155
Tabel 4.35 pengujian pengujian MQ.....	157
Tabel 4.36 Hasil pengujian <i>marshall</i>	161

LAMBANG DAN SINGKATAN

Daftar arti lambang:

%	: Persen
>	: Lebih dari
<	: Kurang dari
°C	: Derajat Celcius
+	: Jumlah
-	: Minus/Kurang
=	: Sama dengan
*	: Kali
/	: Per/Bagi

Daftar Arti Singkatan:

m ³	: Meter Kubik
mm	: Milimeter
m	: Meter
cm	: Centimeter
Kg	: Kilogram
Gr	: Gram
cc	: cubic centimeter
SNI	: Standar Nasional Indonesia
ASTM	: American Standard Testing and Material
BK	: Berat agregat kering oven
BJ	: Berat agregat permukaan kering jenuh
Ba	: Berat benda uji dalam air
P _n	: Presentase berat jenis agregat
Gmm	: General Method of Moment
VIM	: Void in mix
VMA	: Void Minerale Agregate

VFB : Void filled with bitumen
S : Stabilitas
P : Pembaca atloji stabilitas
q : kalibrasi povingring
Wm : berat kering benda uji
MQ : Mashall Quotient
MS : Marshall Stability
MF : Flow Marshall

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi yang sangat penting pada kemajuan dan pembangunan untuk kehidupan masyarakat. Struktur perkerasan jalan mempunyai peran penting dalam memberi pelayanan yang optimal agar masyarakat dapat menikmati jalan dengan nyaman dan cepat agar sampai dengan tempat tujuan agar dapat tercipta pemerataan pembangunan.

Lapisan *Asphalt Concrete –Wearing Course* (AC-WC) adalah lapisan paling atas yang terdiri dari struktur perkerasan jalan raya yang berhubungan langsung dengan kendaraan dan mempunyai struktur paling halus. Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat kasar, agregat halus, aspal dan bahan pengisi atau *filler*. Pemakaian bahan *filler* dengan berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis agregat kasar dan agregat halus dapat menyebabkan campuran menjadi kurang aspal (Sabaruddin, 2011)

Abu serabut kelapa berasal dari pengolahan limbah sabut kelapa yang telah dibakar terlebih dahulu dengan menggunakan suhu tertentu sehingga menghasilkan abu. Abu serabut kelapa mengandung alumina, silika dan kalsium yang bersifat *pozzolan* karena mengandung silika yang sangat tinggi sehingga mempercepat waktu ikat semennya dikarenakan sifat *pozzolan* tersebut dapat memperkecil pori-pori dalam pasta semen, mengisi rongga antar partikel. Komposisi dari senyawa abu serabut kelapa (dalam satuan persen

berat) terdiri atas unsur SiO_2 42,98%, Al_2O_3 2,26%, dan Fe_2O_3 1,66%.
(Alexander dan Muklis, 2011)

Mengingat limbah sabut kelapa yang melimpah dari survey saya dilapangan, maka dari itu saya memanfaatkan limbah sabut kelapa yang dijadikan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus ,terarah dan tidak terluas. Maka dari itu penulis memberikan batasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Campuran aspal yang digunakan dalam penelitian terdiri atas:
 - a. Menggunakan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)
 - b. Aspal keras penetrasi 60/70 produksi PERTAMINA (PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara)
 - c. Agregat dari CV. Prima Logam

Antara lain:

- 1) Batu split 1-2
 - 2) Batu split 0-5
 - 3) Abu batu
2. Abu sabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai bahan tambah atau filler pada campuran aspal panas dengan variasi sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6%.

3. Pengujian meliputi pengujian penetrasi aspal, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan titik bakar aspal, pengujian berat jenis aspal, pengujian abrasi, pengujian gradasi agregat dan pengujian *marshall*.
4. Metode pengujian stabilitas menggunakan metode *marshall* meliputi:
 - a. Uji stabilitas
 - b. Uji *flow* / kelelahan
 - c. Uji *marshall Quotient* (MQ)
5. *Mix Design* dari PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh nilai uji *marshall* pada campuran aspal panas dengan menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus dengan presentase kadar bahan tambah abu serbuk serabut kelapa sebanyak 0%, 2%, 4% dan 6%?
2. Berapakah nilai stabilitas pada campuran aspal panas dengan menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus dengan presentase kadar sebanyak 0%, 2%, 4% dan 6%?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah di uraikan, maka tujuan penelitian disusun sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah abu serabut kelapa mempengaruhi karakteristik *marshall*.
2. Untuk mengetahui berapakah nilai stabilitas pada campuran aspal panas dengan menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus dengan presentase kadar sebanyak 0%, 2%, 4% dan 6%.

E. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui nilai stabilitas pada campuran aspal panas dengan menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus.
2. Mengurangi dan mengola limbah serabut kelapa dan memanfaatkannya sebagai bahan tambah agregat halus.

F. Sistematika Penulisan

Dalam mempermudah penulisan, maka sistematika penulisan dibagi menjadi lima bab, sebagai berikut:

1. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian bab ini memuat tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang digunakan.

2. BAB II : LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian bab ini memuat tentang landasan teori yang digunakan untuk dasar pembahasan sesuai dengan perumusan masalah dan tinjauan

pustaka yang berisi tentang penelitian-penelitian sebelumnya beserta dasar-dasar perhitungan yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian bab ini berisi tentang metodologi penelitian, waktu dan tempat penelitian, survey lapangan, sampel dan teknik pengambilan sampel, metode pengumpulan data, metode analisis data dan diagram alur penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang data-data penelitian yang sudah didapatkan dan dikumpulkan yang kemudian data-data tersebut nantinya dipergunakan dalam suatu proses analisa data.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan yang didapat serta saran dari penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan konstruksi yang dipasang langsung di atas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima serta menahan beban langsung dari lalu lintas. Konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dilihat dari bahan pengikatnya, yaitu sebagai berikut (Sukirman, 2010):

a. Kontruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya

1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Didefinisikan sebagai jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat untuk lapisan perkerasannya. Lapisan konstruksi perkerasan lentur dipasang diatas tanah dasar yang telah dipadatkan yang berfungsi sebagai penerima beban lalu lintas.

Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang.

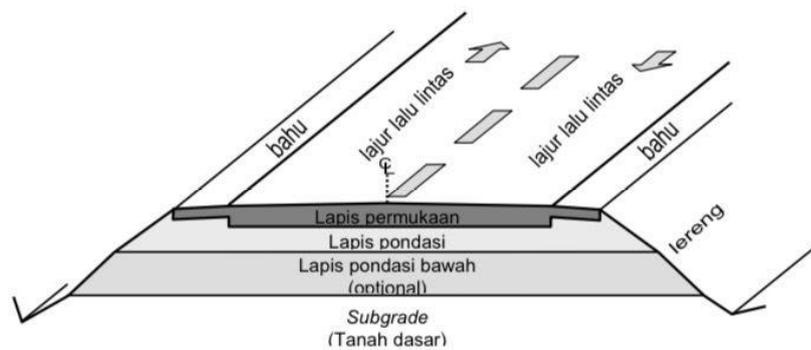
Keuntungan menggunakan perkerasan lentur adalah :

- a) Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) terbatas;
- b) Mudah diperbaiki
- c) Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja
- d) Memiliki tahanan geser yang baik

- e) Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan
- f) Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya dana untuk perencanaan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur adalah :

- a) Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dari pada perkerasan kaku
- b) Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan
- c) Frekuensi pemeliharaan lebih sering dari pada menggunakan perkerasan kaku
- d) Tidak baik digunakan jika sering digenangi air
- e) Membutuhkan agregat lebih banyak.

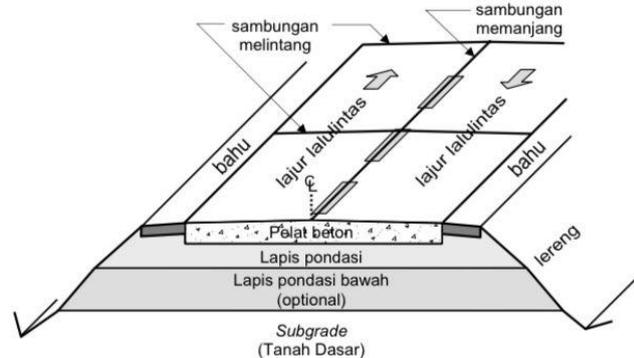


Gambar 2.1 lapisan perkerasan lentur
(sumber : www.slideshare.net)

2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku adalah suatu bentuk perkerasan yang terdiri dari lapisan pelat beton bertulang atau tidak bertulang yang diletakkan di atas tanah dasar. Pelat beton menanggung sebagian besar beban yang melintasi lapisan perkerasan kaku.

Perkerasan kaku cocok digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat, seperti disekitar pintu tol, jalan yang melayani kendaraan berat yang melintas dengan kecepatan rendah, atau di daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi kendaraan berat.



Gambar 2.2 lapis perkerasan kaku
(sumber : www.slideshare.net)

3) Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit adalah jenis perkerasan yang mengkombinasikan antara konstruksi perkerasan lentur dengan konstruksi perkerasan kaku. Perkerasan lentur dapat diletakkan di atas perkerasan kaku atau dapat berupa perkerasan kaku diatas permukaan lentur.

Perbedaan Perkerasan lentur dan Perkerasan kaku dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

Pembeda		Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (rendutan pada jalur roda)	Timbul retak pada permukaan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perkerasan
4	Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah, timbul tegangan yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah, timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, S., (2003), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.

b. Lapis perkerasan jalan

Menurut (Sukirman, 2010) Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Konstruksi perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan, yaitu:

1) Lapis Permukaan (*surface course*)

Merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan yang berfungsi untuk menahan beban vertikal dari kendaraan. karena lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal yang menghasilkan lapis

yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia sebagai berikut:

- a) Lapisan Struktural, merupakan lapisan yang berfugsi untuk memberikan reaksi atas beban yang bekerja pada lapis permukaan, seperti Lapisan Penetrasi Macadam (Lapen), Lasbutag dan Lapisan Aspal Beton (Laston).
- b) Lapisan non struktural, merupakan lapisan yang tidak memberikan reaksi beban roda yang bekerja di atasnya, tetapi lebih kepada memberikan perlindungan terhadap lapisan dibawahnya dan terkait dengan pengaruh cuaca dan lingkungan. Seperti Laburan aspal satu lapis (Burtu), Laburan aspal dua lapis (Burda), Lapis tipis aspal lapis pasir (Latasir), Laburan aspal (Buuras), Lapis tipis asbuton murni (Latasbum), dan lapis tipis aspal beton (Lataston) yang dikenal dengan nama *hot roller sheet* (HRS)

2) Lapis pondasi (*Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Berikut fungsi dari lapis pondasi:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis bawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis dibawahnya.
- c) Bantalan atau peletakan lapis permukaan.

Jenis lapis pondasi yang biasa digunakan di Indonesia antara lain:

Agregat bergradasi baik (batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas C), pondasi macadam, pondasi telford, penetrasi macadam (lapen), aspal beton pondasi (*AC Base*)

3) Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi dan tanah dasar.

Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai berikut:

- a) Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
- b) Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c) Sebagai lapisan peresap agar air tanah tidak terkumpul dipondasi.

Jenis lapis pondasi yang umum digunakan di Indonesia adalah agregat bergradasi baik (pasir bau kelas A, sirtu kelas B dan situ kelas C)

4) Lapis tanah dasar (*Subgrade/Roadbed*)

Lapisan tanah merupakan lapisan tanah dasar setebal 50-100 cm diatas mana diletakan lapis pondasi bawah atau lapis pondasi dinamakan lapis tanah dasar atau *subgrade*.



Gambar 2.3 Struktur Perkerasan
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018)

2. Bahan Penyusun Campuran Aspal

a. Agregat

(Sukirman 2016) Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran menurut Bina Marga (2018)

1) Gradasi Agregat

Gradasi agregat didapatkan dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan paing kasar diletakan di paling atas dan yang paling halus diletakan paling bawah. *The Asphalt Institute* dikutip oleh sholihah (2010) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga) fraksi, yaitu :

- a) Agregat kasar, batuan yang tertahan saringan No.8(2,36mm)
- b) Agregat halus, batuan yang lolos saringan No.8(2,36 mm)
- c) Mineral pengisi (filler), batuan yang lolossaringan No.200.

Berikut gradasi campuran agregat untuk campuran beraspal ditunjukan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang diberikan sesuai pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Laston(AC))

Ukuran ayakan		Berat yang lolos terhadap total agregat(%)		
		Laston AC		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5	-		100
1"	25	-	100	90-100
3/4"	19	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	99-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	21-40	18-38	13-30
No.30	0,6	14-30	12-28	10-22
No.50	0,3	9-22	7-20	6-15
No.100	0,15	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	4-9	4-18	3-7

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 (*Revisi 2*)

2) Klasifikasi Agregat

The Asphalt Institute dikutip oleh sholihah (2010) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga) fraksi, yaitu :

a) Agregat kasar

Agregat Kasar yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran-butiran lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm). Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga (2018) ketentuan dari agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	Maks. 12%
		Magnesium sulfat	Maks. 18%
Abrasi dengan los angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasa		SMA	100/90 (**)
		Lainnya	95/90 (**)
Partikel pipih dan lonjong		SMA	Maks. 5%
		Lainnya	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 (*Revisi 2*)

Perbedaan mendasar antara kerikil (koral) dengan batu pecah (split) adalah dengan permukaan yang lebih kasar maka batu pecah lebih menjamin ikatan yang lebih kokoh dengan semen maupun filler. Agregat

kasar memiliki beberapa syarat yang harus dipenuhi, yaitu terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori, tidak boleh banyak mengandung lumpur, terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya untuk memperoleh rongga-rongga seminimum mungkin.

b) Agregat halus

Agregat Halus yaitu agregat yang memiliki ukuran butiran lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm). fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui gesekan antar partikel. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi persyaratan, maka agregat halus perlu dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam campuran aspal. Ketentuan agregat halus tertera pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butirbutir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 (*Revisi 2*)

c) Berat jenis agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat satuan volume agregat terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan (Lubis, 2017)

Berikut berat jenis (*specific gravity*) untuk agregat kasar dan agregat halus, dan kemudian dilanjutkan dengan menghitung berat jenis bulk agregat total, berat jenis efektif agregat total sebagai berikut :

(1) Berat jenis (*bulk specific gravity*)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat kering agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Untuk menentukan berat jenis pada agregat kasar dapat menggunakan rumus :

Untuk menentukan berat jenis pada agregat kasar dapat menggunakan rumus berikut

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk menentukan berat jenis pada agregat halus dapat menggunakan rumus berikut

$$\text{Berat jenis bulk} = \frac{B_k}{B_j + 500 - B_a} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

BK : Berat agregat kering oven

BJ : Berat agregat kering permukaan jenuh

Ba : berat benda uji di dalam air

(2) Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*)

Merupakan perbandingan antara berat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Untuk mencari nilai berat jenis semu pada agregat kasar dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk mencari nilai berat jenis semu pada agregat halus dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} = \frac{B_k}{B_j + B_k - B_a} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan :

B_k : Berat agregat kering oven

B_j : Berat agregat kering permukaan jenuh

B_a : berat agregat di dalam air

(3) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry = SSD*)

Berat jenis permukaan jenuh merupakan perbandingan antara berat kering permukaan jenuh agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Untuk mengetahui berat jenis efektif agregat, dapat menggunakan rumus berikut:

Untuk mencari nilai berat jenis kering permukaan jenuh pada agregat kasar dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk mencari nilai berat jenis kering permukaan jenuh pada agregat halus dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{500}{B_j + 500 - B_a} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan:

B_k : Berat agregat kering oven

B_j : Berat agregat kering permukaan jenuh

B_a : berat agregat di dalam air

(4) Penyerapan Air (*Absorption*)

Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap oleh pori terhadap agregat kering. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari jenis maksimum campuran:

Untuk menentukan presentase penyerapan pada agregat kasar dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(B_j \times B_k)}{B_k} \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk menentukan presentase penyerapan pada agregat halus dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(500 - B_k) \times 100}{B_k} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

B_k : Berat benda uji kering oven

B_j : Berat benda uji kering permukaan jenuh

B_a : berat benda uji di dalam air

(5) Berat jenis *bulk* agregat total

Berat jenis *bulk* agregat total terdiri dari fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan penggisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda. Berat jenis *bulk* agregat total dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{sb\text{total}} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots (2.9)$$

$G_{sb\text{total}}$: berat jenis semu agregat gabungan

P_1, P_2, P_3 : presentase berat dari masing-masing agregat (%)

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}$: berat jenis semu dari masing-masing agregat (gr/cc)

(6) Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran (GMM) adalah perbandingan berat isi benda campuran beraspal dalam keadaan rongga udara sama dengan nol. Berat jenis maksimum masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum campuran dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{p_{mm}}{\frac{p_{mm} - p_a}{G_{se}} + \frac{p_a}{G_a}} \dots (2.10)$$

Dimana :

G_{mm} : berat jenis maksimum campuran

p_{mm} : persen total campuran = 100%

p_a : berat jenis aspal

G_{se} : berat jenis efektif agregat

(7) Kebersihan agregat

Kebersihan agregat (cleanliness) ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos ayakan No.200, seperti adanya lempung ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Agregat yang banyak mengandung material lempung jika dipergunakan sebagai bahan campuran beton aspal akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah. Hal ini dikarenakan material halus membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikat, yaitu aspal akan berkurang. Dan berakibat pula mudah lepasnya ikatan antara aspal dan agregat.

(8) Daya tahan agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat itu sendiri.

(9) Bentuk dan tekstur agregat

Bentuk butir agregat dikelompokkan sebagai bentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan. Agregat berbentuk kubus(cubical) dan lonjong memiliki bidang yang luas sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini

merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

b. Aspal

Aspal/bitumen adalah material berwarna hitam atau gelap yang terbentuk padat atau semi padat yang diperoleh di alam ataupun hasil produksi. Aspal bersifat termoplastis, yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10% berdasarkan berat campuran (Sukirman,2016).

1) Jenis-jenis aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam adalah aspal yang ditemui di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan, sedangkan aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Berikut adalah jenis-jenis aspal menurut Sukirman (2016):

a) Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang berasal dari alam tanpa melewati proses pengolahan. Dapat dibedakan atas aspal gunung dan aspal danau.

(1) Aspal gunung (*rock asphalt*), dimana aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir.

(2) Aspal danau (*lake asphalt*), dimana angka penetrasi ini sangat rendah dan titik leleh sangat tinggi.

b) Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Minyak bumi disuling dengan cara destilasi, yaitu proses dimana berbagai fraksi dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Berikut jenis-jenis aspal minyak:

(1) Aspal cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

Jenis-jenis aspal cair:

- (a) *Rapid curing asphalt* (RC), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah bensin.
- (b) *Medium curing asphalt* (MC), yaitu aspal cair yang bahan pelarutnya tidak begitu cepat menguap. Pelarut yang digunakan pada aspal jenis ini biasanya adalah minyak tanah.
- (c) *Slow curing asphalt* (SC), yaitu aspal cair yang pelarutannya lambat menguap. Pelarut yang digunakan pada jenis aspal ini adalah solar.

(2) Aspal padat

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan dikenal dengan nama semen °aspal (*asphalt cement*). Semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Aspal padat merupakan bagian utama residu minyak bumi, dan melalui proses lanjutan dapat diperoleh jenis aspal minyak yang lain.

Dalam proses destilasi, aspal padat baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480°C. Jenis-jenisnya sebagai berikut:

- (a) Aspal penetrasi rendah 40/50, digunakan untuk kasus: jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- (b) Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus: jalan dengan volume lalu lintas sedang/tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- (c) Aspal penetrasi tinggi 85/100, digunakan untuk kasus: jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- (d) Aspal penetrasi tinggi 120/1150, digunakan untuk kasus: jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

Di Indonesia aspal yang digunakan saat ini untuk perkerasan jalan adalah aspal penetrasi 60-70.

c) Aspal emulsi

Aspal emulsi (emulsified asphalt) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan dipabrik pencampur. Aspal emulsi lebih cair dibandingkan aspal cair. Didalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air.

2) Fungsi aspal

Menurut Sukirman (2016) aspal yang memiliki sifat adhesi dan kohesi digunakan sebagai material perkerasan jalan. Fungsi aspal sebagai material perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a) Bahan pengikat antara lapisan perkerasan lama dengan lapis perkerasan baru
 - b) Bahan pengisi, yang mengisi rongga antar partikel agregat dan pori-pori yang ada didalam partikel agregat
 - c) Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal
- 3) Komposisi aspal

Menurut sukirman (2016) aspal merupakan unsur hydrocarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltenes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *hetpane* sedangkan *maltenes* larut dalam *hetpane* yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan oil.

4) Sifat aspal

Aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik. Sifat-sifat aspal yang harus dimiliki dalam berkerasan jalan adalah sebagai berikut:

a) Daya tahan (*durability*)

Merupakan kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

b) Adhesi dan kohesi

Adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antar agregat dengan aspal. Sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan.

c) Kepekaan terhadap temperatur

Aspal menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair jika temperatur bertambah, sifat inilah yang dinamakan kepekaan terhadap temperatur.

d) Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal. Pada proses tersebut terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tipis lapisan aspal maka semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

5) Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal adalah sebagai berikut:

(a) Pemeriksaan penetrasi aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan memasukan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan beban seberat 50 gr sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gr selama 5 detik pada temperatur 25°C.

(b) Pemeriksaan titik lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal cincin yang diletakan horizontal didalam larutan air yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja berdiameter 9.53mm seberat 3,5 gr yang diletakan diatasnya sehingga lapisan aspal terebut jatuh melalui jarak 25,4 mm.

(c) Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Temperatur dimana aspal terlihat menyala sigkat dinamakan titik nyala. Sedangkan titik bakar merupakan temperatur dimana aspal mulai menyala selama minimal 5 detik.

Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

(d) Pemeriksaan berat jenis aspal

Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu yaitu 25°C atau 15,6 °C. Berikut ketentuan pada pengujian aspal yang biasa digunakan di indonesia.

Tabel 2.5 spesifikasi aspal

Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
Penetrasi 25°C; 0.1mm	SNI 06-2456-1991	60-70
Titik Lembek, °C	SNI 2434:2011	Min. 48
Titik Nyala, °C	SNI 02433:2011	Min. 232
Daktilitas 25°C, cm	SNI 2432:2011	Min. 100

Kehilangan Berat, %	SNI 06-2440-1991	Maks. 0,8
Berat Jenis, gr/cc	SNI 2441:2011	Min. 1,0

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

c. *Filler*

bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Filler dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran (SNI 03-6723 Spesifikasi bahan pengisi campuran beraspal, 2002). Adapun ketentuan filler pada campuran aspal menurut Bina Marga 2018 adalah :

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- 2) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan.
- 3) Jika menggunakan bahan pengisi semen harus dalam rentang 1-2% terhadap berat total campuran, dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1 - 4% terhadap berat total campuran. Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

Bahan pengisi ini mempunyai fungsi:

- 1) Sebagai pengisi antara partikel- partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.
- 2) Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan bersama- sama dengan aspal mengikat partikel agregat. Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya. Bahan filler yang pada umumnya digunakan untuk campuran aspal adalah semen portland. Namun bahan filler tersebut dapat diganti dengan bahan yang lebih mudah didapatkan, harganya terjangkau dan atau memanfaatkan limbah seperti contohnya abu batu bara, abu batu bata, tanah merah, sampah plastik, tanah liat dan lain- lain. Untuk ketentuan filler dapat dilihat pada Tabel 5.1 :

Tabel 2.6 ketentuan Filler

Karakteristik	Metode pengujian	syarat
Material lolos saringan No.200	SNI M-02-1994-03	MIN. 75%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

3. Abu serabut kelapa

Serabut kelapa adalah bagian kulit pembungkus buah kelapa. Serabut kelapa merupakan salah satu limbah organik yang dapat terurai dengan mudah melalui proses yang alami.

Alexander (2003) melakukan pengujian mengenai abu serabut kelapa dan diperoleh hasil dari komposisi senyawa abu serabut kelapa (dalam satuan persen berat) yang terdiri atas unsur SiO_2 sebanyak 42,98%; Al 2,26%; Fe 1,16%. Hasil penelitian *silica Oksida* yang terdapat pada abu serabut kelapa dapat bersifat reaktif (*amorphous*) yang memungkinkan SiO_2 bereaksi secara kimia dengan Ca(OH)_2 atau kapur bebas dari reaksi hidrasi semen dengan air.

Pada umumnya abu serabut kelapa terdiri dari unsur organik seperti serat *cellulose*, dan *lignin*. Serta mengandung mineral yang terdiri dari *silica*, *aluminia*, dan oksida besi. SiO_2 dalam abu serabut kelapa merupakan hal yang paling penting, karena dapat bereaksi dengan kapur Ca(OH)_2 dan air (H_2O) hasil utama dari proses di atas adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ atau C-S-H yang biasa disebut *tobermorite*, berbentuk gel (*gelatin*) yang mengkristal.

Dari pengujian abu serabut kelapa yang dilakukan di BBTKL (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan, diperoleh hasil komposisi senyawa abu serabut kelapa (dalam satuan persen berat) yang terdiri atas unsur . SiO_2 sebanyak 47,55%; Al_2O_3 1,05%; MgO 2,65%; dan kadar air 5,29%.

4. Aspal Campuran Panas

Menurut Saodang (2015), jenis beton aspal campuran panas yang saat ini ada di Indonesia adalah:

- a. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah jenis beton aspal campuran panas yang saat ini digunakan di Indonesia adalah laston (Lapisan Aspal

Beton), yaitu beton aspal yang umum digunakan untuk jalan raya. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

- b. Laston dimodifikasi (*AC Modified*) menggunakan bahan aspal polimer atau aspal dimodifikasi dengan asbuton atau aspal multigrade disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified*. Laston dimodifikasi ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana lebih besar dari 10 juta ESA.

- 1) *AC – WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*

Asphalt Concrete-Wearing Course adalah sebuah lapisan dari tiga macam campuran lapisan aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC, dan AC-Base yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Lapisan ini harus memiliki permukaan yang rata dan nyaman serta memiliki kekesatan yang tinggi Karena merupakan lapisan yang langsung bersentuhan dengan roda kendaraan.

- 2) *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*

Asphalt Concrete-Binder Course merupakan lapisan perkerasan jalan yang berada diantara lapisan aus (AC-WC) dan lapisan pondasi atas (AC-Base). Lapisan ini berguna untuk menyalurkan atau meneruskan beban yang diterima menuju ke pondasi atau menuju ke lapisan yang ada dibawahnya. Karakteristik yang terpenting pada lapisan AC-BC ini adalah stabilitas.

3) AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*)

Asphalt Concrete-Base merupakan lapisan perkerasan jalan yang terletak dibawah lapisan AC-BC dan diatas lapisan pondasi bawah (*Sub-Base Course*). Lapisan ini berfungsi untuk memberi dukungan atau menerima beban kendaraan dari lapisan AC-BC untuk selanjutnya diteruskann kembali ke lapisan pondasi bawah.

c. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang dengan ukuran maksimum 19 mm ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana kurang dari 10 juta ESA. Lataston yang umum disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*) ini memiliki sifat durabilitas dan fleksibilitas yang lebih utama dibandingkan dengan sifat beton aspal lainnya. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu :

1) Lataston Lapis Permukaan sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HR-SWC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.

2) Lataston Lapis Fondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.

d. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan dengan lalu lintas ringan yaitu lalu lintas rencana kurang dari 0,5 juta ESA, dan pada lokasi dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Latasir

sangat tidak direkomendasikan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir yang biasa disebut sebagai SS (Sand Sheet) dibedakan atas :

- 1) Latasir kelas A, dikenal dengan nama SS-A. Tebal nominal minimum SS-A adalah 1,5 cm.
 - 2) Latasir kelas B, dikenal dengan nama SS-B. Tebal nominal minimum SS-B adalah 2 cm. Gradasi agregat SS-B lebih kasar dari SS-A.
- e. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan membentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru maka setiap jenis campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf L (*Leveling*). Seperti AC-WC(L), dan seterusnya.
- f. SMA (*split mastic asphalt*), merupakan beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Campuran ini menggunakan bahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk meningkatkan stabilitas campuran dan memiliki kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Berikut jenis-jenis SMA:
- 1) SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 - 3cm
 - 2) SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm
 - 3) SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm

5. Lapis Aspal Beton

(sukirman 2016) Lapis aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregat terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang bergradasi baik. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

a. Fungsi lapis aspal beton

Berdasarkan Bina Marga (2018), sesuai fungsinya laston terdiri dari 3 macam yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*asphalt concrete- wearing course*). Lapisan ini harus tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air. Ukuran agregat maksimum = 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapis antara, dikenal dengan nama AC-BC (*asphalt concrete-binder course*) adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Ukuran agregat maksimum 25,4 mm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 6 cm
3. Laston sebagai lapisan fondasi, dikenal dengan nama AC-base (*asphalt concrete-base*) ukuran agregat maksimum = 37,7 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 7,5cm.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerja Umum Direktorat Jendral Bina Marga (2018), setiap lapisan memiliki ketebalan yang ditunjukkan pada tabel

Tabel 2.7 Tebal nominal minimum campuran beraspal Laston

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis aus	AC-WC	4,0
	Lapis antara	AC-BC	6,0
	Lapis fondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

Dan berikut adalah ketentuan karakteristik/sifat campuran laston (AC)

Tabel 2.8 ketentuan karakteristik/sifat campuran laston (AC)

Sifat – sifat campuran		laston		
		Lapis aus (AC-WC)	Lapis antara (AC-BC)	Fondasi (AC-Base)
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65

Stabilitas marshall (kg)	Min.	800	1800
Pelelehan (mm)	Min.	2	3
	Maks.	4	6
Stabilitas marshall sisa(%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2	

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

b. Karakteristik campuran *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC)

Lapisan AC-WC adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Suhu pencampuran pada umumnya 140-155°C yang disebut juga dengan hot mix. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal dikandungannya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis kedap air (soehartono, 2015). Campuran yang digunakan untuk lapisan AC-WC pada pengujian marshall harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Berikut persyaratan campuran untuk laston.

Tabel 2.9 persyaratan spesifikasi mutu campuran AC-WC

Sifat-sifat campuran	Spesifikasi
Jumlah tumbukan perbidang	75 kali
Kadar aspal	5-7%
Rongga dalam campuran (VIM)	3-5%
Rongga dalam agregat (VMA)	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	Min 65%

Kepadatan (<i>bulk density</i>)	Min 2%
Stabilitas	Min 800kg
Pelelehan (<i>flow</i>)	2-4 mm
<i>Mashall quotient</i> (MQ)	Min. 250kg/mm
Stabilitas marshall sisa (<i>durability index</i>) 60°C	Min. 90

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

6. Perencanaan *Job Mix Formula*

Job Mix Formula (JMF) merupakan perencanaan campuran yang diperlukan untuk mendapatkan resep campuran yang memenuhi spesifikasi, menghasilkan campuran yang memenuhi kinerja yang baik dari agregat yang tersedia.

Salah satu perencanaan campuran yang umum digunakan adalah metode Bina Marga. Menurut Bina Marga (2018), prosedur perencanaan campuran sebagai berikut:

- a. Pemilihan agregat dan penentuan sifat-sifatnya yang harus sesuai spesifikasi material. Parameter perencanaannya adalah :
 - 1) Berat jenis agregat yang akan dipergunakan dalam perhitungan campuran
 - 2) Sifat-sifat/karakteristik agregat yang harus dipenuhi untuk lapis perkerasan
 - 3) Gradasi butir dari masing-masing agregat kasar, pasir dan abu batu.
- b. Penentuan campuran nominal berdasarkan sifat-sifat/karakteristik yang diperoleh dan dengan kadar aspal optimum yang ditentukan dalam

spesifikasi. Komponen agregat campuran dinyatakan dalam fraksi rencana yang terdiri dari:

- 1) CA (*coarse aggregate*) yaitu fraksi agregat kasar = persen berat material yang tertahan saringan no.8 terhadap total berat campuran.
- 2) FA (*fine aggregate*) yaitu agregat halus = persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan No.200 terhadap berat total campuran.
- 3) FF (*filler*) yaitu fraksi bahan pengisi = persen berat material yang lolos saringan No.200 terhadap berat total campuran
- 4) b yaitu persen kadar aspal yang digunakan terhadap berat total campuran.

Gradasi dari agregat campuran nominal dihitung berdasarkan persen terhadap berat total agregat, bukan terhadap berat total campuran.

- c. Pemeriksaan campuran di laboratorium bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum dan persentase bahan pengisi. Untuk itu perlu direncanakan campuran dengan 5 variasi kadar aspal, sedangkan untuk agregat kasar dan agregat halus proporsinya tetap konstan. Persentase kadar aspal rencana yang digunakan mulai dari 4,5% - 6,5% untuk campuran AC-BC, dan 5%-7% untuk campuran AC-WC. Dari hasil pemeriksaan marshall akan didapatkan kadar aspal optimum yang nantinya akan digunakan untuk campuran selanjutnya.

7. Metode Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dalam campuran ditemukan oleh Bruce *Marshall* setelah itu dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer dan telah distandarisasi oleh ASTM D 1559-62T, atau AASHTO T-245-74 (Sukirman, 2016)

Menurut (Sukirman, 2016) Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 2500 kg dan flowmeter. Proving ring yang dilengkapi arlogi pengukur digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Pemeriksaan *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal.

Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-15 yang menyatakan secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi :

a. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan *job mix design* yang telah direncanakan sebelumnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat benda uji adalah:

- 1) Jumlah benda uji yang disiapkan.
- 2) Persiapan agregat yang akan digunakan.
- 3) Penentuan suhu pencampuran dan suhu pemadatan.
- 4) Pencampuran dan pemadatan benda uji
- 5) Persiapan untuk pengujian *Marshall*

b. Perhitungan Volume Isi Benda Uji

Penentuan volume isi dari benda uji aspal dilakukan segera setelah benda uji dingin dan mencapai suhu ruang. Pertama, benda uji ditimbang dalam keadaan kering, lalu direndam dalam air selama 24 jam sehingga air menyerap ke dalam rongga benda uji, lalu benda uji diangkat dari dalam air dan dilap bagian luar sehingga kering permukaan lalu timbang kembali. Lalu benda uji kering permukaan ditimbang kembali saat di dalam air. Untuk menentukan volume benda uji dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Volume isi} = \text{Berat Benda Uji SSD} - \text{Berat Benda Uji dalam air} \dots (2.1)$$

c. Pengujian Nilai Stabilitas dan Flow

1) Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding dan dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat marshall. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram dan masih

harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Rumus untuk mencari nilai stabilitas:

$$S = p \times q \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan:

S : Nilai stabilitas (Kg)

p : Stabilitas pada jarum marshall

q : Kalibrasi proving ring

2) Kelelehan (*flow*)

Flowmeter adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengukur jumlah/volume seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* juga diperoleh berdasarkan yang ditunjukkan oleh jarum flowmeter. Hanya saja untuk jarum flowmeter sudah dalam satuan mm sehingga tidak perlu di konversikan lebih lanjut.

Campuran yang memiliki nilai kelelehan yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelehan yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas.

d. Nilai Volumetrik Benda Uji

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah berat benda uji campuran yang telah dipadatkan. Perhitungan berat Jenis dan volume rongga campuran beraspal adalah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1) *Kepadatan (Bulk Density)*

Kepadatan merupakan berat campuran benda uji pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar serta kedap terhadap air dan udara yang tinggi pula. Berikut rumus untuk menentukan kepadatan :

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{\text{berat isi benda uji}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

W_m : Berat kering benda uji

2) *Rongga Dalam Campuran/ Void In Mix (VIM)*

Void In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan bleeding) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet) dan menurunkan sifat durabilitas aspal. Rongga udara dalam campuran (VIM) sebagai berikut :

$$\text{VIM} = 100 - \frac{(100 - \text{kadar aspal}) \cdot \text{bj bulk}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan:

VIM : Rongga udara pada campuran (%)

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)

Bulk density : Berat jenis bulk campuran

3) *Rongga Campuran Agregat / Void Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase

volume total campuran. Apabila VMA rendah maka nilai kekakuan menjadi tinggi. Nilai VMA berpengaruh juga terhadap sifat kekedapan campuran, semakin banyak rongga yang ada maka akan semakin kurang nilai kekedapan terhadap air dan udara. Apabila VMA terlalu kecil maka campuran akan rapat, sehingga aspal akan sulit mencapai rongga, akibatnya apabila diberikan beban lalu lintas akan terjadi deformasi pada lapisan perkerasan tersebut, berupa lendutan, alur, hal ini disebabkan karena ruang yang terisi oleh aspal akan lebih sedikit sehingga akan menjadi kerapuhan pada perkerasan tersebut. Rongga diantara agregat (VMA) dapat dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - p_a) \times b_j \text{ bulk}}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

VMA : Rongga diantara agregat (%)

Pa : Kadar aspal terhadap berat total campuran

Gsb : Berat jenis Bulk agregat total

4) VFB (*Void Filled With Bitumen*)

VFB merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFB yang disyaratkan minimal 65%.

- a) Nilai VFB yang semakin besar bertanda semakin banyaknya rongga udara yang terisi aspal sehingga dapat mempengaruhi kekedapan komposisi campuran terhadap air dan udara yang semakin tinggi.

- b) Nilai VFB terlalu tinggi akan menyebabkan lapisan perkerasan mudah mengalami bleeding atau naiknya aspal kepermukaan. Sedangkan jika nilai VFB terlalu kecil akan menyebabkan kekedapan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Dengan banyaknya rongga yang kosong, air dan udara akan lebih mudah masuk ke dalam lapis keras sehingga keawetan dari lapis keras akan berkurang.

Nilai VFB dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan:

VFB : Persentase rongga udara yang terisi aspal (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran (%)

5) Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah nilai dari hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang terjadi indikator kekuatan dan kelenturan campuran aspal. Besaran dari nilai MQ dipengaruhi dari besarnya nilai *flow* dan stabilitas. Sesuai persyaratan yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010 adalah lebih besar dari 250kg/mm. Dengan rumus:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan:

MQ : Marshall Quotient

MS : Marshall Stability

MF : Flow Marshall

B. Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini dilakukan juga pengkajian terhadap hasil-hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan para peneliti dan ada relevansi dengan penelitian ini, berikut beberapa penelitian terdahulu:

1. (Ondriani, Sofyan M. Saleh, M. Isya, 2018) setelah dilakukan penelitian “Uji Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Kombinasi Limbah Plastik dan Abu Serabut Kelapa Sebagai Filler” maka penelitian ini dapat menunjukkan hasil sebagai berikut:
 - a. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis material berupa agregat dan aspal pen. 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.
 - b. Berdasarkan evaluasi parameter Marshall diperoleh kadar aspal optimum (KAO) 5,31%. KAO tersebut divariasikan menjadi 3 kadar aspal yaitu KAO dan $KAO \pm 0,5\%$ menjadi 4,81%; 5,31% dan 5,81% untuk selanjutnya disubstitusi dengan variasi persentase kombinasi limbah plastik terhadap berat aspal
 - c. Nilai durabilitas yang diperoleh masing-masing pada tanpa substitusi kombinasi limbah plastik dengan filler semen adalah 92,74% telah memenuhi syarat yaitu $\geq 90\%$, sedangkan pada substitusi kombinasi limbah plastik tanpa dan dengan abu serabut kelapa sebagai filler adalah 77,53% dan 38,27% tidak memenuhi syarat.
2. (Weimintoro et al, 2021) dengan judul “Pengaruh Komposisi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal (AC-WC) Dengan

Menggunakan Batuan Lokal Sungai Gung Di Desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal” maka dapat menunjukkan hasil penelitian sebagai berikut:

- a. Material agregat yang berasal dari Sungai Gung di desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal memiliki tingkat keausan sebesar 32,81%, hasil ini masih belum melampaui spesifikasi maksimal yang disyaratkan yaitu 40%. Selain itu dari fraksi-fraksi agregat tersebut memiliki tingkat distribusi gradasi agregat yang bisa digunakan sebagai rancangan agregat gabungan dalam pembuatan campuran beton aspal
- b. Material aspal pertamina pen. 60-70 ex PT. Karyagraha Bitumenjaya Cilacap yang digunakan masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dan bisa menjadi bahan campur dalam pembuatan beton aspal;
- c. Dari hasil pemeriksaan dan analisis didapat untuk komposisi campuran AC-WC bergradasi halus didapat Kadar Aspal Optimum 5,95%, komposisi campuran AC-WC bergradasi sedang didapat Kadar Aspal Optimum 5,90% dan komposisi campuran AC-WC bergradasi kasar didapat Kadar Aspal Optimum 5,75%;
- d. Dari karakteristik marshall yang didapat nilai kelelahan plastis (flow) dan rongga terisi aspal (VFA) semakin meningkat seiring bertambahnya penggunaan aspal. Dari masing-masing komposisi campuran memiliki nilai berat isi padat, stabilitas dan hasil bagi marshall (MQ) yang paling tinggi yaitu pada komposisi campuran AC-WC bergradasi sedang

3. (Helmaliana Elvira Putri A'yuni a , Ari Widayanti, 2023) pada penelitian yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Pengisi (Filler) pada Campuran Aspal Lapis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)” maka penelitian ini dapat mendapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Hasil pengujian material agregat, aspal, dan abu tempurung kelapa sebagai filler memenuhi standar dan layak digunakan pada campuran lapisan AC-WC.
 - b. Penambahan filler 3,5% menghasilkan KAO sebesar 6,3%, sedangkan penambahan filler 4% menghasilkan KAO sebesar 5,9%.
 - c. Campuran laston lapis AC-WC dengan abu tempurung kelapa sebanyak 3,5% dan kadar aspal 6,3% menghasilkan campuran yang lebih baik. Hal ini dikarenakan penggunaan aspal lebih banyak, ikatan antara agregat dan filler semakin baik, campuran AC WC lebih kuat dan stabil.
4. (Winardi M. F. Sumardi, Lucia G. J. Lalamentik, Theo K. Sendow, 2022) pada penelitian “Pemanfaatan Abu Serbuk Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC) Terhadap Nilai Pengujian Marshall” maka penelitian tersebut dapat menunjukkan hasil sebagai berikut:
 - a. Dari hasil pemeriksaan material dan pengujian aspal, sifat fisis agregat dari material yang di ambil dari Tateli dan aspal Pertamina Pen 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

- b. Dari hasil pengujian Marshall campuran tanpa penambahan abu serbuk serabut kelapa, nilai kadar aspal optimum adalah 6,9 %, dibulatkan 7 %.
 - c. Dilakukan pengujian berat jenis abu serbuk serabut kelapa hingga tiga kali pengulangan dan mendapatkan hasil berat jenis sebesar 0,917.
 - d. Dari hasil data sekunder, berat jenis serbuk serabut kelapa adalah sebesar 0,75.
 - e. Hasil pengujian Marshall terhadap campuran yang telah ditambahkan abu serbuk serabut kelapa sebagai substitusi agregat halus, mendapatkan variasi kadar abu serbuk serabut kelapa paling optimum sebesar 4,05 %.
 - f. Nilai stabilitas pada campuran yang telah ditambahkan abu serbuk serabut kelapa cenderung lebih rendah namun tetap memenuhi spesifikasi yang digunakan.
5. (Amiwarti, Agus Setiobudi, Reva Elfendi, 2023) dari hasil “Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Desa Jejawi sebagai Filler Pengganti Pada Campuran Aspal AC WC” maka dapat menunjukkan hasil dari penelitian bahwa dilihat dari hasil penelitian tersebut terdapat perbandingan yang menunjukkan bahwa dengan penambahan abu serabut kelapa sebagai pengganti Filler pada campuran aspal AC WC dengan variasi 3% yang memenuhi spesifikasi dan mendapat hasil terbaik, maka dapat disimpulkan semakin banyak abu serabut kelapa maka semakin baik hasil yang di peroleh. Hasil pengujian nilai presentase optimum dengan

penambahan abu serabut kelapa pada campuran aspal AC WC didapat pada campuran 3% yang masih masuk Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Maret 2017, dimana hasil pengujian nilai-nilai karakteristik Marshall Test di dapat nilai Density 2,334 Gr/mm, nilai VIM 3,88 % dengan Spesifikasi 3,0-5,0 %, nilai VMA 15,80 % dengan spesifikasi minimal 15 %, nilai VFB 75,44% dengan spesifikasi minimal 65 %, nilai Stabilitas 1212 Kg dengan spesifikasi minimal 1000 Kg, nilai Flow 3,17 mm dengan spesifikasi 2,0-4,0, nilai Marshall Quotion (MQ) 382 Kg/mm dengan spesifikasi minimal 250 Kg.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiono, 2010).

Dari pemahaman di atas dapat disimpulkan bahwa eksperimen dapat diartikan sebuah percobaan dalam melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang terjadi dari suatu variabel yang diteliti.

Pada penelitian kali ini, penulis akan menganalisa tentang Pengaruh Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode *Marshall Test*.

Dengan penambahan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus pada campuran aspal dengan variasi sampel 0%, 2%, 4%, dan 6%. Serta dengan pembuatan sample sebanyak 3 variasi sampel benda uji dengan kandungan abu serabut kelapa yang berbeda.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini , penulis memerlukan estimasi waktu penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian

No.	Tahapan Penelitian	2023			2024				
		Okt	Nov	Des	Jan	Mar	Mei	Jun	Jul
1.	Persiapan								
	a. Studi Literatur								
	b. Penyusunan proposal								
	c. Persiapan Alat dan Bahan								
2.	Pelaksanaan								
	a. Seminar Proposal								
	b. Pemeriksaan Aspal								
	c. Pemeriksaan Agregat								
	d. Pembuatan Benda Uji								
	e. Pengujian Benda Uji								
3.	Penyelesaian								
	a. Pembahasan								
	b. Ujian Skripsi								

2. Tempat Penelitian

Adapun tempat untuk melaksanakan penelitian ini yaitu:

Gradasi agregat : Laboratorium UPS Tegal

Pengujian aspal : PT. Kamajati (PT.Karya Manunggal Jaya Lestari)

Pengujian benda uji : Laboratorium PT. BABN (Bangun Anugrah Beton Nusantara)

C. Variabel Penelitian

Berdasarkan penelitian eksperimen ini, berikut variabel-variabel dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas

Pada penelitian ini, variabel bebas yang dipakai adalah abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus sebesar 0%, 2%, 4% dan 6%. Bahan yang sudah di uji sifat fisiknya untuk menjamin kesesuaian bahan yang akan digunakan dalam campuran beton aspal.

2. Variabel Terikat

Didalam penelitian Pengaruh Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Stabilitas Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Metode *Marshall Test*. Adapun variabelnya adalah pengujian terhadap perkerasan lentur mulai dari pengujian *marshall*, *flow* (kelelehan), dan *marshall quotient*. Jenis aspal pada penelitian ini adalah aspal 60/70, Lapisan aspal jenis AC-WC merupakan lapisan yang terletak pada bagian paling atas aspal, lapisan aspal ini merupakan lapisan paling halus dibandingkan dengan lapisan yang lainnya. Aspal AC-BC terletak

pada posisi kedua, dan aspal *AC-Base* berada pada lapisan aspal paling bawah yang berfungsi sebagai pondasi dalam lapisan perkerasan.

D. Instrumental Penelitian

Beberapa hal yang harus dipersiapkan dalam penelitian sistematis berupa alat dan bahan yang jelas sehingga dapat menghasilkan sesuai tujuan penelitian.

1. Bahan Penelitian

Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian:

a) Agregat halus

Agregat halus didapat dari proses disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Jenis agregat halus yang digunakan yaitu abu batu (*fine aggregate*) dan agregat yang lolos saringan No.8 (2,36 mm)



Gambar 3.1 Agregat Halus
(Sumber : CV. Prima Logam)

b) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu pecah (*coarse aggregate*) dan medium aggregate yang tertahan di saringan No.8 (2,36)



Gambar 3.2 Agregat Kasar
(Sumber : CV. Prima Logam)

c) *Filler*

Filler merupakan bahan berbutir halus atau mineral lolos saringan (200) yang berfungsi sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. *Filler* biasanya dipakai seperti bahan abu batu, kapur, semen dan bahan non plastis lainnya.

d) Aspal

Aspal adalah zat perekat material yang berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat. Bersifat termoplastis yaitu mencair ketika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun

(sukirman, 2016). Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal padat atau keras dengan penetrasi 60/70.



Gambar 3.3 Aspal
(Sumber : PT. BABN)

e) Abu serabut kelapa

Abu serabut kelapa merupakan hasil dari serabut kelapa yang diproses dengan cara dibakar kemudian menjadi butiran padat berupa abu yang lolos saringan No.200.



Gambar 3.4 abu serabut kelapa
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Alat penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Wadah atau Penampungan

Tempat yang digunakan untuk menempatkan bahan dan benda uji.



Gambar 3.5 wadah
(Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal)

b. Wajan

Wajan adalah alat yang digunakan menyimpan dan memanaskan campuran bersapal.



Gambar 3.6 wajan
(Sumber: PT. BABN)

c. Spatula

Spatula digunakan untuk mengambil dan mengaduk agregat dan aspal.



Gambar 3.7 Spatula
(Sumber: PT. BABN)

d. Kompor Gas

Merupakan alat yang digunakan untuk proses pemanasan atau pemasakan campuran beraspal.



Gambar 3.8 Kompor Gas
(Sumber: www.rinnai.co.id)

e. Sieve shaker

Merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan padatan dengan menggunakan peralatan penyaringan berlapis.



Gambar 3.9 Sieve Shaker
(Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal)

f. Satu Set Saringan

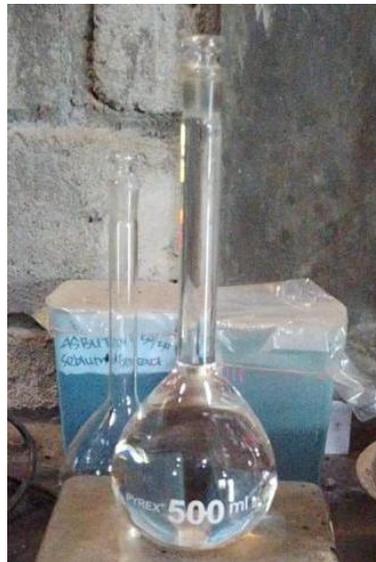
Saringan digunakan untuk pengujian gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus maupun filler.



Gambar 3.10 Set saringan
(Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal)

g. Piknometer

Piknometer merupakan alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis agregat halus.



Gambar 3.11 Piknometer
(Sumber: PT. BABN)

h. Kanebo

Kanebo digunakan untuk mengeringkan agregat atau benda uji setelah proses perendaman.



Gambar 3.12 Kanebo
(Sumber: PT. BABN)

i. Timbangan (Neraca Digital)

Sebuah alat yang digunakan untuk mengukur massa dari suatu benda.



Gambar 3.13 Timbangan
(Sumber: PT. BABN)

j. Termometer

Termometer adalah sebuah alat pengukur suhu untuk mengukur derajat panas atau dingin suatu benda.



Gambar 3.14 Termometer
(Sumber: PT. BABN)

k. Mold atau Cetakan

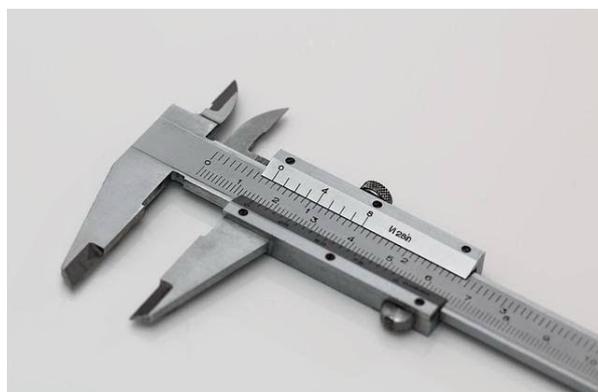
Alat yang digunakan untuk mencetak benda uji memiliki diameter 10,6 dan tinggi 7,26cm. diunakan untuk membentuk perkerasan campuran aspal dan agregat.



Gambar 3.15 Mold
(Sumber: PT. BABN)

l. Jangka sorong

Alat yang digunakan untuk mengukur dimensi benda uji dengan ketelitian 0,01mm.



Gambar 3.16 Jangka Sorong
(Sumber: PT. BABN)

m. Extruder

Digunakan untuk mengeluarkan benda uji aspal dari cetakan.



Gambar 3.17 Extruder

(Sumber: PT. BABN)

n. Spidol

Spidol digunakan sebagai alat tulis untuk menandai briket yang sudah jadi.



Gambar 3.18 Spidol

(Sumber: PT. BABN)

o. Sarung tangan

Sarung tangan merupakan alat pelindung tangan. Digunakan untuk melindungi tangan pada proses pembuatan briket aspal.



Gambar 3.19 sarung tangan
(Sumber: PT. BABN)

p. Kape

Kape digunakan untuk memadatkan agregat didalam mold yang akan ditumbuk.



Gambar 3.20 Kape
(Sumber: PT. BABN)

q. *Asphalt Compactor*

Asphalt Compactor merupakan alat yang digunakan untuk memadatkan sampel aspal yang akan diuji, secara otomatis dengan pengatur jumlah pemdatan yang akan dilakukan. Alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan 4,5463kg (10 *Pound*) dan tinggi jatuh bebas 45,7cm



Gambar 3.21 *Asphalt Compactor*
(Sumber: PT. BABN)

r. *Water bath*

Alat yang digunakan untuk memanaskan benda uji sebelum proses pengujian tekan *marshall*. Dilakukan perendaman benda uji pada air yang telah dipanaskan sebelumnya dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan waktu perendaman 30-40 menit dengan kapasitas *water bath* 20-30 liter air.



Gambar 3.22 *Water Bath*

(Sumber: PT. BABN)

s. *Alat uji marshall*

Digunakan untuk menentukan nilai stabilitas, kelelahan plastis dan *Marshall Quetient*.



Gambar 3.23 *Marshall Compression Machine*

(Sumber: PT. BABN)

t. *Mesin Los Angeles*

Alat yang digunakan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*.



Gambar 3.24 *Los Angeles*
(Sumber: PT. BABN)

3. Tahap Pengujian

a. Tahap 1

Pada tahap ini meliputi proses dari persiapan ketersediaan bahan-bahan dan peralatan penelitian. Berikut adalah proses pengambilan sampel dan pembakaran serabut kelapa supaya menghasilkan butiran halus.



Gambar 3.25 Serabut Kelapa
(Sumber: Dokumentasi penelitian pribadi)



Gambar 3.26 Pengambilan Abu Serabut Kelapa
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 3.27 Pengayakan Abu Serabut Kelapa
Menggunakan Saringan
(Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal)



Gambar 3.28 sampel Abu Serabut Kelapa yang sudah di ayak
(Sumber: Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal)

b. Tahap II

Pada tahap ini dilakukan pengujian fisik agregat dan pembuatan benda uji dengan cara membuat perencanaan campuran (*design mix formula*) dari PT. Bangun Nusantara Anugrah Beton, selanjutnya melakukan pengujian *marshall* pada benda uji yang telah dibuat. Berikut adalah langkah kerja pada tahap ini:

1) Pengujian sifat fisik agregat

a) Pengujian keausan agregat (SNI 2417:2008)

Tahapan pengujian keausan agregat:

- (1) Cuci agregat sampai bersih, keringkan.
- (2) Ambil agregat tertahan saringan $\frac{1}{2}$ " = 2500 gr dan saringan $\frac{3}{8}$ " = 2500 gr. (a)

- (3) Masukkan agregat dan bola baja (11 buah) kedalam mesin *los angeles*.
- (4) Putar mesin *los angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 500 putaran.
- (5) Kemudian, keluarkan agregat lalu saring dengan saringan No.12 (tanpa dicuci) dan timbang. (b)

Rumus keausan agregat : $\frac{a-b}{a} \times 100$

b) Pengujian analisis saringan agregat

Rumus analisis saringan agregat/gradasi agregat :

- (1) Berat tertahan komulatif

Berat tertahan komulatif + berat tertahan

- (2) Tertahan komulatif

$$\frac{\text{Berat terahan}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

- (3) Lolos komulatif

100 – Tertahan komulatif

2) Proses pembuatan benda uji *marshall*

3) Proses pengujian *marshall test*

c. Tahap III

Pada tahap ini data-data yang telah didapat pada pengujian benda uji dengan menggunakan test *marshall* dikumpulkan dan dianalisa, sehingga akan di dapat suatu kesimpulan dari hasil penelitian.

4. Sampel benda uji

Pada sampel dengan campuran aspal panas menggunakan abu serabut kelapa sebagai bahan tambah agregat halus berbentuk tabung dengan diameter yang telah ditentukan yaitu 101,6mm dengan tingginya 50-70mm. berikut adalah langkah-langkah pengujian benda uji sebagai berikut:

- a. Panaskan agregat menggunakan oven pada suhu 105°C - 110°C dengan waktu minimum selama 4 jam
- b. Mengelompokkan agregat sesuai fraksi



Gambar 3.29 Agregat 1-2

(Sumber : dokumentasi pribadi)



Gambar 3.30 Agregat 0-5

(Sumber : dokumentasi pribadi)



Gambar 3.31 Abu batu
(Sumber : dokumentasi pribadi)

- c. Memanaskan aspal pada tingkat kekentalan pada suhu 150°C sesuai dengan pedoman (viskositas) yang telah diisyaratkan pada saat proses pencampuran maupun pada saat pemadatan.



Gambar 3.32 Pemanasan aspal dengan suhu mencapai 150°C
(Sumber : PT. BABN)

- d. Proses pencampuran dilakukan sebagai berikut:
- 1) Berat spesimen dibuat 1200 gram, supaya didapatkan spesimen dengan ukuran tinggi $63,5\text{mm} \pm 1,27\text{mm}$.

- 2) Memanaskan wadah untuk pencampuran agregat sekitar 28°C diatas suhu pencampuran aspal padat, apabila menggunakan aspal cair dengan pemanasan 150°C diatas suhu pencampuran.
 - 3) Pencampuran abu serabut kelapa dengan agregat halus dan aspal yang telah dipanaskan suhunya pada suhu yang telah disyaratkan, kemudian diaduk sampai keadaan homogen(mejadi satu)
- e. Proses pemadatan pada pembuatan benda uji dilakukan sebagai berikut:
- 1) Memasang cetakan pada alat penumbuk dengan baik dan benar.
 - 2) Masukkan campuran benda uji yang telah dimasak, lapis kertas penghisap dibawah permukaan mold.



Gambar 3.33 memasukan benda uji ke dalam mold
(Sumber : PT. BABN)

- 3) Campuran kemudian dimasukkan kedalam cetakan lalu menusuk-nusuk campuran menggunakan spatula sebanyak 15 kali tusukan.



Gambar 3.34 menusuk-nusuk campuran didalam mold

(Sumber : PT. BABN)

4) Melapisi satu lembar kertas penghisap pada permukaan atas cetakan.



Gambar 3.35 Pelapisan kertas penghisap pada permukaan cetakan

(Sumber : PT. BABN)

- 5) Menumbuk campuran menggunakan mesin penumbuk sebanyak 75 kali tumbukan pada bagian atas dan bawah.



Gambar 3.36 Proses penumbukan benda uji selama 75 kali
(Sumber : PT. BABN)

- 6) Balik benda uji lalu tumbuk sebanyak 75 kali kembali



Gambar 3.37 Membalik benda uji untuk ditumbuk kembali
(Sumber : PT. BABN)

- 7) Selanjutnya keluarkan benda uji dari dalam mesin *asphalt compactor* dengan hati-hati lalu lepas kertas penghisap.



Gambar 3.38 Melepaskan kertas penghisap
(Sumber : PT. BABN)

- 8) kemudian letakan pada permukaan yang rata dan diamkan selama 24 jam pada suhu kamar.



Gambar 3.39 Mendingkan benda uji selama 24 jam
(Sumber : PT. BABN)

f. Persiapan proses pengujian

- 1) Beri tanda pada setiap benda uji sesuai dengan kadar atau desain campurannya.



Gambar 3.40 Memberi tanda pada setiap benda uji

(Sumber : dokumentasi penelitian pribadi)

- 2) Mengukur tinggi benda uji dengan menggunakan mistar dan mencatatnya.



Gambar 3.41 Mengukur benda uji

(Sumber : PT. BABN)

3) Menimbang benda uji pada keadaan kering



Gambar 3.42 Menimbang benda uji keadaan kering

(Sumber : PT. BABN)

4) Menimbang benda uji didalam air untuk mendapatkan volume benda uji tersebut



Gambar 3.43 Menimbang benda uji dalam air

(Sumber : PT. BABN)

5) Menimbang benda uji pada kondisi jenuh (SSD)



Gambar 3.34 Menimbang benda uji SSD
(Sumber : PT. BABN)

g. Proses pengujian benda uji

Diperhatikan bahwa harus segera dilakukan pengujian benda uji pada alat pengujian setelah benda uji diangkat dari tempatnya tidak melebihi 30 detik. Berikut langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Merendam benda uji ke dalam bak perendaman (*water bath*) selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C



Gambar 3.35 Merendam benda uji dalam *water bath*
(Sumber : PT. BABN)

- 2) Mengeluarkan benda uji dari *water bath* kemudian pasang pada alat penguji



Gambar 3.36 Benda uji dipasang pada alat penguji
(Sumber : PT. BABN)

- 3) Letakan alat penekan serta benda uji di atas alat uji *marshall*, kemudian luruskan dengan *proving ring*.
- 4) Memasang arloji pengukur *flow* pada dudukannya dan mengatur jarum pengukur pada angka nol.
- 5) Menahan batang pengukur (*sleeve*) agar tidak bergeser dari segmen atas kepala penekan.
- 6) Mengatur alat penekan beserta benda uji sampai menyentuh batang *proving ring*.
- 7) Mengatur jarum pengukur *flow* ke angka nol.
- 8) Lakukan pemeriksaan tingkat dari nilai stabilitas sampai dengan pada kondisi dari beban yang maksimum.
- 9) Pemeriksaan dengan teliti nilai kelelahan plastis *flow* pada saat benda uji mencapai pada tingkat stabilitasnya maksimum

E. Metode Pengumpulan Data

1. Formulir pengujian abrasi agregat menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*

SNI 2417:2008

Lampiran B (normatif)

Formulir pengujian

Formulir pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*

No. Contoh : Tanggal :
Pekerjaan : Dikerjakan :
Diperiksa :

Gradasi pemeriksaan		Jumlah putaran = putaran	
Ukuran saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (b)
76,2 (3")	63,5 (2 ½")		
63,5 (2 ½")	50,8 (2")		
50,8 (2")	36,1 (1 ½")		
36,1 (1 ½")	25,4 (1")		
25,4 (1")	19,1 (¾")		
19,1 (¾")	12,7 (½")		
12,7 (½")	9,52 (3/8")		
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")		
6,35 (1/4")	4,75 (No. 4)		
4,75 (No. 4)	2,36 (No. 8)		
Jumlah berat			
Berat tertahan saringan No. 12 sesudah percobaan (b)			

I. a = gram
b = gram
a - b = gram
Keausan I = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$ =
Keausan rata-rata =

II. a = gram
b = gram
a - b = gram
Keausan II = $\frac{a-b}{a} \times 100\%$ =

Penyedia,

(.....)

.....,,
Teknisi,

(.....)

2. Formulir pengujian gradasi agregat

SNI ASTM C136:2012

**Lampiran B
(normatif)
Contoh formulir pengujian**

Instansi penguji

No. pengujian :
 Jenis contoh :
 Jumlah contoh :
 Diterima tanggal :
 Diuji tanggal :
 Diuji oleh :
 Diperiksa oleh :

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI

Saringan mm (inci)	Massa tertahan Gram (a)	Jumlah tertahan Gram (b)	Persentase kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lewat (d)	
76,2 mm (3 inci)					
63,5 mm (2 ½ inci)					
50,8 mm (2 inci)					
36,1 mm (1 ½ inci)					
25,4 mm (1 inci)					
19,1 mm (¾ inci)					
12,7 mm (½ inci)					
9,52 mm (3/8 inci)					
4,75 mm (No. 4)					
2,36 mm (No. 8)					
1,18 mm (No. 16)					
0,6 mm (No. 30)					
0,3 mm (No. 50)					
0,15 mm (No. 100)					
0,075 mm (No. 200)					
Pan					
Modulus kehalusan :					

Mengetahui,
Penyedia,

(.....)

.....
Teknisi,

(.....)

3. Formulir pengujian *marshall*

SIFAT-SIFAT CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL (STABILITAS)
(SNI 66-2489-1990)

1. Nomor Job :
 2. Keputasan :
 3. Pekerjaan :
 4. Jenis Campuran :
 5. Sifat :
 Lokasi Lapis aspal (AC/WC) :
 Job mix design :

1. Metode Uji : SNI 06-3489-1991
 2. Jenis Pengujian : Stabilitas Marshall via setelah perendaman
 3. Densitas :
 4. Temperatur :
 Angka Koreksi Tebal Basah Uji (Y) = 0.34 kg

Kode Buket	Waktu perendaman di water bath	Kadar Aspal (T) dan Berat Campuran	Bentuk Basah Uji		Tinggi Basah Uji	Kepadatan	Berat Jenis Campuran Maksimum (V _{max})	Rongga Dalam Agregat (V _{MA})	Rongga Terhadap Campuran (V _{TM})	Rongga Terhadap Aspal (V _{FB})	Stabilitas		Pelebaran	Hasil Bagi Marshall	Kadar Aspal Efektif	Tebal Film Aspal
			D, dalam mm	Jumlah							Bacaan Pada Alat	Kalibrasi Proving Ring				
	a	b	c	d	e	f = c/d	g = cc	h	i = 100 - (g * 100 / b) by bulk	j = 100 - (100x / g h)	k = 100 * j / i	l = m * y	m	n = o	Q = b	r
1																
2																
3																
Rata2 1																
1																
2																
3																
Rata2 1																

Stabilitas sisa = $\frac{\text{Rata2 2} \times 100}{\text{Rata2 1}}$ = %

Gum (g) :
 Gum agregat (g) :
 Bi. Agregat Bulk (v) :
 Bi. Aspal (v) :
 Abs. Aspal (x) :

Keterangan :
 a = Waktu perendaman di water bath (jam)
 b = % aspal terhadap campuran
 c = Berat Kering (g)
 d = Berat dalam air (g)
 e = Berat dalam keadaan jenuh

***Gum Ditemukan dengan cara AASHTO T 209 pada kadar optimum perkaras (P_o)**
 P_o = 0.035 (°C.A)^{0.045} + 0.18 (°C.f) = K
 K = 0.5 - 1 Untuk beton, 2-3 untuk basalt

****** Absorpsi aspal terhadap total agregat**

O = Kerelehan (mm)
 P = Hasil bagi *marshall* (a-c)
 Q = Kadar Aspal eff. (%) (b-c) / (x/100) * (100-b)
 R = Tebal film aspal (mikron)
 1000 * (Pb - Pa)
 SA * BJ Aspal * (100 - Pb)

F. Metode Analisa Data

Data dari hasil masing-masing pengujian yang sudah didapat didalam formulir-formulir pengujian, selanjutnya data-data tersebut akan dianalisa dan dihitung terlebih dahulu sesuai dengan metode uji yang ada dalam SNI sehingga menghasilkan data-data pengujian yang sesuai dengan standar, antara lain:

1. Pengujian abrasi agregat menggunakan mesin *los angeles*:

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dengan:

a : berat benda uji semula, gram

b : berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70mm)

2. Pengujian test *Marshall*

a. Kepadatan (*density*)

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{\text{berat isi benda uji}}$$

Dengan:

W_m : Berat benda uji setelah di padatkan, (gr)

b. VIM (Vold in the Mix)

$$\text{VIM} = 100 - \frac{100 \times b_j \text{ bulk}}{G_{mm}}$$

Dengan:

VIM : Rongga udara pada campuran (%)

P_a : kadar aspal

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan
(gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis bulk agregat total

Bj bulk : Berat jenis bulk campuran

c. VMA (Void in Mineral Agregate)

$$VMA = 100 - \frac{(100 - pa) \times bj \text{ bulk}}{G_{sb}}$$

Dimana :

VMA : Rongga diantara agregat (%)

Pa : Kadar aspal terhadap berat total campuran

G_{sb} : Berat jenis Bulk agregat total

Bj Bulk : Bj bulk campuran

d. VFB (*Void Filled With Bitumen*)

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

Dengan:

VFB : Persentase rongga udara yang terisi aspal (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran (%)

e. Stabilitas

$$S = p \times q$$

Dengan:

S : Nilai stabilitas (kg)

p : pembaca arloji stabilitas

q : kalibrasi proving ring (10,34 kg)

f. Marshall Quotient

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

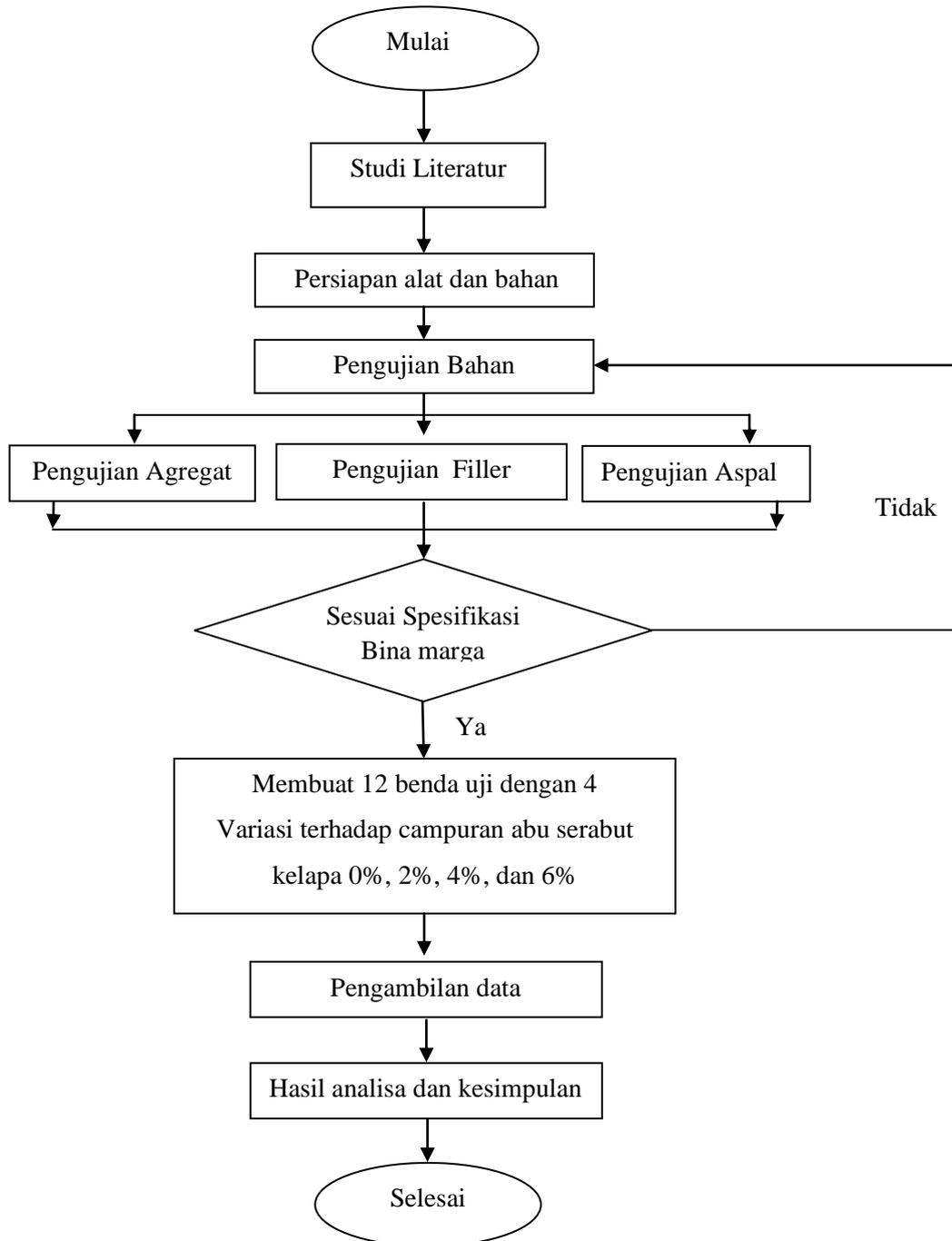
Dengan:

MQ : Marshall Quotient

MS : Marshall Stability

MF : Flow Marshall

G. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

(Sumber : Data Pribadi)