

# **SKRIPSI**

## **ANALISIS PENGARUH KARAKTERISTIK *MARSHALL* PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN ABU BATOK KELAPA SEBAGAI SUBSTITUSI *FILLER***

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana Pada  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik



Oleh:

**MUHAMMAD RIZKY**

**20180152**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2024**

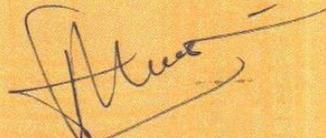
**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN ASPAL AC-WC MENGGUNAKAN ABU BATOK KELAPA  
SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER**

Oleh:

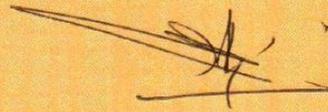
Muhammad Rizky  
NIM. 20180152

**Dosen Pembimbing 1**



Ishak, S.T., M.T.  
NIDN. 1010047301

**Dosen Pembimbing 2**



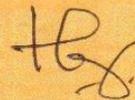
Ir. Zuheldi, S.T., M.T.  
NIDN. 1025047001

**Dekan Fakultas Teknik,  
UM Sumatera Barat**



Dr. Eng. Ir. Masril, S.T., M.T.  
NIDN. 1005057407

**Ketua Program Studi  
Teknik Sipil**



Helga Yermadona, S.Pd., M.T.  
NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 21 Agustus 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

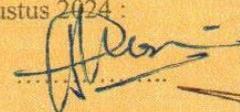
Bukittinggi, 21 Agustus 2024

Mahasiswa

Muhammad Rizky  
NIM. 20180152

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 21 Agustus 2024 :

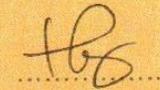
1. Ishak, S.T., M.T.

1. 

2. Ir, Zuheldi, S.T., M.T.

2. 

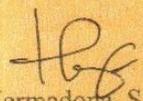
3. Helga Yermadona, S.Pd., M.T.

3. 

4. Endri, S.T., M.T.

4. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

  
Helga Yermadona, S.Pd., M.T  
NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizky  
Tempat Dan Tanggal Lahir : Bukittinggi 09 Maret 2002  
NIM : 20180152  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Karakteristik Marshall  
Pada Campuran Aspal AC-WC  
Menggunakan Abu Batok Kelapa Sebagai  
Substitusi Filler

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan pihak manapun.

Bukitinggi 21 Agustus 2024

Mahasiswa,



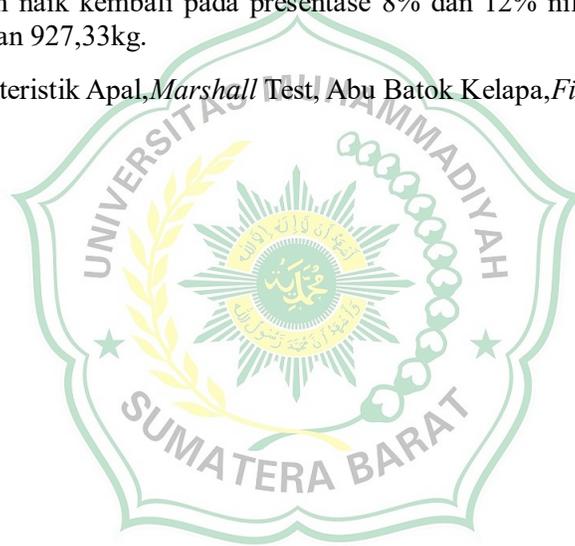
Muhammad Rizky

NIM. 20180139

## ABSTRAK

Aspal beton telah banyak dikembangkan dan menjadi salah satu solusi dalam campuran lapis perkerasan. Lapis aspal beton merupakan penggabungan gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan bahan pengikat aspal. Pemanfaatan sampah atau limbah juga bisa digunakan sebagai bahan pencampuran perkerasan jalan, salah satu Upaya yang dilakukan yaitu berupa pemanfaatan batok kelapa sebagai bahan pengisi limbah batok kelapa yang digunakan berasal dari kabupaten padang pariaman yang tepatnya Nagari Sikucua Barat Kecamatan V Koto Kampuang Dalam. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik Marshall terhadap campuran aspal AC-WC menggunakan abu batok kelapa sebagai bahan campuran pada *Filler*. Pada penelitian ini batok kelapa akan digunakan sebagai substitusi *Filler* dengan presentase 0%, 4%, 8%, dan 12%. Penelitian ini akan menggunakan metode pengujian di laboratorium. Pengujian akan menggunakan alat *Marshall test*. Berdasarkan data pengujian maka diperoleh hasil yaitu karakteristik campuran aspal AC-WC menggunakan batok kelapa sebagai bahan substitusi *Filler* memenuhi karakteristik Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 devisa 6 yaitu hasil pengujian stabilitas mengalami penurunan pada presentase 4% dan naik kembali pada presentase 8% dan 12% nilai stabilitas berturut-turut yaitu 1010,46kg dan 927,33kg.

Kata kunci : karakteristik Aspal, *Marshall Test*, Abu Batok Kelapa, *Filler*



## ABSTRACT

Asphalt concrete has been widely developed and has become one of the solutions in mixed pavement layers. Asphalt concrete layer is a combination of fine aggregate and coarse aggregate gradations using asphalt binder. Utilizing rubbish or waste can also be used as a mixing material for road pavement. One of the efforts made is the use of coconut shells as filling material. The coconut shell waste used comes from Padang Pariaman Regency, specifically Nagari Sikucua Barat, V Koto Kampuang Dalam District. The aim of this research is to determine the Marshall characteristics of AC-WC asphalt mixtures using coconut shell ash as a filler mixture. In this research, coconut shells will be used as a substitute for filler with percentages of 0%, 4%, 8% and 12%. This research will use laboratory testing methods. Testing will use the Marshall test tool. Based on the test data, the results obtained were that the characteristics of the AC-WC asphalt mixture using coconut shells as a filler substitute material met the characteristics of the 2018 General Specifications for Highways, Division 6, namely that the stability test results decreased at a percentage of 4% and increased again at a percentage of 8% and 12%. stability respectively, namely 1010.46kg and 927.33kg.

Keywords: Apal characteristics, Marshall Test, Coconut Shell Ash, Filler



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
2. Bapak Masril ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
4. Bapak Ishak, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Bapak Ishak, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
6. Ir. Zuheldi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 21 Juli 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Jalan.....	4
2.2 Aspal.....	6
2.3 Agregat.....	8
2.4 Arang Batok Kelapa .....	12
2.5 Parameter <i>Marshall</i> .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	19
3.2 Data Penelitian .....	19
3.3 Metode Penelitian.....	20
3.4 Pengujian Benda Uji.....	27

3.5	Bagan Alir Penelitian .....	28
<b>BAB IV</b>	<b>DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1	Kronologis Penelitian .....	29
4.2	Hasil Pengujian Material.....	29
4.3	Penentuan Kadar Aspal.....	35
4.4	Data Uji Karakteristik <i>Marshall</i> .....	39
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	4

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 3.1 Lokasi Labor Fakultas Teknik UM Sumbar .....	19
Gambar 3.2 Termometer .....	20
Gambar 3.3 Timbangan.....	21
Gambar 3.4 Saringan .....	21
Gambar 3.5 Kompor .....	21
Gambar 3.6 Spatula .....	22
Gambar 3.7 Wajan .....	22
Gambar 3.8 Cetakan Benda Uji .....	22
Gambar 3.9 Bak Perendaman ( <i>water Bath</i> ) .....	23
Gambar 3.10 Oven.....	23
Gambar 3.11 Alat Penumbuk .....	23
Gambar 3.12 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	24
Gambar 3.13 Alat <i>Marshall</i> .....	24
Gambar 3.14 Bagan Alir Penelitian .....	28
Gambar 4.1 Grafik Rancangan Aspal dan Gabungan Agregat .....	36
Gambar 4.2 Grafik Nilai Stabilitas .....	41
Gambar 4.3 Grafik Nilai kelelehan( <i>flow</i> ).....	42
Gambar 4.4 Grafik Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ).....	43
Gambar 4.5 Grafik Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) .....	44
Gambar 4.6 Grafik Nilai <i>Void Mineral Agregat</i> (VMA).....	45
Gambar 4.7 Grafik Nilai <i>Void Filled Asphalt</i> (VFA) .....	46
Gambar 4.8 Grafik Nilai <i>Void In Mix</i> (VIM).....	47

## DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 2.1	ketentuan Karakteristik /Sifat Campuran Laston (AC).....	8
Tabel 2.2	Gradasi Agregat Untuk Campuran AC .....	9
Tabel 2.3	Gradasi Agregat Halus .....	10
Tabel 2.4	Ketentuan Filler .....	12
Tabel 2.5	Kandungan Kimiawi pada Abu Batok Kelapa .....	13
Tabel 2.6	Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran AC-WC .....	18
Tabel 4.1	Data Pengujian Aspal.....	30
Tabel 4.2	Data Pengujian Abrasi .....	34
Tabel 4.3	Data Hasil Agregat.....	35
Tabel 4.4	Data Hasil Kadar Aspal Optimum .....	37
Tabel 4.5	Data Rancangan Aspal Dan Agregat.....	39
Tabel 4.6	Data Filler dan Subsitusi Abu Batok Kelapa.....	39
Tabel 4.7	Data Hasil Perhitungan <i>Marshall</i> .....	40
Tabel 4.8	Data Hasil Dari Stabilitas.....	40
Tabel 4.9	Data Hasil Dari <i>Flow</i> .....	41
Tabel 4.10	Data Hasil Dari Kepadatan.....	43
Tabel 4.11	Data Hasil Dari <i>Marshall Quoitient</i> .....	44
Tabel 4.12	Data Hasil Dari <i>Voidt In Mineral Aggregate</i> (VMA) .....	45
Tabel 4.13	Data Hasil Dari <i>Voidt Filled With Asphalt</i> (VMFA).....	46
Tabel 4.14	Data Hasil Dari <i>Void In The Mix</i> (VIM) .....	47

## DAFTAR NOTASI

AASHTO	= American Association Of Highway and Transportation Officials
AC-Base	= Aspalth Concrete Base
AC-BC	= Aspalth Concrete Bearing Course
AC-WC	= Aspalth Concrete Wearing Course
Bj	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
cP	= Centipoise
DMF	= Design Mix Formula
Filler	= Berupa Abu Batu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan 200
Flow	= Kelelehan
Ga	= Berat Jenis Aspal
Gsa	= Berat Jenis Semu
Gsb	= Berat Jenis Curah dari Total agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa
JMF	= Job Mix Formula
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LASTON	= Lapisan Aspal Beton
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
LTD	= Lapisan Tanah Dasar
MQ	= Marshall Quetiont (Kg/mm)
Pb	= Kadar Aspal Dalam Persentase Dari Total Berat Campuran
Pba	= Penyerapan Aspal
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
SSD	= Surface Saturated Dry
VFB	= Voids Filled With Bitumen (%)

VIM = Void In Mix (%)

VMA = Void In Mineral Agregat (%)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kerusakan jalan di Indonesia sering terjadi sebelum mencapai umur rencana yang ditetapkan. Salah satu faktor kerusakan karena material dari bahan perkerasan, maka perlu adanya perencanaan yang didasarkan pada beban lalu lintas rencana. Aspal beton telah banyak dikembangkan dan menjadi salah satu solusi dalam campuran lapis perkerasan. Lapis aspal beton merupakan penggabungan gradasi agregat halus dan kasar dengan menggunakan bahan pengikat aspal

Suatu lapis permukaan perkerasan jalan memiliki kemampuan sebagai lapis aus dan juga ketika tidak terjadi perubahan bentuk yang tetap dalam masa layanan. Salah satu penyebab kerusakan atau tidak mencapainya umur layanan jalan tersebut adalah bertambahnya tingkat kepadatan lalu lintas. Menurut Tayfur et al., 2005 dan Birgisson et al., 2007, pengurangan beban lalu lintas sebagai akibat dari kepadatan lalu lintas menyebabkan terjadinya akumulasi deformasi permanen pada campuran beton aspal sehingga mengalami penurunan kinerja jalan dalam masa layanan. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan bahan tambah (*additive*) ke dalam campuran

Pemanfaatan sampah atau limbah juga bisa digunakan sebagai bahan pencampuran perkerasan jalan. Perkerasan yang baik yaitu perkerasan yang mempunyai tingkat stabilitas tinggi dan kuat menopang beban kendaraan yang melintas. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu berupa pemanfaatan batok kelapa sebagai bahan pengisi. Buah kelapa merupakan komoditi unggulan Sumbar, dan di antara daerah penghasil paling banyak adalah Kabupaten Padang Pariaman, Kabupaten Agam, Kabupaten Kepulauan Mentawai, Kabupaten Limapuluh Kota dan Kabupaten Pesisir Selatan, dimana buah kelapa tersebut banyak yang dijual ke provinsi tetangga, bahkan sampai ke pulau Jawa.

Berdasarkan data dari Dinas Tanaman Pangan, Holtikultura dan Perkebunan Sumbar, ditahun 2017 produksi buah kelapa Sumbar mencapai 70.902 ton per tahun

dengan areal tanam 87.208 hektar, dan separuh dari produksi kelapa itu berasal dari Kabupaten Padang Pariaman sebanyak 35.436ton dengan area tanam 40.755 hektar.

Maka dari itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian ini dengan memanfaatkan limbah batok kelapa sebagai *filler*, batok kelapa yang digunakan berasal dari Kabupaten Padang Pariaman yang tepatnya Nagari Sikucua Barat Kecamatan V Koto Kampuang Dalam.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal AC-WC menggunakan abu batok kelapa sebagai bahan campuran pada *filler*?
2. Variasi persentase berapa yang mendapatkan nilai optimum pada campuran aspal AC-WC dengan menggunakan abu batok kelapa sebagai bahan campuran pada *filler* dengan persentase 0%, 4%, 8%, dan 12%.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Limbah batok kelapa yang digunakan adalah batok kelapa yang sudah kering dan dibakar lalu di haluskan dan lolos di saringan No.100 (0,15mm) dan tertahan di saringan No. 200 (0,075mm).
2. Aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70.
3. Tipe lapisan pada penelitian ini menggunakan lapisan AC-WC.
4. Persentase abu batok kelapa yang digunakan 0%,4%,8%, dan 12%.
5. Pengujian dilakukan dengan *Marshall test*.
6. Penelitian mengacu pada SNI 06-2484-1991
7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

## 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal AC-WC menggunakan abu batok kelapa sebagai bahan campuran pada *filler*.

2. Untuk menganalisis penggunaan abu batok kelapa sebagai campuran *filler* pada aspal AC-WC.

Manfaat dari penulisan ini adalah untuk menambah wawasan pembaca tentang penelitian yang dilakukan sehingga dapat menjadi referensi dalam penambahan inovasi selanjutnya.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini menggunakan sistematika penulisan yaitu sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Pada bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus-rumus berdasarkan jurnal penelitian sebelumnya yang digunakan untuk menunjang penelitian dan diperoleh dari berbagai sumber.

### **BAB III Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

### **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada .

### **BAB V Kesimpulan dan Saran**

Bab ini akan berisi kesimpulan dan saran yang diambil dari penelitian ini. Pada akhir penulisan skripsi ini akan dilampirkan daftar Pustaka sebagai referensi penunjang yang digunakan dan lampiran yang berisikan data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jalan

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam system transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan Negara. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi orang, barang atau jasa secara aman dan nyaman.

##### 2.1.1 Struktur Jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

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

Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja. Lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja. Oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan.

#### 1. Lapis permukaan (*Surface Course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

- a. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi :
  - 1) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air
  - 2) Menyediakan permukaan yang halus
  - 3) Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kesat, rata sehingga aman beban ke lapisan daibawahnya

b. Lapis permukaan antara (*binder course*) berfungsi :

- 1) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis di bawahnya, harus mempunyai ketebalan dan kekakuan cukup.
- 2) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas.

## 2. Lapis pondasi atas (*Base course*)

Dapat berupa granular agregat serta berpengikat baik aspal maupun semen mempunyai fungsi :

- 1) Mendukung beban pada lapis permukaan
- 2) Mengurangi tegangan/regangan dan meneruskan / mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya
- 3) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

## 3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

Dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- 1) Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi
- 2) Menyebarkan beban di atasnya
- 3) Sebagai lapisan Perata
- 4) Mengalihkan infiltrasi air (drainase) dari lapisan pondasi
- 5) Sebagai lapisan separator yang mencegah butiran halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi
- 6) Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.

## 4. Tanah dasar (*Subgrade*)

Dapat berupa tanah asli, timbunan, galian atau hasil stabilitas mempunyai fungsi :

- 1) Mempersiapkan lapisan di atasnya
- 2) Mendukung beban perkerasan dan beban yang akan melalui perkerasan

## 2.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai II-12 aspal. (Silvia Sukirman,2003) Aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 –10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

### 2.2.1 Lapisan Aspal Beton

Lapis aspal beton adalah 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 agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang bergradasi baik. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Sukirman, 2016).

Berdasarkan Bina Marga (2018), sesuai fungsinya laston terdiri dari 3 macam campuran 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 dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air. Ukuran agregat maksimum 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
- 2) Laston sebagai lapisan 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 & tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.

- 3) Laston sebagai lapisan fondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*). Ukuran agregat maksimum 37,5 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran lapis aspal beton adalah

- 1) Stabilitas, yaitu kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun 38 bleeding. Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan agregat dengan gradasi rapat, agregat permukaan kasar, agregat berbentuk kubus, aspal penetrasi rendah dan aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan butir.
- 2) Durabilitas (keawetan) diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atau keausan akibat gesekan kendaraan.
- 3) Fleksibilitas (kelenturan) adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume
- 4) Ketahanan geser/kekesatan adalah ketahanan yang diberikan perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering.
- 5) Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur dan retak.
- 6) Kedap Air (*Impermeability*), adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7) Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk di hampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Berikut adalah ketentuan karakteristik/sifat lapis aspal beton dapat dilihat pada tabel 2.1:

Tabel 2.1 ketentuan Karakteristik /Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat campuran		AC		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Kadar Aspal Optimal (%)	Min.	5,1	4,3	4,0
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	30		
	Maks.	5,0		
Rongga Dalam Agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3 6
	Maks.	4		
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250		300
Stabilitas Marshall sisa ( <i>durability index</i> ), 60 C (%)	Min.	90		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018.

### 2.3 Agregat

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 (Sukirman, 2016).

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

- Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan

dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.

- Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
- Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*).

Berikut adalah tabel Gradasi Agregat untuk campuran AC

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Untuk Campuran AC

Ukuran ayakan	Berat yang lolos terhadap total agregat (%)			
	Laston (AC)			
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1½"	37,5			100
1"	25	-	100	90-100
¾"	19	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	75-100	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	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah fraksi yang tertahan di saringan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung (Bina Marga, 2018). 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. Sama halnya dengan agregat halus, agregat kasar harus memenuhi beberapa syarat, 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.

### 2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Bina Marga, 2018).

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.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10 mm(3/8)	100	100	100	100
4,8 mm (No.8)	90-100	90-100	90-100	90-100
2,4 mm (No.8)	60-75	76-100	85-100	95-100
1,2 mm (No.16)	30-70	50-90	75-100	90-100
0,6 mm (No.30)	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3 mm (No.50)	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm (No.100)	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

Keterangan :

- Daerah gradasi I =Pasir kasar
- Daerah gradasi II =Pasir agak kasar
- Daerah gradasi III =Pasir halus
- Daerah gradasi IV =Pasir agak halus

### 2.3.3 Filler

*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 2.4:

Tabel 2.4 Ketentuan *Filler*

Karakteristik	Metode Pengujia	Syarat
Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	Min.75 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

## 2.4 Arang Batok Kelapa

Buah kelapa mempunyai hasil sampingan berupa tempurung yang dapat diolah menjadi arang. Namun, selama ini tempurung kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau dibiarkan sebagai limbah. Tempurung kelapa sendiri merupakan lapisan keras dengan ketebalan 3-5 mm yang terletak di bagian dalam kelapa setelah sabut, sifat kerasnya disebabkan oleh banyaknya kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang terdapat dalam tempurung. Dari berat total buah kelapa, antara 15–19% merupakan berat tempurungnya. Selain itu tempurung juga banyak mengandung lignin dan kandungan *methoxyl* dalam tempurung kelapa hampir sama dengan yang terdapat dalam kayu. Pada umumnya nilai kalor yang terkandung dalam tempurung kelapa adalah berkisar antara 18200–19388,05 kJ/kg (Palungkun, 1999). Pembentukan arang tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen dan gas-gas hidrokarbon. Peristiwa ini disebut pirolisis skunder. Makin rendah kadar abu, air dan zat yang menguap maka makin tinggi pula kadar *fixed* karbonnya dan mutu arang tersebut akan semakin tinggi (Prayogi, 2021).

Berikut kandungan yang terdapat pada arang tempurung, yaitu:

- a. Volatile: 10,60 %
- b. Karbon: 76,32 %
- c. Abu: 13,08 %

Untuk meningkatkan nilai tambah produk kelapa, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung kelapa untuk diolah menjadi arang, mengingat kebutuhan arang tempurung kelapa cenderung meningkat sebagai bahan baku pembuatan arang

aktif (Hadi, 2011). Arang aktif atau sering juga disebut karbonaktif adalah jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar (500 m<sup>2</sup>/g). Hal ini dicapai dengan proses pengaktifan karbon, baik secara kimia maupun fisik. Pengaktifan juga bertujuan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif. Arang aktif digunakan dalam berbagai jenis *industry* sebagai adsorben dan untuk kegunaan lainnya (Hadi, 2011). Pemanfaatan abu arang tempurung kelapa juga dilakukan oleh Girish, dkk (2020) pada penelitian “*Partial Replacement of Stone Dust with Coconut Shell Charcoal Powder in Flexible Pavement*” yaitu untuk campuran abu arang tempurung kelapa yang lolos saringan 1,18 mm dipakai sebanyak 4%, 8% dan 12%. Persentase rongga udara pada campuran beraspal ini terus menurun dengan meningkatnya kandungan dari bitumen.

Pemakaian arang tempurung kelapa sendiri menunjukkan kinerja yang lebih baik sebagai bahan aditif dengan campuran aspal panas dibandingkan dengan penggunaan tempurung kelapa sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Ramez, dkk (2013) dengan judul “*Comparasion between Mixtures of Asphalt with Palm Oil Shells and Coconut Shells*”. Dengan perbedaan penambahan arang tempurung kelapa mampu meningkatkan modulus ketahanan dari campuran yang dimodifikasi tetapi penambahn tempurung kelapa tidak dapat meningkatkan modulus ketahanan.

Tabel 2.5 Kandungan Kimiawi pada Abu Batok Kelapa

Unsur	Berat(%)
O (oksigen)	16,95
Na (natrium)	2,67
Mg (magnesium)	3,15
Al (aluminium)	0,65
Si (silikon)	20,19
P (fosfor)	3,31
K (kalium)	18,36
Cl (klorida)	1,77
S (belerang)	1,43
Ca (kalsium)	9,51

Sumber : Pujiana (2014)

## 2.5 Parameter Marshall

### 2.5.1 Stabilitas

Menurut Sukirman, pemeriksaan Stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, dan *Flow meter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji.

Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

### 2.5.2 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan plastis (*Flow*) menyatakan besar deformasi lapisan perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan *Flow* yang tinggi, melampaui batas maksimum maka campuran cenderung menjadi plastis, sehingga mudah berubah bentuk jika terlalu banyak menerima beban. Sebaliknya bila nilai *Flow* rendah, maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika beban melampaui daya dukungnya. Besarnya nilai *Flow* diakibatkan oleh bertambahnya nilai kadar aspal, semakin tinggi kadar aspal semakin tinggi pula nilai *Flow*. (Sukirman, 2003).

### 2.5.3 *Void In The Mix* (VITM)

VITM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VITM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VITM (*Void In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VITM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VITM adalah 3,5% - 5%. Nilai VITM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VITM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total ampuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

$$VIM (100 - i - j) \dots\dots\dots (2)$$

$$b = \frac{aa}{100+a} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$i = \frac{bxg}{Bj.agregat} \dots\dots\dots (4)$$

$$J = \frac{(100-b) \times g}{Bj.agregat} \dots\dots\dots$$

(4)

Keterangan :

A = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

#### 2.5.4 Void In The Mineral Aggregate (VMA)

Menurut Sukirman, rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. *Void In Mineral Agregate* (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi,

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

#### **2.5.5 *Void Filled Asphalt* (VFA)**

*Void Filled Asphalt* (VFA) adalah prosentase rongga campuran yang terisi aspal yang terdapat di antara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal. Hasil pengujian VFA pada aspal AC-WC dengan penggunaan Abu Tongkol Jagung sebagai bahan pengganti *filler* secara umum memperlihatkan peningkatan dan penurunan pada nilai VFVA

#### **2.5.6 *Marshall Quotient***

*Marshall Quotient* adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *Flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *Flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah lebih

besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *Flow*

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

Tabel 2.6 Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran AC-WC

Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi
Jumlah Tumbukan per Bidang	75 kali
Kadar Aspal	5-7 %
Rongga Dalam Campuran (VIM)	3-5 %
Rongga Dalam Agregat (VMA)	Min 15 %
Rongga Terisi Aspal (VFA)	Min 65 %
Kepadatan ( <i>Bulk Density</i> )	Min 2,228 gr/cm <sup>3</sup>
Stabilitas	Min 800 kg
Pelelehan ( <i>Flow</i> )	2-4 mm
<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	Min 250 kg/mm
Stabilitas <i>Marshall Sisa</i> ( <i>Durability Index</i> ) 60%	Min 90%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Devisi 6, 2018

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Beralamat Jl. Paninjauan, Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



Gambar 3.1 lokasi Laboratorium Universitas Muhammadiyah

Sumber : google maps (20 April 2024,/07:38)

#### 3.2 Data Penelitian

##### 3.2.1 Jenis Data dan Sumber Data

Data Primer Data ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan untuk memperoleh hasil dari penelitian.

##### 3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan yaitu pencarian, penyidikan, percobaan dan pengujian secara ilmiah, dan juga mendokumentasikan kegiatan pengujian, membaca jurnal, buku dan *website* yang berkaitan dengan pengujian.

Penelitian yang dilakukan menggunakan abu bunga pinus sebagai tambahan secara substitusi dalam *filler* yang telah disaring menggunakan saringan no. 200. Batok kelapa diambil dari daerah sekitar

pasar Kota Padang Panjang. Kemudian dibakar menggunakan minyak tanah dan dilakukan penyaringan.

### 3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan cara pembuatan dan pengujian aspal dengan cara uji Marshall. Penelitian dimulai dari pengumpulan data, mengumpulkan bahan dan material, mengolah material yang akan digunakan dan melakukan percobaan di laboratorium.

Pada penelitian ini filler yang biasanya menggunakan semen akan diganti menggunakan abu tongkol jagung yang telah dihaluskan dan lolos dari saringan No.200, dimana pada campuran aspal ini akan digunakan abu tongkol jagung dengan persentase 0%, 4%, 8% dan 12%. Pembuatan benda uji akan dibuat sebanyak 3 buah per kadar persentase, sehingga total dari sampel benda uji yang dibuat adalah sebanyak 12 buah benda uji.

#### 3.3.1 Alat

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan adalah

##### 1. *Termometer*



Gambar 3.2 *Termometer*

Sumber : Dokumentasi Lapangan

## 2. Timbangan



Gambar 3.3 Timbangan

Sumber : Dokumentasi Lapangan

## 3. Saringan



Gambar 3.4 Saringan

Sumber: Dokumentasi Lapangan

## 4. Kompor



Gambar 3.5 Kompor

Sumber : Dokumentasi Lapangan

5. Spatula



Gambar 3.6 Spatula

Sumber : Dokumentasi Lapangan

6. Wajan



Gambar 3.7 Wajan

Sumber : Dokumentasi Lapangan

7. Cetakan benda uji



Gambar 3.8 Cetakan Benda Uji (Mold *Marshall* Test)

Sumber : Dokumentasi Lapangan

8. *Water bath*



Gambar 3.9 *Water Bath*

Sumber : Dokumentasi Lapangan

9. Oven



Gambar 3.10 Oven

Sumber : Dokumentasi Lapangan

10. Alat penumbuk



Gambar 3.11 Alat Penumbuk (*Marshall Compactor Manual*)

Sumber : Dokumentasi Lapangan

### 11. Los Angeles



Gambar 3.12 *Los Angeles*

Sumber : Dokumentasi Lapangan

### 12. Alat *Marshall*



Gambar 3.13 Alat *Marshall*

Sumber : Dokumentasi Lapangan

### 3.3.2 Bahan

Bahan pengujian yang digunakan adalah :

1. Aspal pen 60/70.
2. Abu batok kelapa.
3. Pasir.

4. Kerikil.
5. *Split*.
6. Semen.
7. Air.

### 3.3.3 Langkah – Langkah Pembuatan Benda Uji

#### 1. Pembuatan *filler* Abu Batok Kelapa

Dalam proses ini, abu batok kelapa yang telah dikumpulkan akan dimasukan kedalam wajan dan akan dibakar menggunakan minyak tanah hingga menjadi abu. Setelah itu abu batok kelapa disaring menggunakan ayakan no.200.

#### 2. Pengujian analisis saringan agregat kasar dan agregat halus.

Pengujian dilakukan untuk menentukan butiran yang bagi dalam agregat kasar dan agregat halus

#### 3. Pengukuran berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Analisis ini bertujuan untuk memahami hal-hal sebagai berikut: berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry* = SSD), berat jenis tampak tampak, dan perbandingan air yang terserap terhadap berat agregat kasar.

#### 4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui serapan agregat halus, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan berat jenis curah.

#### 5. Pemeriksaan abrasi

Dengan membandingkan berat bahan aus yang melewati saringan no. 12 (1,7 mm) dengan berat asli dalam persen, tujuan pemeriksaan adalah untuk memastikan tingkat keausan yang terlihat.

6. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dan Agregat halus

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/lempung dalam agregat

7. Pemeriksaan berat jenis aspal

Percobaan piknometer ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis aspal. Hal ini dapat dipastikan dengan membandingkan berat aspal dan air suling pada suhu dan konsentrasi tertentu. Lakukan percobaan data dengan desain campuran aspal Laston.

8. Setelah itu timbang agregat sesuai dengan berat yang dibutuhkan.

9. Campurkan semua bahan dan panaskan sampai suhu 160°C

10. Lakukan pengadukan sampai campuran aspal berada disuhu homogen.

11. Siapkan cetakan benda uji dan alat penumbuk yang telas dialas menggunakan kertas agar mencegah lengketnya benda uji.

12. Campuran aspal yang telah mencapai suhu homogen aduk untuk menurun suhu hingga mencapai suhu 130°C

13. Setelah itu tuang campuran aspal kedalam cetakaan.

14. Lakukan pemadatan aspal sebanyak 75 kali tumbukan dibagian tengah dan disamping.

15. Setelah pemadatan selesai, tunggu hingga campuran aspal mencapai suhu tubuh.

16. Keluarkan campuran atau disebut juga benda uji dari dalam cetakan

17. Lakukan pencatatan data yaitu menimbang berat, ukur diameter, dan beri tanda.

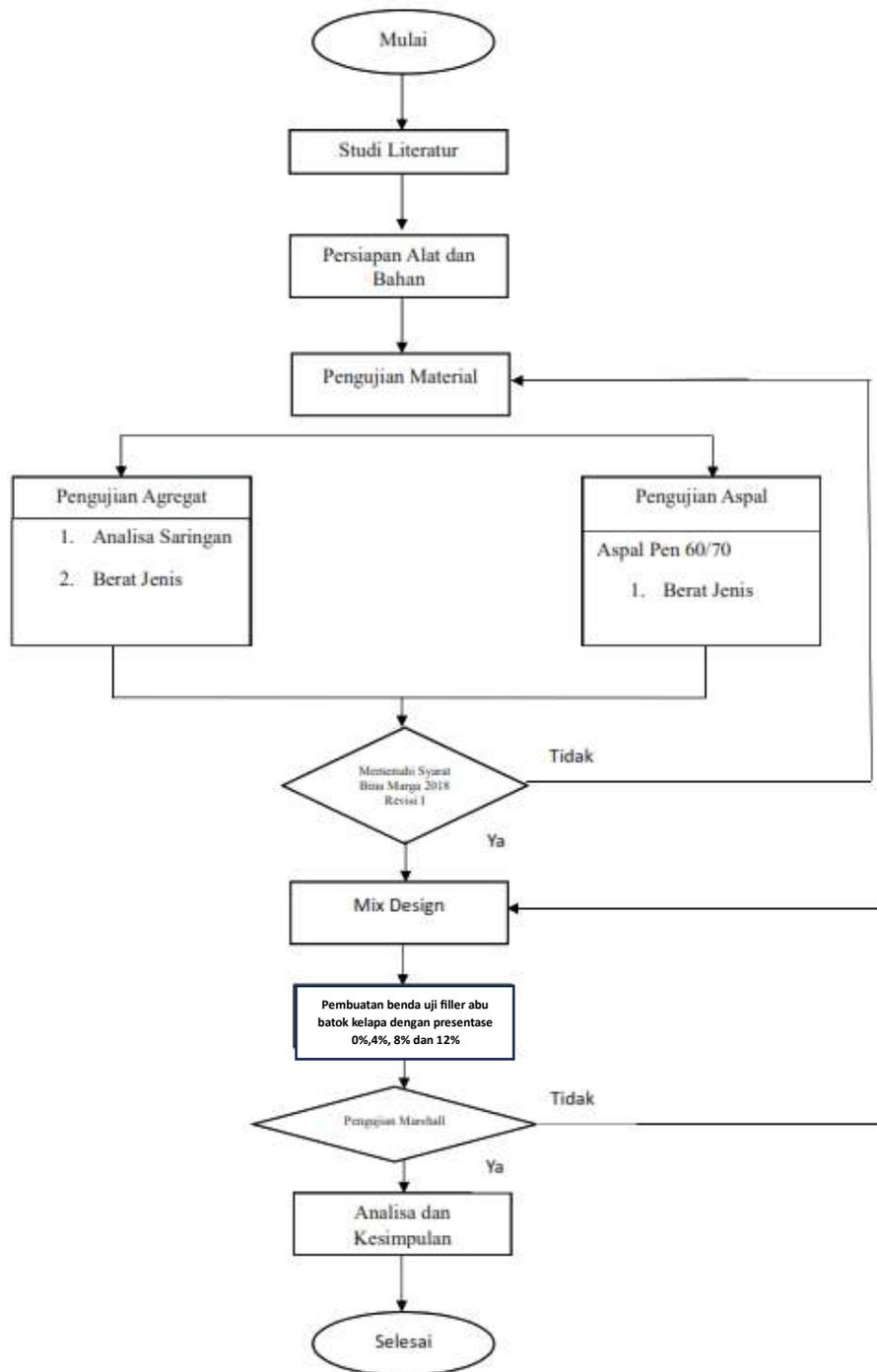
18. Rendam benda uji selama 24 jam
19. Keluarkan benda uji, lakukan penimbangan ssd dan timbang benda uji menggunakan timbangan air.
20. Rendamlah benda uji pada suhu 60°C.

### 3.4 Pengujian Benda Uji (*Marshall Test*)

Pengujian Marshall merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan (*Stability*), kelelahan plastis (*Flow*) dari suatu campuran aspal. Semakin tinggi nilai kestabilitas campuran maka semakin tinggi pula nilai *Flow*. Dengan nilai kestabilitas yang tinggi maka dapat disimpulkan bahwa aspal mampu menahan beban.

1. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
2. Benda uji direndam dalam Water Bath (bak perendam) selama 30 – 40 menit pada suhu 60 °C. Benda uji yang disiapkan sebanyak 3 buah pada masing – masing variasi abu bonggol jagung total benda uji adalah 12 benda uji.
3. Benda uji dikeluarkan dan diletakkan pada alat uji *Marshall* untuk pengujian.
4. Hasil pengujian ini didapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*Flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan *Marshall quotient* didapatkan dengan rumus.

### 3.5 Bagan Alir



4.1 Gambar 3.14 Bagan Alir Penelitian

## BAB IV

### DATA PENELITIAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kronologis Penelitian

Pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan bahan dan material seperti *split, screen, abu batu, aspal* dan abu batok kelapa. Setelah itu bahan dan material tersebut dilakukan pengujian penyerapan air, abrasi, penetrasi dan pengujian lainnya. Kemudian dari pengujian tersebut diperoleh hasil penyerapan air, abrasi, penetrasi dan pengujian lainnya, yang hasil tersebut harus sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Devisi 6. Jika bahan dan material yang digunakan telah sesuai dengan Spesifikasi maka dilakukanlah perancangan campuran aspal untuk membuat satu benda uji, setelah mendapatkan hasil perancangan maka campuran aspal yang sesuai dengan rancangan maka dipanaskan hingga mencapai suhu  $160^{\circ}\text{C}$ , dan setelah itu lakukan pengadukan sampai campuran aspal berada di suhu homogen  $130^{\circ}\text{C}$ , setelah itu lakukan tuang campuran aspal kedalam cetakan dan lakukan pemadatan aspal sebanyak 75 kali tumbukan dibagian tengah dan di samping, setelah pemadatan selesai tunggu hingga campuran aspal mencapai suhu tubuh, keluarkan campuran atau disebut juga benda uji dari dalam cetakan, lakukan pencatatan data yaitu menimbang berat, ukur diameter, dan beri tanda, Kemudian rendam benda uji selama 24 jam, setelah di rendam 24 jam keluarkan benda uji dan lakukan penimbangan SSD dan timbang benda uji menggunakan timbangan air, lalu masukkan benda uji ke dalam *Water Bath* dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  lalu di rendam selama 30 menit dan setelah itu baru dilakukan pengujian menggunakan *Marshall*.

#### 4.2 Hasil Pengujian Material

Untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan dalam penelitian memenuhi standar Spesifikasi Bina marga revisi I Tahun 2018 merupakan tujuan dari pengujian bahan ini. Pengujian abrasi, berat jenis, penyerapan udara pada agregat, dan pengujian aspal merupakan beberapa pengujian yang dilakukan.

##### 4.2.1 Pengujian Aspal

Aspal Beton penetrasi 60/70 telah diperiksa menggunakan metode pengujian dan spesifikasi yang memenuhi standar Bina Marga 2018.

Tabel 4.1 Data Pengujian Aspal

No	Pengujian	Satuan	Aspal		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi	0,1 mm	60	70	66.7	Memenuhi
2	Berat Jenis	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1.08	Memenuhi
3	Titik Lembek	°C	44.8	58	51.3	Memenuhi
4	Daktalitas	cm	100	-	137	Memenuhi
5	Titik Nyala	°C	232	-	242	Memenuhi

Sumber: Hasil Analisa 2024

Dari hasil pengujian diatas maka di simpulkan bahwa penetrasi aspal yang digunakan memenuhi syarat.

#### 4.2.2 Pengujian Agregat

##### a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

- Pengujian *split* ( diameter 1 – 2 cm )

Data Percobaan : 1

1. Berat Benda Uji SSD = 7978 Gram (W1)
2. Berat Benda Uji SSD Di Dalam Air = 4821 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 7840 Gram (W3)

Data Percobaan : 2

1. Berat Benda Uji SSD = 8013 Gram (W1)
2. Berat Benda Uji SSD Dalam Air = 4850 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 7839 Gram (W3)

### 1. Berat jenis semen kering oven (bulk Specific Gravity)

Data Pengujian Agregat Kasar	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Kering W3 / (W1-W2)	Gram	2,48	2,48
<b>BJ Bulk Kering Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,48</b>	

### 2. Berat Jenis Jenuh Air Kering Permungkaan (SSD)

Data Pengujian Agregat Kasar	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk SSD W1 / (W1-W2)	Gram	2,53	2,53
<b>BJ Bulk SSD Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,53</b>	

### 3. Berat Jenis Apparent (semu)

Data Pengujian Agregat Kasar	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Apparent W3 / (W3-W2)	Gram	2,60	2,62
<b>BJ Bulk Apparent Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,61</b>	

### 4. Berat Jenis Penyerapan Air

Data Pengujian Agregat Kasar	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan Air (W1-W3) / W1 x 100%	Gram	2,60	2,62
<b>Penyerapan Air Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,61</b>	

Berdasarkan pengujian berat jenis pada agregat kasar yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar split dan screen memenuhi syarat spesifikasi maksimal 3% sedangkan nilai yang di dapatkan di bawah 3%.

- Pengujian screen (diameter 0,5 – 1 cm)

Data percobaan 1

1. Berat Benda Uji SSD = 7765 Gram (W1)

2. Berat Benda Uji SSD Di Dalam Air = 4719 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 7612 Gram (W3)

Data percobaan 2

1. Berat Benda Uji SSD = 8548 Gram (W1)
2. Berat Benda Uji SSD Di Dalam Air = 5244 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 8415 Gram (W3)

#### 1. Berat jenis semen kering oven (Bulk Specific Gravity)

Data Pengujian Agregat Screen	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Kering W3 / (W1-W2)	Gram	2,50	2,50
<b>BJ Bulk Kering Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,50</b>	

#### 2. Berat Jenis Jenuh Air Kering Permungkaan (SSD)

Data Pengujian Agregat Screen	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk SSD W1 / (W1-W2)	Gram	2,55	2,59
<b>BJ Bulk SSD Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,57</b>	

#### 3. Berat Jenis Apparent (semu)

Data Pengujian Agregat Screen	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Apparent W3 / (W3-W2)	Gram	2,63	2,65
<b>BJ Bulk Apparent Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,64</b>	

#### 4. Berat Jenis Penyerapan Air

Data Pengujian Agregat Screen	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan Air (W1-W3) / W1 x 100%	Gram	1,97	1,56
<b>Penyerapan Air Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>1,76</b>	

Berdasarkan pengujian berat jenis pada agregat kasar yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar split dan screen memenuhi syarat spesifikasi maksimal 3% sedangkan nilai yang di dapatkan di bawah 3%.

### b. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Data percobaan : 1

1. Berat Benda Uji SSD = 255 Gram (W1)
2. Berat Benda Uji SSD Di Dalam Air = 165 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 250 Gram (W3)

Data Percobaan : 2

1. Berat Benda Uji SSD = 255 Gram (W1)
2. Berat Benda Uji SSD Di Dalam Air = 159 Gram (W2)
3. Berat Benda Uji Kering Oven = 241 Gram (W3)

#### 1. Berat jenis semen kering oven (Bulk Specific Gravity)

Data Pengujian Agregat Halus	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Kering W3 / (W1-W2)	Gram	2,78	2,51
<b>BJ Bulk Kering Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,64</b>	

#### 2. Berat Jenis Jenuh Air Kering Permungkaan (SSD)

Data Pengujian Agregat Halus	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk SSD W1 / (W1-W2)	Gram	2,83	2,66
<b>BJ Bulk SSD Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,74</b>	

### 3. Berat Jenis Apparent (semu)

Data Pengujian Agregat Halus	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk Apparent $W_3 / (W_3 - W_2)$	Gram	2,94	2,94
<b>BJ Bulk Apparent Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>2,94</b>	

### 4. Berat Jenis Penyerapan Air

Data Pengujian Agregat Halus	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan Air $(W_1 - W_3) / W_1 \times 100\%$	Gram	1,96	5,46
<b>Penyerapan Air Rata-Rata</b>	<b>Gram</b>	<b>3,73</b>	

Berdasarkan pengujian berat jenis pada agregat kasar yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar split dan screen memenuhi syarat spesifikasi maksimal 3% sedangkan nilai yang di dapatkan di bawah 3%.

#### 4.2.3 Pengujian Abrasi

Pengujian abrasi dilakukan pada agregat *split* atau batu yang pecah. Material yang lolos dari aringan nomor setengah dan tertahan di saringan nomor setengah diuji untuk mengukur keausan material, yang diukur dengan membandingkan berat aus yang lolos dari saringan nomor 12 dengan berat awal. Uji abrasi dilakukan 100 kali dengan nilai maksimum 6%. Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini : uji abrasi memenuhi syarat.

Tabel 4.2 Data Pengujian Abrasi

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2
Berat Sampel Semula (a)	Gram	5000	5000
Tertahan ssaringan NO.12(b)	Gram	3959	3990
Keausan (c) = $((a-b)/a) \times 100\%$	%	20,82	20,20
Keausan Rata-Rata	%		

Sumber : Hasil Analisa 2024

### 4.3 Penentuan Kadar Aspal

#### 4.3.1 Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

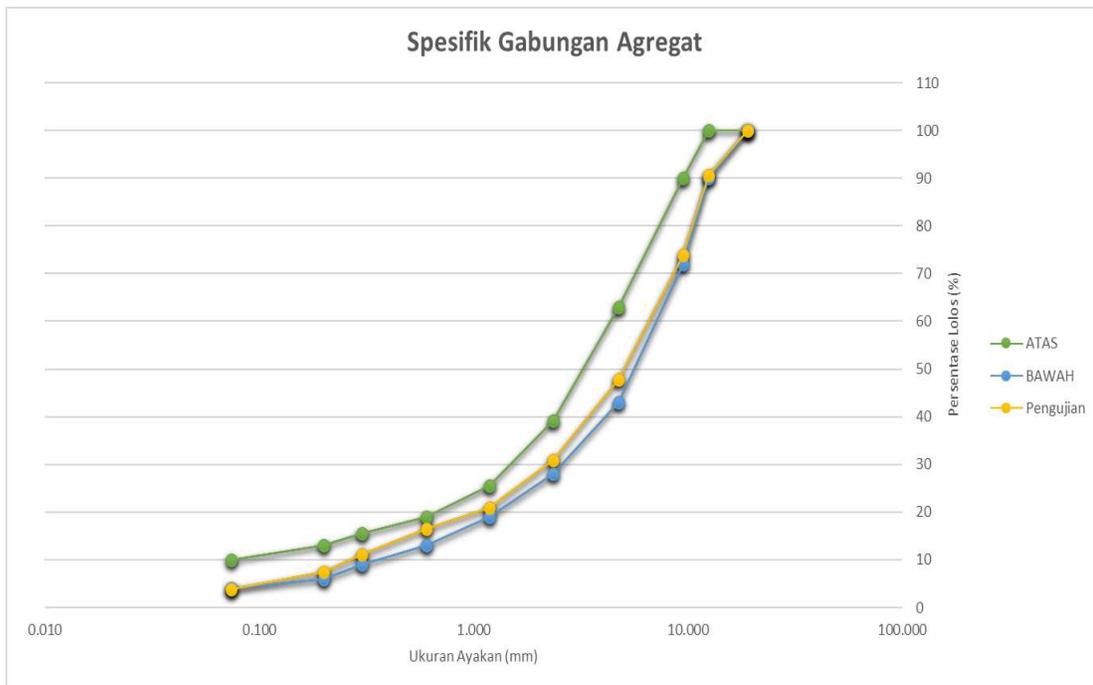
Untuk mengetahui presentase dari masing-masing agregat dalam campuran agregat gabungan, metode *Trial and Error* digunakan. Presentase agregat gabungan diperoleh dengan perkalian presentase dengan persen agregat yang lolos. Kemudian, presentase dari masing-masing agregat dijumlahkan untuk menghasilkan presentase agregat gabungan.

Dari hasil yang di dapat penulis, nilai presentase total agregat campuran aspal AC-WC adalah:

Tabel 4.3 Data Hasil Agregat

PENGABUNGAN									
NO AYAKAN	Ukuran Ayakan (MM)	LOLOS KUMULATIF (%) GABUNGAN AGREGAT					LOLOS KUMULATIF (%)		
		Split	Screen	Abu Batu	Filler	JUMLAH GAB.	SPESIFIKASI BM-2010		
		A	B	C	D	A+B+C+D	GH, AC - WC, BATAS		
						100.00	BAWAH	ATAS	
3/4"	19.000	95.55	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100	
1/2"	12.500	47.64	100.00	100.00	100.00	90.58	90	100	
3/8"	9.500	24.52	71.70	100.00	100.00	73.96	72	90	
4	4.750	4.48	21.57	98.80	100.00	47.87	43	63	
8	2.360	1.68	12.79	64.00	100.00	30.97	28	39.1	
16	1.180	2.32	13.87	34.60	100.00	20.98	19	25.6	
30	0.600	1.96	14.69	21.20	100.00	16.45	13	19.1	
50	0.300	1.76	11.08	11.20	100.00	11.22	9	15.5	
100	0.200	0.76	9.36	3.20	100.00	7.41	6	13	
200	0.074	0.08	1.31	3.84	95.05	3.87	4	10	
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm)				18.00	%		
		b. Screen ( 5-10 mm)				44.00	%		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				36.00	%		
		d. Semen (< 5 mm)				2.00	%		
		Total				100.00	%		

Sumber: Hasil Analisa 2024



Gambar 4.1 Grafik rencana Aspal dan Gabungan Agregat

Sumber: Hasil Analisa 2024

#### 4.3.2 Perkiraan Kadar Aspal Rencana

Penentuan kadar aspal AC-WC menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (69,03) + 0.045 (23,56) + 0.18 (7,41) + 0,75 \\
 &= 5,51 \sim 5,5
 \end{aligned}$$

Keterangan :  $P_b$  = Kadar Aspal Rencana

$K$  = Koefisien (0,75)

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Kasar} &= \#3/4'' - \#8 \\
 &= 100 - 30,97 \\
 &= 69,03
 \end{aligned}$$

Agregat Halus = #8 - #200

$$= 30,97 - 7,41$$

$$= 23,56$$

$$\text{Filler} = \#200$$

$$= 7,41$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 5,5 % dengan mengambil kadar aspal dibawah dan kadar aspal diatas menggunakan interval 0,5% maka diambil variasi kadar aspal adalah 5%; 5,5%; 6%; 6,5%

### 4.3.3 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah nilai rencana aspal yang di tentukan, maka benda uji diambil dari kadar aspal rencana dengan tambahan tiga diatas nilai PB: (5%, 5,5%, 6%, 6,5%) dengan pengujian masing-masing kadar menggunakan 3 benda uji untuk menghasilkan kadar aspal yang optimum digunakan. Dari hasil pengujian menggunakan alat Marshall Test didapatkan data yang ada ditabel berikut:

Tabel 4.4 Data Hasil Variasi Berbagai Kadar Aspal

Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	Kepadatan	Marshall Quotient	VMA	VFA	VIM
5.0%	1143.76	3.87	2.16	256.74	15.5	65.48	4.22
5,5%	1167.83	3.99	2.08	255.79	16.74	66.24	4.35
6.0%	1010.46	3.98	2.00	255.13	15.22	84.53	2.26
6.5%	1159.39	4.23	2.51	265.78	16.34	68.99	3.23

Sumber: Hasi Analisa 2024

Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh data kandungan aspal yang memenuhi syarat karakteristik yang mencakupi Density (Kepadatan), Flow (Kelelahan), Stabilitas, VMA, VFA, VIM dan *Marshall Quotient* yang memenuhi syarat adalah kadar di 5% dan 5,5%. Jadi dapat dijelaskan bahwa kadar aspal optimum (KAO) adalah  $(5\% + 5,5\%) / 2 = 5.25\%$ . Jadi mengacu pada grafik di bawah ini:



Tabel 4.5 Data Rancangan Aspal Dan Agregat

<b>Kadar Aspal</b>	=	<b>5,25</b>	<b>%</b>					
<b>Hasil Kombinasi</b>								
Split (10-20 mm)	=	18	%	x	1100	=	198	gram
Screen ( 5-10 mm)	=	44	%	x	1100	=	484	gram
Abu Batu (0 - 5 mm)	=	36	%	x	1100	=	396	gram
Semen (< 5 mm)	=	2	%	x	1100	=	22	gram
Aspal	=	6	%	x	1100	=	66	gram

Sumber : Hasi Analisa 2024

Untuk campuran aspal dengan campuran abu batok kelapa adalah melakukan pencampuran substitusi yang di lakukan sebagai pengganti *Filler* dengan persenan 4%, 8%, dan 12% yang diuraikan pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Data Filler dan Subsitusi Abu Batok Kelapa

<b>Semen (&lt; 5 mm)</b>	=	<b>2</b>	<b>%</b>					
<b>Hasil Kombinasi</b>								
Abu Batok Kelapa	=	4	%	X	22	=	1.54	gram
Abu Batok Kelapa	=	8	%	X	22	=	2.22	gram
Abu Batok Kelapa	=	12	%	X	22	=	2.86	gram

Sumber : Hasil Analisa2024

#### 4.4 Data Uji Karakteristik Marshall

Pengujian dari uji marshall adalah untuk mengukur karaktersitik campuran aspal panas dalam waktu 30 menit. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ketahanan (ketegangan) campuran aspal terhadap kelelahan plastis (arus). Hasil uji marshall menunjukkan bahwa campuran aspal AC-WC dengan substitusi *filler* abu bunga pinus yang berkadar 0%, 4%, 8%, dan 12% kedalam water bath selama 30 menit denga suhu 60°C. Pengujian ini memiliki hasil data dari nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), Kepadatan, marshall qoutient, VMA, VFA dan VIM yang akan diperlihatkan pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Data Hasil Perhitungan *Marshall*

Kadar Filler Abu Batok Kelapa	Stabilitas	Flow	Kepadatan	Marshall Quotient	VMA	VFA	VIM
0%	1010.46	4.03	2.14	255.13	15.22	84.53	2.26
4%	825.00	3.98	2.30	263.70	16.62	86.14	3.87
8%	927.33	4.16	2.19	222.91	16.77	86.30	4.05
12%	927.33	4.08	2.12	228.21	16.67	86.18	3.93

Sumber : Hasil Analisa 2024

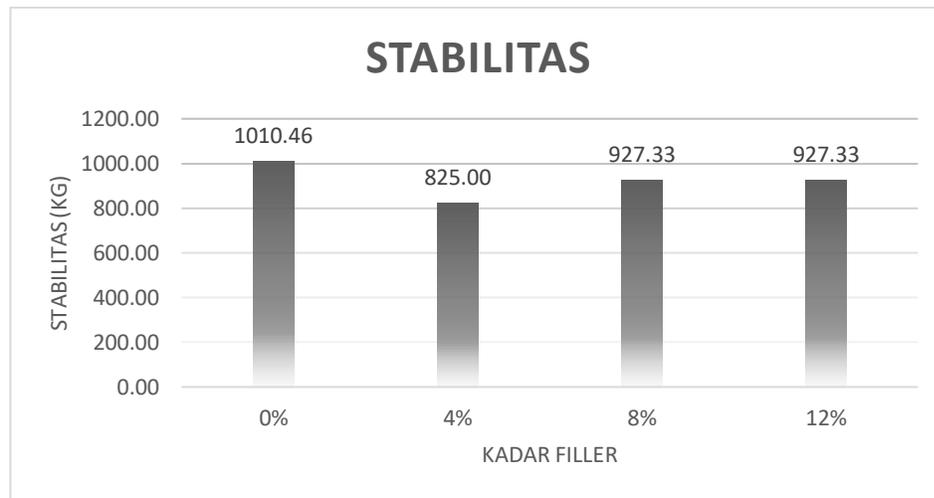
#### 4.3.1 Stabilitas

Nilai stabilitas digunakan untuk menunjukkan besar kemampuan untuk menahan beban tanpa berubah bentuk atau deformasi permanen. Perkerasan yang memiliki nilai stability tinggi dapat menahan beban lalu lintas yang besar sedangkan nilai stability yang rendah akan mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas.

Tabel 4.8 Data Hasil Dari Stabilitas

Kadar Filler	Stabilitas	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	1010.46	800 kg	-	Memenuhi
4%	825.00	800 kg	-	Memenuhi
8%	927.33	800 kg	-	Memenuhi
12%	927.33	800 kg	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.2 Grafik Nilai Stabilitas

Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa memperoleh hasil yang sesuai dengan syarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991.

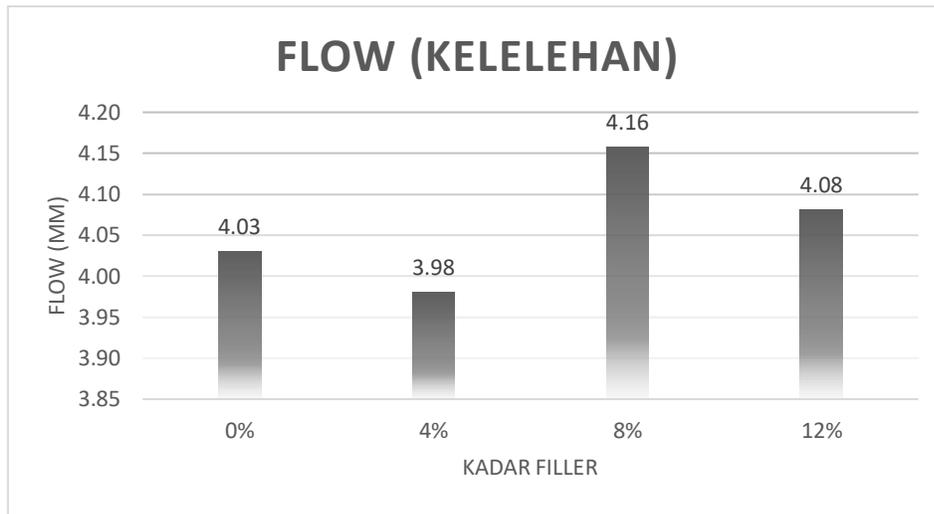
#### 4.3.2 Kelelahan (Flow)

Kelelahan plastis (*Flow*) menyatakan besar deformasi lapisan perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan *Flow* yang tinggi, melampaui batas maksimum maka campuran cenderung menjadi plastis, sehingga mudah berubah bentuk jika terlalu banyak menerima beban. Sebaliknya bila nilai Flownya rendah, maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika beban melampaui daya dukungnya. Besarnya nilai Flow diakibatkan oleh bertambahnya nilai kadar aspal, semakin tinggi kadar aspal semakin tinggi pula nilai Flownya. (Sukirman,).

Tabel 4.9 Data Hasil Dari Flow

Kadar Filler	Flow	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	4.03	2 mm	4 mm	Tidak Memenuhi
4%	3.98	2 mm	4 mm	Memenuhi
8%	4.16	2 mm	4 mm	Tidak Memenuhi
12%	4.08	2 mm	4 mm	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.3 Grafik Nilai Kelelahan  
 Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa cuman di campuran 4% yang memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan sayarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991. Tingginya nilai *Flow* atau kelelehan bisa di sebabkan oleh banyak factor, diantaranya ketelitian dalam pembacaan arloji parameter, durasi perendaman, dan pengeringan benda uji tersebut, sehingga untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka diperlukan ketelitian terlebih dahulu .

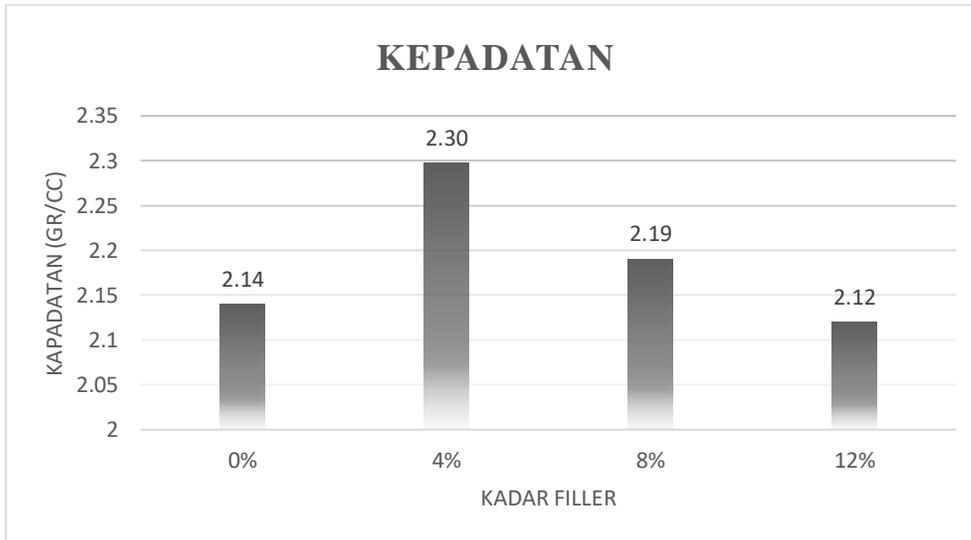
### 4.3.3 Kepadatan

Nilai kepadatan (*density*) dilakukan untuk menguji kepadatan suatu campuran. Nilai dari kepadatan suatu campuran dipengaruhi dari kualitas, komposisi, dan metode pemadatan bahan pengujian, gabungan dari bahan pengujian memiliki bentuk yang tidak seragam dan porositas butiran rendah akan memiliki kapasitas yang lebih besar dalam menahan beben yang berat. Berdasarkan Spesifikasi Bina Umum Bina Marga Devisi 6 tahun 2018, syarat kepadatan pada campuran aspal yaitu minimal  $2,228 \text{ gr/cm}^3$

Tabel 4.10 Data Hasil Dari Kepadatan

Kadar Filler	Kepadatan	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	2.14	2.228 gr/cm <sup>3</sup>	-	Tidak Memenuhi
4%	2.30	2.228 gr/cm <sup>3</sup>	-	Memenuhi
8%	2.19	2.228 gr/cm <sup>3</sup>	-	Tidak Memenuhi
12%	2.12	2.228 gr/cm <sup>3</sup>	-	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.4 Grafik Nilai Kepadatan  
Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa cuman di campuran 4% yang memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan sayarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991

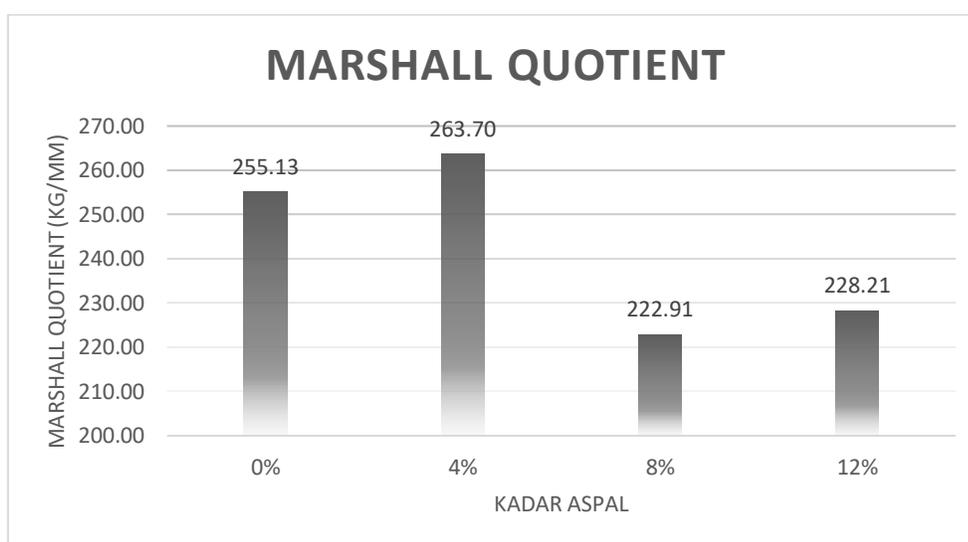
#### 4.3.4 Marshall Quotient

*Marshall quotient* perbandingan antara kelelehan (*flow*) dan stabilitas. Nilai dari *marshall quotient* yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu kaku dan kalo rendah akan mudah mengalami keretakan.

Tabel 4.11 Data Hasil Dari *Marshall Quotient*

Kadar Filler	Marshall Quotient	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	255.13	250 kg/mm	-	Memenuhi
4%	263.70	250 kg/mm	-	Memenuhi
8%	222.91	250 kg/mm	-	Tidak Memenuhi
12%	228.21	250 kg/mm	-	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.5 Grafik Nilai Kepadatan  
Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan syarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991. Untuk mendapatkan nilai *Marshall Quotient* yang sesuai maka harus mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* yang sesuai dengan syarat spesifikasi.

#### 4.3.5 *Voidt In Mineral Aggregate (VMA)*

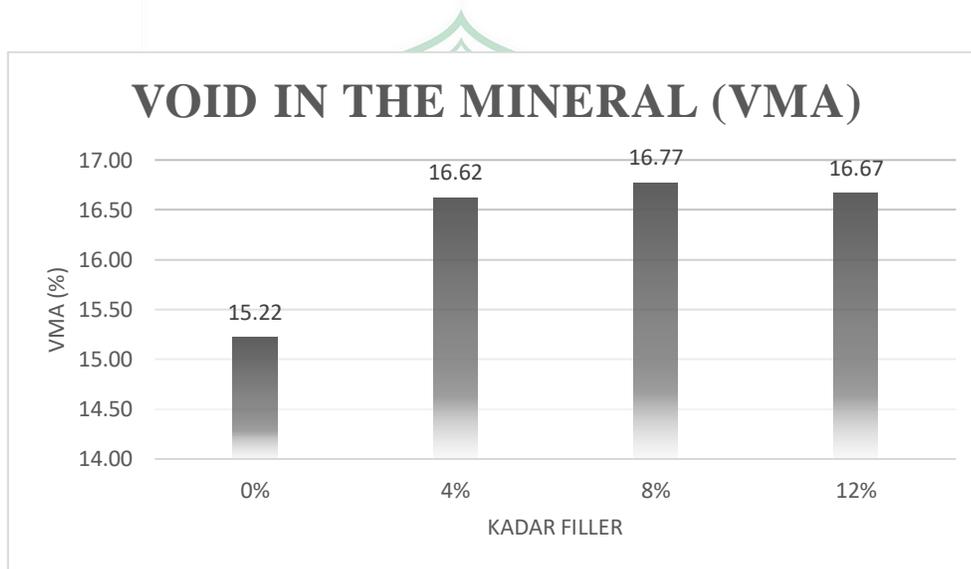
*Voidt In The Mineral Aggregate (VMA)* adalah nilai presentase rongga yang mencakup rongga yang terisi aspal efektif dan udara. Nilai dari VMA yang kecil dapat

menyebabkan lapisan aspal mudah teroksidasi dan menyelimuti agregat yang tipis, akan tetapi jika nilai VMA yang tinggi dapat menyebabkan *bleeding*.

Tabel 4.12 Data Hasil Dari *Voidt In Mineral Aggregate (VMA)*

Kadar Filler	VMA	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	15.22	15 %	-	Memenuhi
4%	16.62	15 %	-	Memenuhi
8%	16.77	15 %	-	Memenuhi
12%	16.67	15 %	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.6 Grafik Nilai VMA

Sumber : Hasil Analisa2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa memperoleh hasil yang sesuai dengan syarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991.

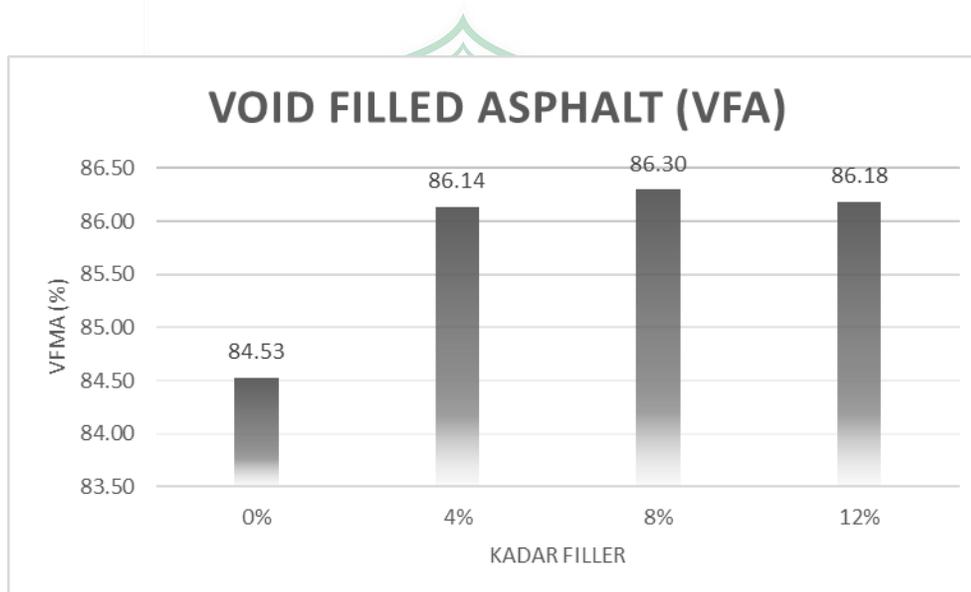
#### 4.3.6 *Void Filled Asphalt (VFA)*

*Void Filled Asphalt (VFA)* adalah nilai presentase rongga campuran yang terisi dari campuran aspal yang terdapat partikel agregat (VMA). Sebagai campuran substitusi dari abu batok kelapa menunjukkan peningkatan yang stabil.

Tabel 4.13 Data Hasil Dari *Void Filled Asphalt* (VFA)

Kadar Filler	VFA	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	84.53	65 %	-	Memenuhi
4%	86.14	65 %	-	Memenuhi
8%	86.30	65 %	-	Memenuhi
12%	86.18	65 %	-	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.7 Grafik Nilai VFMA  
Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa memperoleh hasil yang sesuai dengan syarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991.

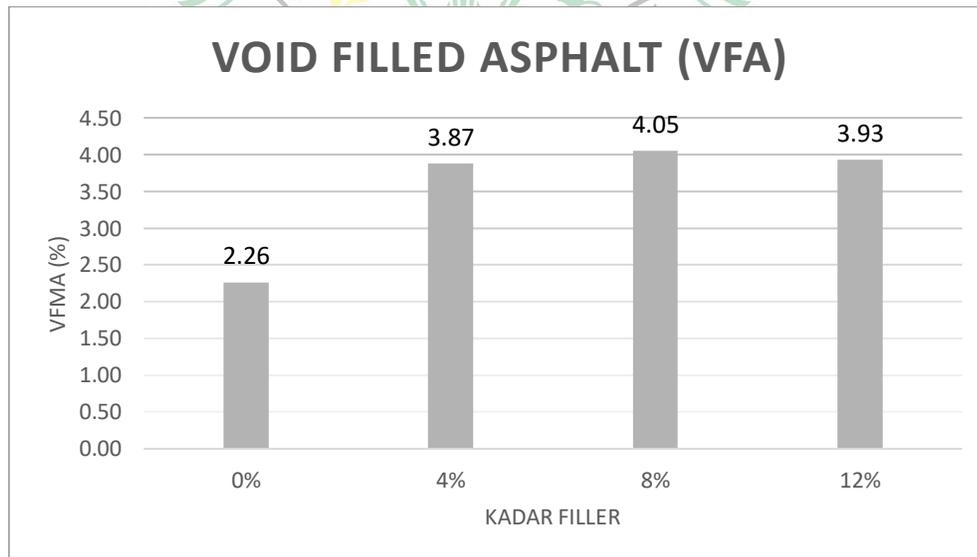
### 4.3.7 Void In The Mix (VIM)

*Void In The Mix* (VIM) merupakan presentasi dari rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah pemadatan. Rongga dalam campuran juga dikenal sebagai VIM, adalah parameter yang biasanya dikaitkan dengan kekuatan dan durabilitas campuran.

Tabel 4.14 Data Hasil Dari *Void In The Mix* (VIM)

Kadar Filler	VFA	Syarat		Keterangan
		Min	Max	
0%	2,26	3 %	5 %	Tidak Memenuhi
4%	3,87	3 %	5 %	Memenuhi
8%	4,05	3 %	5 %	Memenuhi
12%	3,93	3 %	5 %	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa 2024



Gambar 4.8 Grafik Nilai VIM  
Sumber : Hasil Analisa 2024

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan abu batok kelapa memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan syarat Spesifikasi Bina Umum Bina Marga, Devisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991. Untuk memperoleh hasil yang

sesuai maka pada saat pengujian stabilitas dan *flow* harus dilakukan dengan lebih teliti.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Nilai karakteristik campuran aspal AC-WC menggunakan abu batok kelapa sebagai substitusi *filler* dengan presentase 0%, 4%, 8%, dan 12%. Dalam pengujian *marshall test* diperoleh hasil dari nilai stabilitas, *flow*, *density* (kepadatan), VIM, VMA, VFA, dan MQ mempengaruhi karakteristik campuran aspal AC-WC dengan nilai Stabilitas dan MQ yang menurun di persen 4% dan kembali meningkat pada persen 8% dan 12%. Pada nilai *flow*, Kepadatan, VMA, VIM dan VFA mengalami peningkatan.
2. Hasil dari pengujian *Marshall Test* yang sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 devisi 6 yang optimum adalah kadar dengan presentase 4%. Dengan nilai Stabilitas 825 kg, nilai Vim 3,87%, nilai VMA 16,62 %, nilai VFA 86,14%, dan nilai yang tidak memenuhi syarat yaitu nilai *flow* 3,98mm, nilai MQ 263,70 dan nilai kepadatan (*Density*) 2,30 gr/cm.

#### 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian tersebut maka peneliti mendapatkan pengalaman, sehingga peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya terutama penelitian mengenai topik yang dibahas sebelumnya yaitu :

- a. Penelitian setelah ini disarankan untuk meninjau dengan variasi presentase yang lebih tinggi.
- b. Diharapkan dalam pengujian sesuaikan kembali teori-teori yang berkaitan agar tidak terjadi kekeliruan pada saat pengolahan data penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tayfur S., Ozen H., Aksoy A., 2005. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. ScienceDirect, Construction and Building Materials, hal. 328-337.
- Birgisson, B., A. Montepara, E. Romeo, R., Roncella, J. A. L., Napier, G., Tebaldi., 2008. Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. Science Direct, Construction and Building Materials, hal. 664 -673
- Sukirman, S. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung. Yayasan Obor Indonesia
- Sukirman, Silvia. (2016). Beton Aspal Campuran Panas (4th ed). Bandung: Institut Teknologi Nasiona
- Standar Nasional Indonesia (2002), Spesifikasi bahan pengisi untuk campuran beraspal, SNI 03-6723:2002
- Palungkun, R. 1999. Aneka Produk Olahan Kelapa. Bogor : Penebar Swadaya
- Prayogi, A. (2021). Pengaruh Campuran Abu Sekam Padi dan Abu Arang Tempurung sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton. Structure Technology Management Journal, 1(1), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.32520/stmj.v1i1.1487>
- Alzahri, Syahril, and Fery Firnando. "Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Filler Asfalt Concrete Wearing Course (AC-WC): Use Of Corn Cob Waste Ash As A Filler In Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)." *Media Ilmiah Teknik Sipil* 12.1 (2024): 8-20.
- Bahan Kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya. Bukittinggi, Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat. 2022.
- Bambang Irianto (2018) dan Silvia Sukirman (2019). Definisi Aspal Beton Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 1 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

- Bintoro, Agnes Yuanita, Arthur Daniel Limantara, and Sigit Winarto. "Evaluasi Kekuatan ConcBlock Dengan Agregat Halus dan Agregat Kasar dari Tempurung Kelapa." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 1.1 (2018): 160-171.
- Bramasta, Agusty Maulana, Akhmad Hasanuddin, and Luthfi Amri Wicaksono. "Marshall Performance Of Split Mastic Asphalt Mixtures (Sma) Using Natural Cellulose Fiber Corn Cob." *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan* 4.1 (2020): 51-60.
- Gasruddin, Ahmad, and LM Rauchil Ichwan. "Kinerja Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Lawele Granular Asphalt (LGA) dengan Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Bahan Tambah." *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN* 11.2 (2022): 98-102.
- Hass N. A. (2023) "Pengaruh Penambahan Abu Tongkol Jagung Hibrida (Zea Mays L.) Terhadap Kuat Tekan Beton"
- Lathifatuzzahro (2024), "Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Dalam Campuran Aspal Jenis Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall" Universitas Muhammadiyah Mataram
- Maulana Bramasta, A. G. U. S. T. Y. "Kinerja Marshall pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung."
- Memon, S.A., Khan, M.K. (2017), Komposit Semen Campuran Abu: Alternatif Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan untuk Penggunaan Abu Jagung.
- Nindi Fakhrunisa. 2018. Kajian Penambahan Abu Bonggol Jagung Yang Bervariasi Dan Bahan Tambah Superplasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete). *Jurnal Bangunan*, Vol. 23, No.2, Oktober 2018: 9-18.
- Nofriandi R. (2020), "Pengaruh Penambahan abu Batang Jagung Terhadap Karakteristik Marshall pada Aspal AC-WC" Universitas Islam Riau

Nur, Hilda Sulaiman, and LM Farid Muharam. "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Panas Split Mastic Asphalt (SMA) menggunakan Bahan Tambah Buton Granular Asphalt (BGA) dan Tongkol jagung." *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN* 11.2 (2022): 59-62.

Saodang, H., (2017), *Konstruksi Jalan Raya*, Bandung: Nova.

Sengoz, B. dan Isikyakar, G. (2018). Analisis aspal dimodifikasi dengan polimer stirena-butadiena-stirena dengan mikroskop fluoresensi dan metode uji konvensional. *J Hazard Mater*, 150: 424-432.

Sukirman, Silvia (2019), *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung: Baru

Sukirman, Silvia. (2017). *Beton aspal campuran panas. Granit*. Jakart

Wisnu, Bram, and Rais Rachman. "Karakteristik Campuran AC–WC Dengan Bahan Tambah Abu Tongkol Jagung." *Paulus Civil Engineering Journal* 4.4 (2022): 610-19.



## LAMPIRAN

No	Kegiatan	Dokumentasi
1	Penimbangan Agregat Kasar	
2	Pencucian Agregat Kasar	
3	Pengeringan Agregat Kasar	

4	Perendaman Agregat Halus	
5	Pengeringan Agregat Halus	
6	Melakukan Analisa Saringan	

7	Pengujian Berat Jenis Aspal	
8	Penimbangan Wajan Untuk Memanasakan Campuran Aspal	
9	Pencampuran Agregat	

10	Pemanasan Campuran Agregat	
11	Pemanasan Aspal	
12	Penambahan Aspal Terhadap Campuran Agregat	

13	Pencetakan Benda Uji	
14	Benda Uji Yang Telah Jadi	
15	Perendaman Benda Uji	

16	Perendaman Benda Uji didalam Water Bath	
7	Pengujian Marshall Test	