

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DENGAN  
MENGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI  
PENGGANTI *FILLER***

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



Oleh:

**DEGI HANDIKA SAPUTRA**

**20180030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2024**

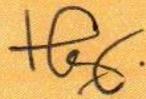
**HALAMAN PENGESAHAN**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DENGAN  
MENGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI  
PENGANTI *FILLER***

Oleh:

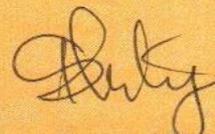
**DEGI HANDIKA SAPUTRA**  
NIM. 20180030

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



**Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng**  
NIDN. 1017016901

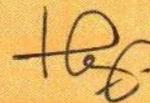
Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik  
**UM Sumatera Barat**



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

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

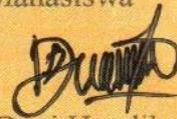


**Helga Yermadona, S.Pd., M.T**  
NIDN. 1013098502

## 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 UM SUMBAR.

Bukittinggi, 21 Agustus 2024  
Mahasiswa

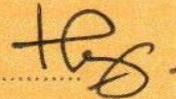


Degi Handika Saputra  
20180030

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 25 Agustus 2024:

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

1. ....



2. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng

2. ....



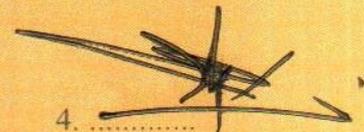
3. Ir. Deddy Kurniawan, S.T.,M.T

3. ....

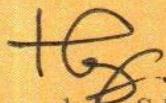


4. Ir. Zuheldi, S.T.,M.T.

4. ....



Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil



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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Degi Handika Saputra  
Tempat dan tanggal lahir : Pinang Sinawa, 27 April 2000  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Menggunkakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti *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 dari pihak manapun.

Bukittinggi, 21 Agustus 2024

buat pernyataan



Degi Handika Saputra  
20180030

## ABSTRAK

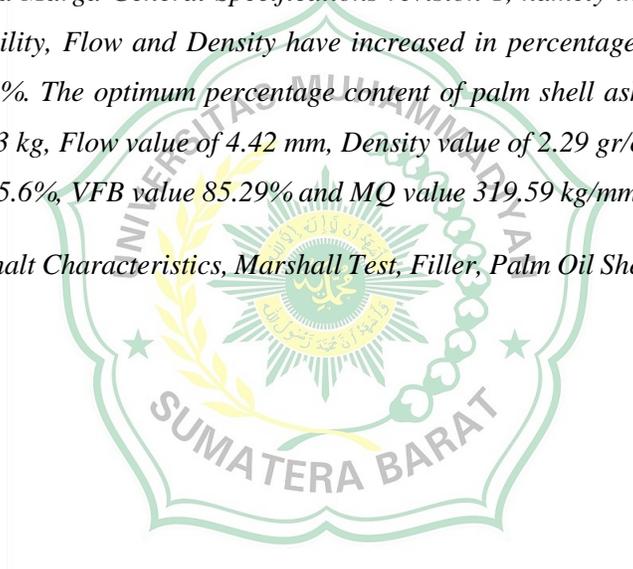
Untuk menghemat penggunaan material yang tidak dapat diperbaharui, maka dicarilah alternatif dengan cara memanfaatkan limbah disekitar. Salah satunya yaitu pemanfaatan limbah pabrik pengolahan kelapa sawit yang berada di Solok Selatan, yang menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal. Cangkang kelapa sawit akan digunakan sebagai bahan pengganti filler dengan cara membakar cangkang kelapa sawit tersebut dan abu yang akan digunakan sebagai pengganti filler. Pada penelitian ini akan menggunakan metode eksperimen atau pengujian dengan memasukan abu cangkang kelapa sawit dengan persentase 0%, 5%, 7% dan 9% pada campuran aspal. Pengujian akan menggunakan alat marshall test. Berdasarkan data pengujian maka diperoleh hasil yaitu karakteristik campuran aspal beton AC-WC menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti filler memenuhi karakteristik Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 1 yaitu nilai VIM, VMA, VFB, MQ, Stabilitas, Flow, dan Kepadatan mengalami peningkatan pada persentase 7% dan penurunan pada persentase 9%. Kadar persentase abu cangkang sawit yang paling optimum adalah persentase 7% dengan nilai Stabilitas 1380.03 kg, nilai Flow 4,42 mm, nilai kepadatan 2,29 gr/cc, nilai VIM 5,46 %, nilai VMA 15,6% , nilai VFB 85,29% dan nilai MQ 319,59 kg/mm.

Kata Kunci : *Karakteristik Aspal, Marshall Test, Filler, Limbah Cangkang Kelapa Sawit*

## ABSTRACT

*To save on the use of non-renewable materials, alternatives are sought by utilizing surrounding waste. One of them is the use of palm oil processing factory waste in South Solok, which produces palm oil shell waste. The aim of this research is to find out whether palm oil shells can be used as a substitute for filler in asphalt mixtures. Palm oil shells will be used as a substitute for filler by burning the palm oil shells and the ash will be used as a substitute for filler. This research will use an experimental or testing method by including palm shell ash with a percentage of 0%, 5%, 7% and 9% in the asphalt mixture. Testing will use the Marshall test tool. Based on the test data, the results obtained are that the characteristics of the AC-WC asphalt concrete mixture using palm oil shells as a substitute for filler meet the characteristics of the 2018 Bina Marga General Specifications revision 1, namely the values of VIM, VMA, VFB, MQ, Stability, Flow and Density have increased in percentage 7% and a decrease in percentage of 9%. The optimum percentage content of palm shell ash is 7% with a Stability value of 1380.03 kg, Flow value of 4.42 mm, Density value of 2.29 gr/cc, VIM value of 5.46%, VMA value of 15.6%, VFB value 85.29% and MQ value 319.59 kg/mm.*

*Keywords: Asphalt Characteristics, Marshall Test, Filler, Palm Oil Shell Waste*



## 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. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Ibu Ir. Ana Susanti Yusman M.Eng 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

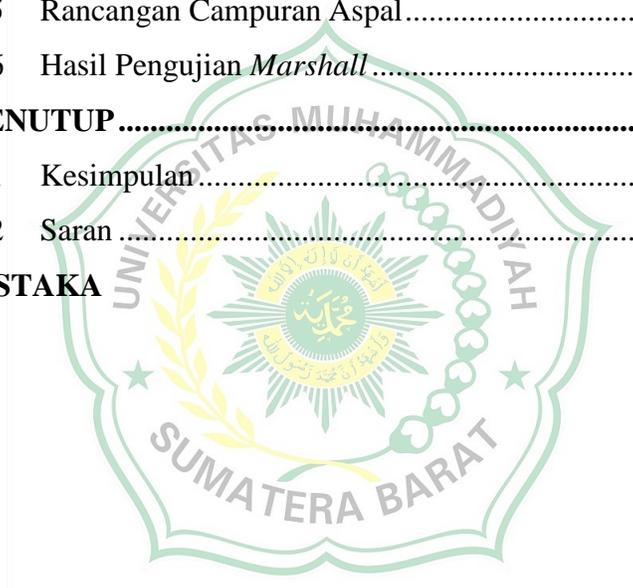
**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

<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>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xi</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>5</b>
2.1 Perkerasan Jalan .....	5
2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal .....	10
2.3 Abu Cangkang Kelapa Sawit .....	18
2.4 Campuran Aspal Panas .....	19
2.5 Campuran Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> .....	24
2.6 Penelitian Yang Relevan .....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>28</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	28
3.2 Data Penelitian .....	29

3.3	Metode Penelitian .....	29
3.4	Langkah-Langkah Pembuatan Benda Uji .....	33
3.5	Pengujian Benda Uji .....	35
3.6	Analisis Karakteristik Campuran Padat .....	35
3.7	Bagan Alir Penelitian .....	36
<b>BAB IV</b>	<b>DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1	Pengadaan Bahan dan material .....	37
4.2	Pengujian Agregat .....	37
4.3	Pengujian Aspal .....	41
4.4	Pengujian Abrasi .....	42
4.5	Rancangan Campuran Aspal .....	43
4.6	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> .....	48
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1	Kesimpulan .....	56
5.2	Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		



## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan Lentur .....	6
Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku.....	6
Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Komposit.....	7
Gambar 3.1 Peta Lokasi Labor Fakultas Teknik UM Sumbar .....	28
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Limbah.....	28
Gambar 3.3 Satu Set Saringan .....	30
Gambar 3.4 Timbangan.....	30
Gambar 3.5 Piknometer .....	31
Gambar 3.6 Oven .....	31
Gambar 3.7 Termometer .....	31
Gambar 3.8 Cetakan Benda Uji.....	32
Gambar 3.9 Alat <i>Marshall Test</i> .....	32
Gambar 3.10 Bak Perendaman ( <i>water Bath</i> ) .....	32
Gambar 3.11 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	33
Gambar 4.1 Diagram Kadar Aspal Optimal (KAO).....	45
Gambar 4.2 Grafik Rancangan Aspal Dengan 5% Cangkang Kelapa Sawit .....	46
Gambar 4.3 Grafik Rancangan Aspal Dengan 7% Cangkang Kelapa Sawit .....	47
Gambar 4.4 Grafik Rancangan Aspal Dengan 9% Cangkang Kelapa Sawit .....	48
Gambar 4.5 Grafik Nilai Stabilitas.....	49
Gambar 4.6 Grafik Nilai kelelehan( <i>flow</i> )	
Gambar 4.7 Grafik Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ).....	51
Gambar 4.8 Grafik Nilai <i>Void In Mix</i> (VIM).....	52
Gambar 4.9 Grafik Nilai <i>Void Filled Bitumen</i> (VFB).....	53
Gambar 4.10 Grafik Nilai <i>Void Mineral Agregat</i> (VMA) .....	54
Gambar 4.11 Grafik Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ) .....	55

## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.1	Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku.....7
Tabel 2.2	Gradasi Agregat Untuk Campuran AC ..... 11
Tabel 2.3	Ketentuan Atau Persyaratan Agregat Kasar ..... 12
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus ..... 13
Tabel 2.5	Ketentuan Aspal ..... 16
Tabel 2.6	Ketentuan <i>Filler</i> ..... 18
Tabel 2.7	Komposisi Abu Cangkang Kelapa Sawit..... 18
Tabel 2.8	Ketentuan Karakteristik/Sifat Campuran Laston (AC) ..... 21
Tabel 2.9	Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran AC-WC..... 24
Tabel 2.10	Penelitian Sebelumnya ..... 27
Tabel 4.1	Data Pengujian <i>Split</i> ..... 38
Tabel 4.2	Pengujian Berat Jenis Kering Oven ( <i>Bulk</i> )..... 38
Tabel 4.3	Pengujian Berat Jenis Kering permukaan (SSD) ..... 38
Tabel 4.4	Pengujian Berat Jenis Semu ..... 38
Tabel 4.5	Pengujian Penyerapan Air ..... 39
Tabel 4.6	Data Pengujian <i>Screen</i> ..... 39
Tabel 4.7	Pengujian Berat Jenis Kering Oven ( <i>Bulk</i> )..... 39
Tabel 4.8	Pengujian Berat Jenis Jenuh (SSD) ..... 39
Tabel 4.9	Pengujian Berat Jenis Semu ..... 39
Tabel 4.10	Pengujian Penyerapan Air ..... 40
Tabel 4.11	Data Pengujian Abu Batu ..... 40
Tabel 4.12	Pengujian Berat Jenis Kering Oven ( <i>Bulk</i> ) ..... 40
Tabel 4.13	Pengujian Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)..... 41
Tabel 4.14	Pengujian Berat Jenis Semu ..... 41
Tabel 4.15	Pengujian Penyerapan Air ..... 41
Tabel 4.16	Pengujian Berat Jenis Aspal ..... 42
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Penetrasi Aspal ..... 42
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Abrasi ..... 43

Tabel 4.19 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Penentuan KAO .....	44
Tabel 4.20 Rancangan Campuran Aspal dengan 5% Cangkang Sawit .....	46
Tabel 4.21 Rancangan Campuran Aspal dengan 7% Cangkang Sawit .....	47
Tabel 4.22 Rancangan Campuran Aspal dengan 9% Cangkang Sawit .....	48
Tabel 4.23 Hasil Pengujian Stabilitas .....	49
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Kelelehan .....	49
Tabel 4.25 Hasil Pengujian <i>Marshall Quotient</i> (MQ) .....	50
Tabel 4.26 Hasil Pengujian VIM ( <i>Void In Mix</i> ) .....	51
Tabel 4.27 Hasil Pengujian VFB ( <i>Void Filled Bitumen</i> ) .....	52
Tabel 4.28 Hasil Pengujian VMA ( <i>Void Mineral Agregat</i> ) .....	53
Tabel 4.29 Hasil Pengujian Kepadatan .....	54



## DAFTAR NOTASI

AASTHO	= 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

Menurut Hardiyatmo (2015), tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi terhadap beban roda berulang. Untuk itu diperlukan lapisan tambahan yang terletak paling atas dari badan jalan. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengolahan dari penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2006). Di negara tropis seperti Indonesia, cuaca sangat berpengaruh besar terhadap kinerja perkerasan jalan. Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi dua yaitu konstruksi perkerasan lentur dan konstruksi perkerasan kaku (Hardiyatmo, 2015).

Konstruksi jalan pada umumnya menggunakan perkerasan lentur yang terdiri dari sejumlah material dengan bahan pengikat berupa aspal. Secara umum, campuran perkerasan AC-WC terdiri dari aspal, filler, agregat kasar, dan agregat halus. Material yang tidak dapat diperbaharui digunakan sebagai perkerasan (Meidia Refiyanni dan Muhammad Ikhsan, 2022). Untuk menghemat pemakaian sumber daya yang tidak dapat diperbaharui maka diperlukan inovasi atau alternatif yang bisa digunakan untuk menggantikan pemakaian sumber daya tidak diperbaharui tersebut, terutama dalam penggunaan material untuk perkerasan jalan.

Pada penelitian ini menggunakan abu dari pembakaran cangkang sawit akan digunakan untuk bahan pengganti *filler* atau bahan pengisi pada campuran perkerasan AC-WC. Dimana cangkang sawit ini merupakan limbah dari pabrik pengolahan kelapa sawit yang berada di Solok Selatan. Di Kabupaten Solok Selatan terdapat perkebunan kelapa sawit yang cukup luas, dan hasil panen kelapa sawit yang diolah di pabrik P.T Kencana Sawit Indonesia yang menyebabkan adanya limbah, sehingga menimbulkan polusi lingkungan. Abu cangkang kelapa sawit memiliki kandungan utama yaitu Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) yang memiliki kesamaan dengan semen sehingga diharapkan dapat digunakan

sebagai bahan campuran pada perkerasan (Agus,MF, Irwan dan Amsuardiman, 2021).

Oleh karena itu peneliti ingin memanfaatkan limbah dari cangkang kelapa sawit yang dijadikan abu tersebut sebagai bahan pengganti *filler* atau bahan pengisi pada campuran aspal AC-WC.

## 1.2 . Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai karakteristik campuran aspal AC-WC menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit?
2. Bagaimana perbandingan nilai karakteristik campuran aspal AC-WC menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit dengan yang tidak menggunakan *filler* abu cangkang kelapa sawit atau campuran biasa?

## 1.3 . Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler* dimana lolos saringan 200.
2. Persentase abu cangkang kelapa sawit yang akan digunakan sebagai *filler* adalah 0%, 5%, 7% dan 9%.
3. Lapisan aspal yang digunakan yaitu aspal AC-WC penetrasi 60/70.
4. Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen mengacu pada uji *Marshall* dengan SNI 06-2484-1991.
5. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

## 1.4 . Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah abu cangkang kelapa sawit dapat digunakan untuk pengganti *filler* dengan persentase 0%, 5%, 7% dan 9% dapat memenuhi karakteristik sesuai syarat Spesifikasi Umum Bina Marga. Dan dapat mengetahui perbandingan nilai karakteristik dari campuran aspal AC-WC dengan menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler* sehingga dapat mengetahui kadar

persentase berapa yang paling terbaik yang dapat digunakan pada campuran perkerasan tersebut.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit yang diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengganti pada campuran perkerasan aspal. Dan juga dapat menambah wawasan terhadap hal yang diteliti serta dapat mengembangkan pola pikir yang lebih luas mengenai campuran aspal yang kemudian dapat memberikan inovasi dan gagasan tentang campuran aspal yang lebih baik.

## **1.5 . Sistematika Penulisan**

### **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini merupakan pengantar dalam penulisan skripsi dan juga sebagai penjelasan singkat mengenai penelitian yang akan dikerjakan. Pada pendahuluan ini akan memuat latar belakang dari masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian tersebut, serta sistematika penulisan yang tepat.

### **Bab II. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka merupakan ringkasan dari penelitian sebelumnya mengenai tentang subjek yang akan dipelajari sehingga digunakan sebagai rujukan pada penelitian yang akan dikerjakan, serta memberi penegasan batas logis dari penelitian yang memandu peneliti, atau memberikan penegasan seberapa jauh penelitian dapat dilakukan dengan asumsi yang melandasi penelitian.

### **Bab III. Metodologi Penelitian**

Pada bab ini peneliti akan menjelaskan metode apa yang akan digunakan peneliti dalam menyelesaikan penelitiannya. Dalam bab ini akan dicantumkan metode yang akan digunakan, lokasi penelitian serta bagan alur dari penelitian tersebut.

### **Bab IV. Hasil dan Pembahasan**

Pada bab ini berisikan pembahasan mengenai penelitian dan pengolahan data penelitian sehingga memperoleh hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

## **Bab V. Penutup**

Bab ini merupakan penutup dari karya tulis yang dibuat, pada bab ini akan memaparkan kesimpulan dan saran dari pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2016). Pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Proses ini melibatkan pengalihan mukabumi, pembangunan jembatan dan terowongan, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan. Dalam proses pembuatan jalan itu sendiri disebut dengan perkerasan jalan.

Menurut Hardiyatmo (2015), tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih yang selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan/*pavement*.

Hardiyatmo (2015) mengungkapkan, konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya dibedakan atas :

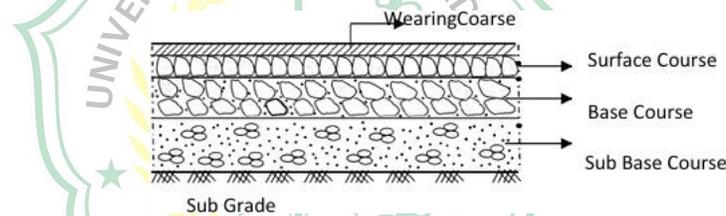
1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari 5 lapisan yaitu lapisan permukaan, lapis pengikat, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

Berikut ini merupakan karakteristik dasar untuk perkerasan lentur adalah :

- a. Bersifat elastik jika menerima beban, sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi penggunanya.
- b. Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal.
- c. Seluruh lapisan ikut menganggung beban (didistribusikan dalam bentuk pyramid).
- d. Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar tidak merusak lapisan tanah dasar (subgrade).
- e. Usia rencana maksimum 20 tahun.
- f. Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala.

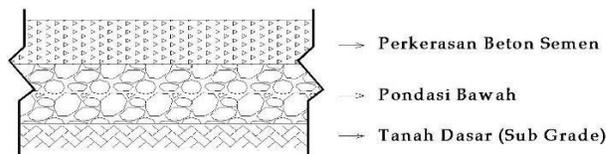
Berikut ini merupakan gambar potongan melintang struktur perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1. Struktur Perkerasan Jalan Lentur  
Sumber : Sukirman, 2016

## 2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

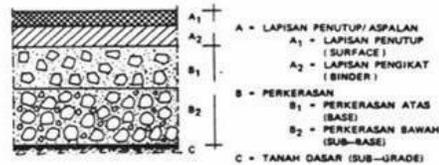
Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Selanjutnya beban lalu lintas akan dipikul oleh pelat beton tersebut.



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku  
Sumber : Google (Minggu 21 Juli 2024/14.23)

### 3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.



Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Komposit  
Sumber : *Google* (Minggu 21 Juli 2024/14.23)

Untuk perbedaan perkerasan lentur dengan perkerasan kaku dapat dilihat secara rinci pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1. Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

No	Jenis Perbedaan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repitisi bahan	Timbul <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Hardiyatmo, 2015

#### 2.1.1 Lapisan Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2016), 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. Lapisan Permukaan/Lapis Aus (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan yang berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus (*wearing course*) dan lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Jenis lapis permukaan yang umum di pergunakan di Indonesia antara lain:

- a. Lapisan Struktural, dimana lapisan ini berfungsi untuk memberikan reaksi atas beban yang bekerja pada lapis permukaan, seperti Lapisan Penetrasi Macadam (Lapen), Lasbutag dan Lapisan Aspal Beton (Laston).
- b. Lapisan nonstruktural, lapisan ini tidak memberikan reaksi atas beban roda yang bekerja di atasnya, tetapi lebih kepada memberikan perlindungan terhadap lapisan di bawahnya dan terkait dengan pengaruh cuaca dan lingkungan (kedap air), seperti Laburan aspal satu lapis (Burtu), Laburan aspal dua lapis (Burda), Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir), Laburan Aspal (Buras), Lapis tipis asbuton murni (Latasbum) dan Lapis tipis aspal beton (Lataston) yang dikenal dengan nama hot roller sheet (HRS)

#### 2. Lapisan Pondasi Atas/Lapis Antara (*Base Course*)

Lapisan pondasi/lapis antara adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dengan lapis permukaan yang memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Jenis lapis pondasi atas yang umum dipergunakan 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. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Sebagai bagian yang menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- c. Lapisan yang mencegah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- d. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- e. Lapisan pertama agar pekerjaan berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat besar.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia adalah agregat bergradasi baik (sirtu kelas A, sirtu kelas B dan sirtu kelas C).

### 4. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50 – 100 cm diatas mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli

## 2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal

### 2.2.1 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:

1. 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.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
3. 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*).

#### A. Gradasi Agregat

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. Gradasi ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan.

Gradasi agregat dibedakan atas beberapa jenis yaitu:

1. Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus lebih sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.

2. Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik.
3. Gradasi buruk/jelak, merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi kategori diatas.

Gradasi campuran agregat untuk campuran beraspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas yang diberikan, hal ini dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Untuk Campuran 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	90-100	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	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### B. Klasifikasi Agregat

Menurut Sukirman (2016), berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

## 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.

Ketentuan atau persyaratan agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Ketentuan Atau Persyaratan Agregat Kasar

Karakteristik	Standar	Nilai
Gradasi	SNI 1968-1990-F	-
Penyerapan Air	SNI 1969-1990-F	Maks 3%
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 1969-1990-F	Min 2,5
Berat Jenis Apparent	SNI 1969-1990-F	
Berat Jenis Efiktif	SNI 1969-1990-F	
Berat Jenis Permukaan Jenuh	SNI 1969-1990-F	
Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

## 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. Ketentuan atau persyaratan agregat halus ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Karakteristik	Standar	Nilai
Gradasi	SNI 1968-1990-F	-
Penyerapan Air	SNI 1969-1990-F	Maks 3%
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 1970-1990-F	Min 2,5
Berat Jenis Apparent	SNI 1970-1990-F	
Berat Jenis Efektif	SNI 1970-1990-F	
Berat Jenis Permukaan Jenuh	SNI 1970-1990-F	
Material Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C 117; 2012	Maks 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.2.2 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau gelap yang berbentuk 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 Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu 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 ini adalah jenis-jenis aspal menurut Sukirman (2016):

#### A. Aspal Alam

Dapat dibedakan atas aspal gunung dan aspal danau.

- a) Aspal gunung (*rock asphalt*), dimana aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir.
- b) Aspal Danau (*lake asphalt*), dimana ngka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lembek 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 merupakan jenis-jenisnya :

##### a) Aspal Cair

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

##### b) 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 dari residu minyak bumi, dan melalui proses lanjutan dapat diperoleh jenis aspal minyak yang lain.

##### c) Aspal Emulsi

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir- butir aspal larut dalam air.

## 2. Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2016) aspal yang memiliki sifat adhesi dan kohesi digunakan sebagai material perkerasan jalan yang berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar partikel agregat dan pori-pori yang ada di dalam partikel agregat itu sendiri
- c. Bahan pengikat antara lapisan perkerasan lama dengan lapis perkerasan baru

## 3. Komposisi Aspal

Menurut Sukirman (2016) aspal merupakan unsur hidrokarbon yang sangat kompleks, sangat sukar untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Komposisi aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *maltenes*. Dimana *asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. Sedangkan *maltenes* larut dalam *heptane* yang merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal yang mudah hilang selama masa pelayanan jalan.

## 4. Sifat Aspal

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

- a. Daya tahan (*durability*) yaitu kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat campuran aspal, sehingga tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal dan faktor pelaksanaan.
- b. Adhesi dan kohesi. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan

aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya 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 perubahan temperatur.
- d. Kekerasan aspal. Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal. Pada proses pelaksanaan tersebut berlangsung 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

Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal adalah sebagai berikut: pemeriksaan penetrasi aspal, pemeriksaan titik lembek, pemeriksaan titik nyala, pemeriksaan daktalitas, pemeriksaan berat jenis aspal dan pemeriksaan penyerapan aspal.

Dan berikut merupakan ketentuan yang diperhatikan pada pengujian aspal yang bisa digunakan, dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Ketentuan Aspal

Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
Penetrasi 25 <sup>0</sup> C; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60-70
Titik Lembek <sup>0</sup> C	SNI 2434:2011	Min 48
Titik Nyala <sup>0</sup> C	SNI 02433:2011	Min 232
Daktalitas 25 <sup>0</sup> 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 Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.2.3 Bahan pengisi / *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. 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 2.6 :

Tabel 2.6 Ketentuan *Filler*

Karakteristik	Metode Pengujian	Syarat
Material Lolos Saringan No.200	SNI M-02-1994-03	Min.75%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### 2.3 Abu Cangkang Kelapa Sawit

Menurut penelitian yang dilakukan Winayati (2017) abu cangkang kelapa sawit adalah sisa pengolahan pabrik kelapa sawit dalam bentuk padat dan kemudian di bakar dan akan menghasilkan abu dengan jumlah yang terus meningkat sepanjang tahun yang sampai sekarang masih belum termanfaatkan dan dikategorikan sebagai limbah pabrik kelapa sawit.

Dalam limbah abu cangkang kelapa sawit banyak mengandung unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang merupakan bahan pozzolanic. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zahrina (2017) abu dari cangkang kelapa sawit mengandung senyawa Silika Oksida aktif yang apabila bereaksi dengan air akan membentuk material seperti semen. Dalam bahan pozzoland ada dua senyawa yang mempunyai peranan penting dalam pembentukan semen, yaitu senyawa  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Kandungan abu cangkang kelapa sawit diperlihatkan pada tabel 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Komposisi Abu Cangkang Kelapa Sawit (% berat)

Unsur/senyawa	Persentase (%)
Silika ( $\text{SiO}_2$ )	61
Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ )	7,5
Natrium (Na)	1,1
Kalium (K)	1,5
Magnesium (Mg)	2,8
Klor (Cl)	1,3
Karbonat ( $\text{CO}_3$ )	1,9
Nitrogen (N)	0,05
Posfat (P)	0,9

Sumber : Zahrina, 2017

## 2.4 Aspal Campuran Panas

Saat ini, di Indonesia terdapat berbagai macam jenis aspal campuran panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Pemilihan jenis beton aspal yang akan digunakan di suatu lokasi sangat ditentukan oleh fungsi beton aspal yang diharapkan, dan sifat beton aspal yang lebih diutamakan. Sebagai contoh, jika perkerasan jalan direncanakan akan digunakan untuk melayani lalu lintas kendaraan berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Ini berarti jenis beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik.

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

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), yaitu beton aspal yang umum digunakan untuk jalan raya. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.
2. 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*.
3. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang dengan ukuran maksimum 19 mm. 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 :
  - a. Lataston Lapis Permukaan sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS WC adalah 3 cm.
  - b. Lataston Lapis Fondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.
4. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan dengan lalu lintas ringan. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (rutting) rendah.

Latasir sangat tidak direkomendasikan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan.

#### **2.4.1. Lapisan Aspal Beton (Laston)**

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 filer yang bergradasi baik. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Sukirman, 2016).

##### **1. Fungsi Lapis Aspal Beton**

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

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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.

##### **2. Karakteristik Campuran Laston**

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran lapis aspal beton adalah :

- a) Stabilitas, yaitu kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.

- b) Durabilitas (keawetan) diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atau keausan akibat gesekan kendaraan.
- c) Fleksibilitas (kelenturan) adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
- d) Ketahanan geser/kekesatan adalah ketahanan yang diberikan perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering.
- e) Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur dan retak.
- f) 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.
- g) Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk di hampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Dan berikut adalah ketentuan karakteristik/sifat lapisan aspal beton dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut ini :

Tabel 2.8 Ketentuan Karakteristik/Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Kadar Aspal Optimum	Min	5,1	4,3	4,0
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Apal (%)	Min	65	63	60

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	

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

#### 2.4.2. 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 antara 140-155°C yang disebut juga dengan hot mix. Sebagai lapis aus, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis kedap air (Soehartono, 2015).

Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran aspal AC-WC adalah:

##### a. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti, gelombang alur ataupun bleeding. Kebutuhan akan stabilitas seringkali dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas tersebut hasil dari geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat VMA (*Voids in Mineral Agregat*) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. Nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 800 kg.

##### b. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

VMA (*Voids in Mineral Agregat*) diartikan sebagai ruang antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume campuran total. VMA

(*Voids in Mineral Agregat*) dihitung berdasarkan berat jenis bulk agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk suatu perkerasan yang dipadatkan. Nilai VMA yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 18%.

VMA (*Voids in Mineral Agregat*) dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{VMA} = \% \text{ tot volume efektif aspal} - \text{VIM} \dots\dots\dots (2.1)$$

c. Rongga Dalam Campuran (VIM)

VIM (*Void in the Mix*) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Nilai VIM yang memenuhi spesifikasi, yaitu 4-6%. Volume rongga udara dinyatakan dalam persen. VIM (*Void in the Mix*) dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{VIM} = 100 - \% \text{ tot volume efektif aspal} - \% \text{ tot vol agregat} \dots\dots\dots (2.2)$$

d. Rongga Terisi Aspal (VFA)

VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA (*Void Filled with Asphalt*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai VFA yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 68%. VFA dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{VFA} = \frac{(\text{VMA} - \text{VIM})}{\text{VIM}} \times 100 \dots\dots\dots (2.3)$$

e. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh. Nilai flow yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 3 mm.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- 1) VIM (*Void in the Mix*) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat
- 2) VFA (*Void Filled with Asphalt*) yang tinggi dengan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

Campuran yang di gunakan untuk lapisan AC-WC pada pengujian Marshall harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Adapun persyaratan campuran untuk laston dapat dilihat pada Tabel 2.9 :

Tabel 2.9 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%
Kapadatan ( <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</i> Sisa ( <i>Durability Index</i> ) 60 <sup>0</sup> C	Min 90%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

## 2.5 Campuran Aspal Dengan Metode Marshall

Metode *Marshall* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *Marshall* ini terdiri dari uji *Marshall* dan parameter *Marshall* yang dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Uji Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelehan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*.

Benda uji *Marshall* standart berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

## 2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain :

### a. Stabilitas *Marshall*

Menurut *The Asphalt Institute*, Mudianto (2004), Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

### b. Kelelehan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

### c. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan kelelehan (flow). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Berikut ini persamaan untuk nilai MQ:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

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

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg).

F = Nilai flow (mm)

d. Rongga terisi aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

e. Rongga antar agregat / *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga antar 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).

f. Rongga udara di dalam campuran / *Voids In Mix* (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

## 2.6 Penelitian Yang Relevan

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan juga penelitian mengenai penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pencampuran aspal sebagai bahan pengganti *filler*. Pada jurnal-jurnal sebelumnya mengatakan hasil dari penggunaan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengisi campuran aspal mendapatkan hasil yang baik dan meningkat disetiap kadar persentase yang digunakan. Pada penelitian tersebut ada yang mengganti keseluruhan penggunaan *filler* dan ada juga yang hanya mensubstitusi saja, dari penggunaan yang mengganti keseluruhan penggunaan semen dengan abu cangkang kelapa sawit yaitu dengan persentase 0% dan yang paling tinggi yaitu 7,5%, sedangkan yang mensubstitusi menggunakan kombinasi perbandingan 25:75, 50:50 dan 75:25. Sehingga pada penelitian sebelumnya menyimpulkan abu cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan pengganti *filler* dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya Yang Relevan Mengenai Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Pada Campuran Aspal

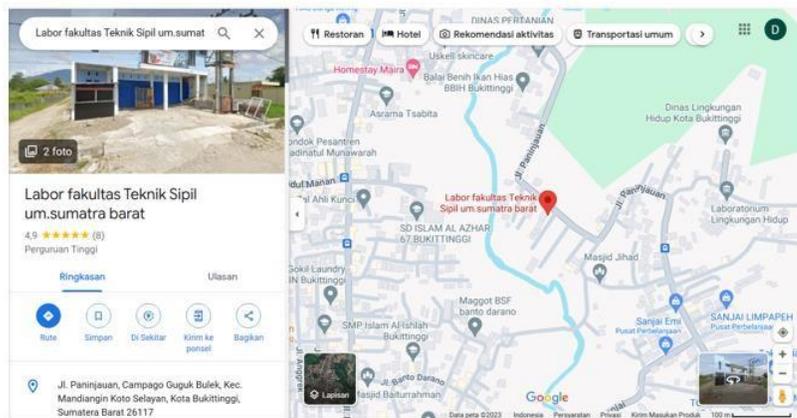
No	Nama Pengarang	Tahun	Judul Jurnal	Kesimpulan
1.	Agus Mahliza Fahmi <sup>1</sup> , Irwan <sup>2</sup> , Amsuardiman <sup>3</sup>	2021	Analisis Pengaruh Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Perkerasan Aspal	Pada penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan abu cangkang kelapa sawit dalam campuran aspal mendapatkan nilai stabilitas yaitu 290 Kn/mm pada kadar <i>filler</i> 1%, 293 Kn/mm pada kadar <i>filler</i> 2% dan 296 Kn/mm pada kadar <i>filler</i> 3%.
2.	Agus Junaidi Manurung <sup>1</sup> , Solaten <sup>2</sup> , Desi Riani <sup>3</sup>	2023	Analisis Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Pada Campuran Ac-Wc	Pada penelitian ini penggunaan abu cangkang kelapa sawit dengan kadar persentase 0,97%, 1,97%, 2,97% dan 4,97% dengan memperoleh hasil stabilitas mengalami kenaikan >124,296 kg/mm disetiap persentasenya, penurunan pada nilai <i>flow</i> sebesar 0,6 mm, VIM yang mengalami penurunan sebesar 0,73% dan VFB mengalami kenaikan sebesar 1,03%.
3.	Randi H.P <sup>1</sup> , H.Nofrianto <sup>2</sup> , A.Refi <sup>3</sup> , Anggun.P.JF <sup>4</sup>	2022	Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Dalam Campuran AC-WC Dengan Pengujian Marshall	Pada penelitian ini menggunakan variasi kadar abu cangkang kelapa sawit 2% dengan kadar aspal yang berbeda dengan memperoleh hasil stabilitas yaitu 1187kg, 1162kg, 1411kg, 1560kg dan 1274kg.
4.	Waluyo Nuswantoro, Desriantomy <sup>1</sup> , Edwin <sup>2</sup>	2023	Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Aspal Panas Jenis Hot Rolled Sheet (Hrs)	Pada pengujian ini abu cangkang kelapa sawit digunakan dengan persentase 3,5%, 4,5%, 5,5%, 6,5% dan 7,5% dengan memperoleh nilai stabilitas tertinggi yaitu pada kadar persentase 6,5% sebesar 1497,68 kg.
5.	Sartika Nisumanti <sup>1</sup> , Muhmaad Yusuf <sup>2</sup>	2019	Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70	Penelitian ini menggunakan persentase abu cangkang kelapa sawit 3,5%, 4% dan 4,5% dengan memperoleh nilai stabilitas 1375,6 kg, 1566,6 kg dan 1341,6 kg, nilai VIM, <i>flow</i> dan VFB tidak memenuhi batas spesifikasi.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat berada di Talao, lebih tepatnya di Jl. Paninjauan, Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi sebagai tempat dilaksanakan penelitian ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Labor Fakultas Teknik UM Sumbar  
Sumber : *Google Maps* (Selasa 16 April 2024/ 13.10)

Limbah kelapa sawit diambil di perkebunan kelapa sawit disalah satu daerah di Kabupaten Solok Selatan yaitu dari Kenagarian Sungai Kunyit.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Limbah  
Sumber : *Google Maps* (Selasa 16 April 2024/ 13.34)

## **3.2. Data Penelitian**

### **3.2.1 Jenis Data dan Sumber Data**

1. Data Primer

Data ini diperoleh dari penelitian yang dilakukan sehingga memperoleh hasil dari penelitian.

2. Data Sekunder

Data ini merupakan data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya mengenai kandungan dari abu cangkang kelapa sawit

### **3.2.2 Teknik Pengumpulan Data**

Pada saat penelitian data di kumpulkan dengan cara pencatatan secara langsung saat penelitian berlangsung, kemudian semua kegiatan di dokumentasikan. Referensi mengenai tentang penelitian diambil dari buku, jurnal serta penunjang lainnya mengenai tentang pengujian aspal.

Pada penelitian ini akan menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pencampuran aspal AC-WC dimana yang akan diganti yaitu penggunaan *filler* atau bahan pengisi. Cangkang kelapa sawit ini didapatkan dari limbah perkebunan sawit di Kenagarian Sungai Kuyit tepatnya di daerah Goa Batu Kapal. Cangkang kelapa sawit yang dikumpulkan akan dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur, setelah kering kemudian cangkang kelapa sawit akan dibakar untuk dijadikan abu yang kemudian abu dari pembakaran tersebut akan di saring menggunakan sarinang No.200, material yang lolos dari saringan No.200 yang akan di gunakan sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal AC-WC yang akan dibuat.

## **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 akan diganti menggunakan abu cangkang kelapa sawit yang telah dihaluskan dan lolos dari

saringan No.200, dimana pada campuran aspal ini akan digunakan abu cangkang kelapa sawit dengan persentase 0%, 5%, 7% dan 9%. 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. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan bahan sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat kasar
3. Agregat halus
4. Semen
5. Abu cangkang kelapa sawit yang telah lolos saringan No.200

### 3.3.2. Alat yang Digunakan Pada Penelitian

Peralatan yang akan digunakan selama penelitian adalah:

1. Satu Set Saringan



Gambar 3.3 Satu Set Saringan  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

2. Timbangan



Gambar 3.4 Timbangan  
Sumber : *Google* (Rabu 17 April 2024 / 11.41)

3. Piknometer



Gambar 3.5 Piknomter

Sumber : *Google* (Rabu 17 April 2024 / 11.41)

4. Oven



Gambar 3.6 Oven

Sumber : *Google* (Rabu 17 April 2024/ 11.44)

5. Termometer



Gambar 3.7 Termometer

Sumber : Dokumentasi Lapangan

6. Cetakan Benda Uji



Gambar 3.8 Cetakan Benda Uji  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

7. Alat *Marshall Test*



Gambar 3.9 Alat *Marshall Test*  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

8. Bak Perendam (*Water Bath*)



Gambar 3.10 Bak Perendaman (*Water Bath*)  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

## 9. Mesin *Los Angeles*



Gambar 3.11 Mesin *Los Angeles*  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

## 10. Alat-alat Penunjang Lainnya

### 3.4. Langkah-Langkah Dalam Pembuatan Benda Uji

#### 1. Persiapan Bahan Dan Alat

Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan pembuatan benda uji dan pengujian.

#### 2. Pengujian Material

Pada pengujian material ini yaitu kita menguji bahan yang akan kita gunakan sebagai bahan campuran aspal tersebut. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian agregat kasar, agregat halus, *filler* dan pengujian terhadap penetrasi aspal tersebut. Pada pengujian agregat kita akan melakukan pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan pemeriksaan *filler*.

#### 3. *Job Mix Design* Campuran Aspal

Setelah menguji material yang akan digunakan dan telah mendapatkan hasil yang sesuai dengan syarat dari spesifikasi yang telah ditentukan, maka kita selanjutnya akan membuat perencanaan sebuah campuran aspal tersebut atau yang di sebut *job mix design* untuk 1 buah benda uji.

Satu komposisi campuran aspal yang kita rencanakan meliputi penentuan berapa persen masing-masing agregat dan mengganti penggunaan semen pada *filler* dengan abu cangkang kelapa sawit yang akan digunakan dan sesuai dengan fraksi kadar agregat.

#### 4. Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji dibagi menjadi 2 tahap yang pertama pembuatan benda uji untuk menentukan kadar optimum aspal dan yang kedua pembuatan benda uji dengan menggunakan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler*.

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah :

- a. Menimbang agregat sesuai dengan persentase yang telah dirancang sebelumnya.
- b. Masukkan semua agregat ke dalam kuali, aduk dan panaskan diatas kompos sampai suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
- c. Sambil menunggu agregat panas sampai suhu  $150^{\circ}\text{C}$ , panas aspal hingga mencair, sehingga mudah dalam pencampuran dengan agregat.
- d. Pada pembuatan benda uji yang pertama kita akan menggunakan variasi kadar aspal dari 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%.
- e. Setelah agregat yang dipanaskan telah mencapai suhu  $150^{\circ}\text{C}$  tuangkan aspal yang telah dicairkan sesuai dengan kadar aspal yang akan dibuat.
- f. Aduk hingga merata setelah itu tunggu suhu menurun hingga suhu  $130^{\circ}\text{C}$ .
- g. Setelah suhu telah  $130^{\circ}\text{C}$  masukan campuran aspal tersebut ke dalam cetakan dan ditumbuk sebanyak 75 kali dikedua sisinya dengan alat penumbuk.
- h. Setelah itu benda uji yang berada dalam cetakan dibiarkan sampai mencapai suhu ruangan, kemudian benda uji dikeluarkan dari cetakan.
- i. Benda uji yang telah dikeluarkan ditimbang dalam keadaan kering.
- j. Setelah ditimbang benda uji dimasukan ke dalam bak perendam dan dibiarkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dan di lap sampai keadaan kering permukaan untuk melakukan penimbangan.
- l. Kemudian benda uji dimasukan ke dalam *water bath* untuk direndam selama 30 menit dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ .
- m. Benda uji yang telah direndam kemudian siap diuji dengan menggunakan alat *Marshall Test*.

- n. Setelah mendapatkan nilai dari pengujian yang pertama maka didapatkan nilai KAO, kita akan membuat benda uji yang kedua dengan langkah yang sama tapi mengganti penggunaan semen pada *filler* dengan abu cangkang kelapa sawit pada campuran agregat untuk benda uji.

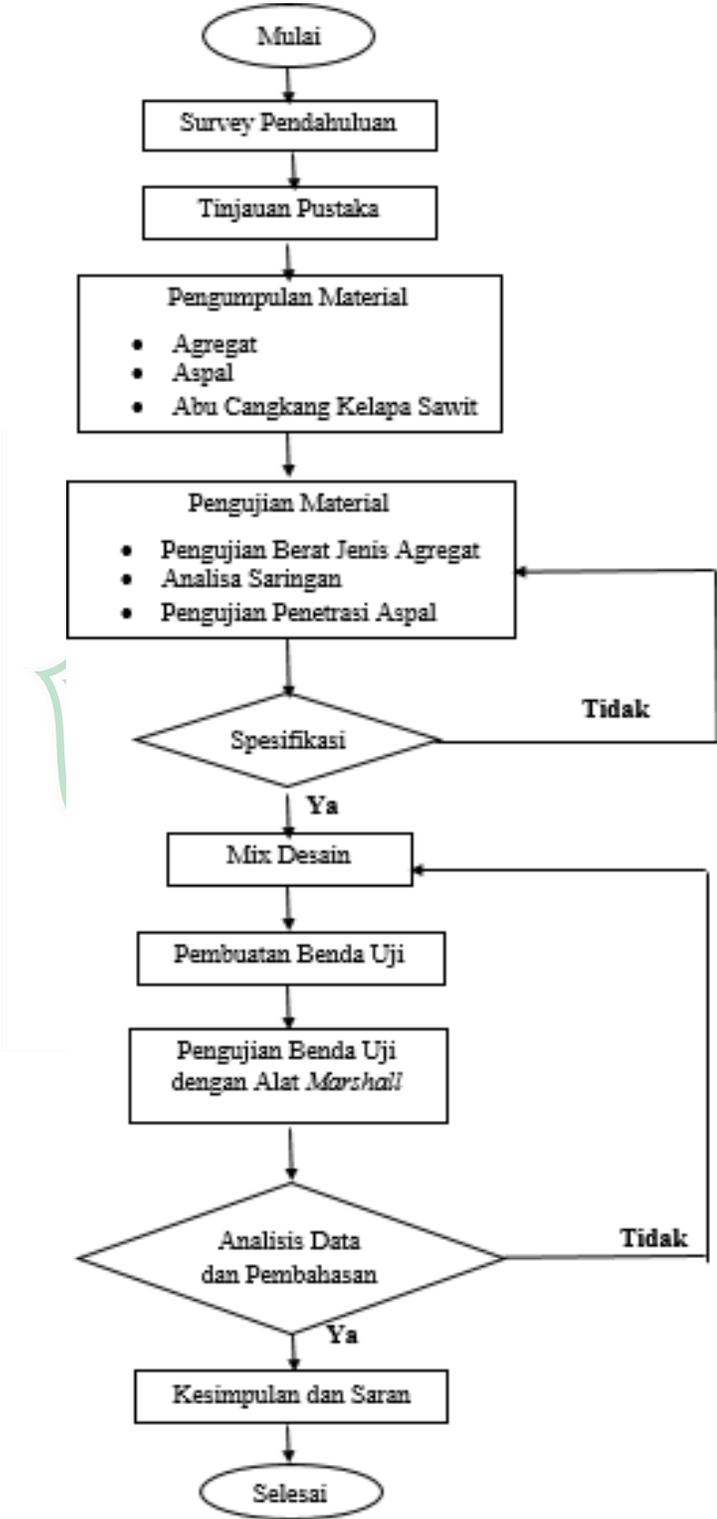
### **3.5. Pengujian Benda Uji (*Marshall Test*)**

Pengujian benda uji yaitu dengan cara meletakkan benda uji pada cincin ring yang ada pada alat *Marshall* kemudian benda uji akan diberi tekanan sampai jarum pada arloji stabilitas berhenti dan kembali menurun, setelah itu baca nilai yang ada di arloji stabilitas dan arloji *flow* meternya. Pada pengujian diusahakan dilakukan berdua agar memudahkan membaca masing-masing arloji, sehingga mendapatkan nilai yang lebih akurat.

### **3.6. Analisis Karakteristik Campuran Padat**

Setelah melakukan pengujian dan mendapatkan nilai dari stabilitas dan nilai *flow* maka setelah itu dapat dilakukan pengolahan data hingga mendapatkan nilai dari karakteristik campuran aspal beton AC-WC yang meliputi nilai stabilitas, kelelahan, rongga dalam campuran / *Void In Mix* (VIM), rongga dalam agregat / *Void Material agregat* (VMA) dan nilai rongga terisi aspal / *Void Filled Bitumen* (VFB).

3.7. Bagan Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 . Pengadaan Bahan dan Material

Bahan dan material yang akan digunakan untuk penelitian ini seperti material split, screen, abu batu dan aspal yaitu berasal dari P.T Santika yang berada di Kayu Tanam, Kabupaten Padang Pariaman. Sedangkan cangkang kelapa sawit diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit yang berada di Solok Selatan. Di Kabupaten Solok Selatan terdapat perkebunan kelapa sawit yang cukup luas, dan hasil panen kelapa sawit yang diolah di pabrik P.T Kencana Sawit Indonesia. Hasil pengolahan tersebut menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit. Sehingga dari itu peneliti menjadikan limbah tersebut menjadi bahan pengganti *filler* dengan cara menjadikan cangkang kelapa sawit tersebut menjadi abu.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengumpulkan cangkang kelapa sawit tersebut dari pabrik, kemudian cangkang kelapa sawit tersebut dijemur sampai benar-benar kering, setelah kering cangkang kelapa sawit tersebut dibakar, setelah cangkang kelapa sawit tersebut dibakar kemudian dihaluskan dengan blender dan ditumbuk menggunakan penumbuk kayu agar mendapatkan hasil yang lebih halus. Setelah abu tersebut halus barulah disaring menggunakan saringan no 200 agar bisa digunakan sebagai bahan pengganti *filler*, karena syarat penggunaan *filler* yaitu bahannya lolos dari saringan no 200.

#### 4.2 . Pengujian Agregat

Sebelum membuat benda uji semua material akan diuji terlebih dahulu, gunanya yaitu untuk mengetahui apakah bahan dan material yang akan digunakan sesuai standar dari peraturan Umum Bina Marga mengenai pembuatan benda uji aspal.

#### 4.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pada Agregat Kasar

Agregat yang akan digunakan pada pengujian ini adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8, berdasarkan SNI 1969-2016 syarat nilai hasil pengujian penyerapan air pada agregat kasar tersebut adalah maksimal 3% atau tidak boleh melebihi angka 3%, hal ini dikarenakan jika melebihi 3% maka agregat dinyatakan banyak mengandung air sehingga tidak bisa digunakan untuk bahan campuran aspal.

##### a. Pengujian Split

Tabel 4.1 Data Pengujian *Split*

Data	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat Sampel SSD (Keadaan Jenuh) (W1)	7862	7993
Berat Sampel Dalam Air (W2)	4759	4682
Berat Sampel Kering Oven (W3)	7721	7730

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

##### ➤ Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Tabel 4.2 Pengujian Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering $W3/(W1-W2)$	gr	2,48	2,33
BJ Bulk Rata-Rata	gr	<b>2,41</b>	

Sumber : Analisis Data (2024)

##### ➤ Berat Jenis Jenuh (SSD)

Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis Keadaan Jenuh (SSD)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD $W1/(W1-W2)$	gr	2,53	2,41
BJ SSD Rata-Rata	gr	<b>2,47</b>	

Sumber : Analisis Data (2024)

##### ➤ Berat Jenis Semu

Tabel 4.4 Pengujian Berat Jenis Semu

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Semu $W3/(W3-W2)$	gr	2,60	2,53
BJ Semu Rata-Rata	gr	<b>2,56</b>	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Penyerapan Air

Tabel 4.5 Pengujian Penyerapan Air

Data Pengujian	satuan	Percobaan		Syarat	Ket.
		1	2		
Penyerapan Air (W1-W3) /W1x100%	%	1,79	3,29	-	-
Penyerapan Air Rata-Rata	%	2,54		Max 3%	Ok

Sumber : Analisis Data (2024)

**b. Pengujian Screen**

Tabel 4.6 Data Pengujian Screen

Data	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat Sampel SSD (Keadaan Jenuh) (W1)	7675	7984
Berat Sampel Dalam Air (W2)	4746	5116
Berat Sampel Kering Oven (W3)	7511	7730

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

➤ Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Tabel 4.7 Pengujian Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering W3/(W1-W2)	gr	2,56	2,69
BJ Bulk Rata-Rata	gr	2,62	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Berat Jenis Jenuh (SSD)

Tabel 4.8 Pengujian Berat Jenis Keadaan Jenuh (SSD)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD W1 /(W1-W2)	gr	2,62	2,78
BJ SSD Rata-Rata	gr	2,70	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Berat Jenis Semu

Tabel 4.9 Pengujian Berat Jenis Semu

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Semu W3 /(W3-W2)	gr	2,71	2,95
BJ Semu Rata-Rata	gr	2,83	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Penyerapan Air

Tabel 4.10 Pengujian Penyerapan Air

Data Pengujian	satuan	Percobaan		Syarat	Ket.
		1	2		
Penyerapan Air (W1-W3) /W1x100%	%	2,13	3,18	-	-
Penyerapan Air Rata-Rata	%	2,65		Max 3%	Ok

Sumber : Analisis Data (2024)

Berdasarkan pengujian agregat kasar diatas maka dapat disimpulkan bahwa agregat *split* dan *srceen* yang telah diuji dilaboratorium memenuhi syarat spesifikasi yaitu maksimal 3% dengan artian agregat yang akan digunakan tidak banyak mengandung air sehingga dapat digunakan untuk pembuatan benda uji campuran aspal.

**4.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (Abu Batu)**

Agregat yang akan digunakan pada pengujian ini adalah agregat yang lolos dari saringan No.8 berdasarkan SNI 1969-2016 syarat nilai hasil pengujian penyerapan air pada agregat halus tersebut adalah maksimal 3% atau tidak boleh melebihi angka 3%, hal ini dikarenakan jika melebihi 3% maka agregat dinyatakan banyak mengandung air sehingga tidak bisa digunakan untuk bahan campuran aspal.

Tabel 4.11 Data Pengujian Abu Batu

Data	Percobaan 1	Percobaan 2
Berat Sampel SSD (Keadaan Jenuh) (W1)	250	250
Berat Sampel Dalam Air (W2)	157	151
Berat Sampel Kering Oven (W3)	243	238

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

➤ Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Tabel 4.12 Pengujian Berat Jenis Kering Oven (*Bulk*)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering W3/(W1-W2)	gr	2,61	2,46
BJ Bulk Rata-Rata	gr	2,53	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

Tabel 4.13 Pengujian Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD W1 / (W1-W2)	gr	2,68	2,52
BJ SSD Rata-Rata	gr	<b>2,60</b>	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Berat Jenis Semu

Tabel 4.14 Pengujian Berat Jenis Semu

Data Pengujian	satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Semu W3 / (W3-W2)	gr	2,82	2,62
BJ Semu Rata-Rata	gr	<b>2,72</b>	

Sumber : Analisis Data (2024)

➤ Penyerapan Air

Tabel 4.15 Pengujian Penyerapan Air

Data Pengujian	satuan	Percobaan		Syarat	Ket.
		1	2		
Penyerapan Air (W1-W3) / W1 x 100%	%	2,80	2,40	-	-
Penyerapan Air Rata-Rata	%	<b>2,60</b>		<b>Max 3%</b>	<b>Ok</b>

Sumber : Analisis Data (2024)

Berdasarkan pengujian agregat kasar diatas maka dapat disimpulkan bahwa agregat halus (abu batu) yang telah diuji dilaboratorium memenuhi syarat spesifikasi yaitu maksimal 3% dengan artian agregat yang akan digunakan tidak banyak mengandung air sehingga dapat digunakan untuk pembuatan benda uji campuran aspal.

### 4.3 . Pengujian Aspal

#### 4.2.1 Pengujian Berat Jenis Aspal

Pengujian aspal ini yang akan dilakukan adalah pengujian berat jenis aspal tersebut dengan syarat spesifikasinya yaitu berat jenis aspal >1.

Tabel 4.16 Pengujian Berat Jenis Aspal

Data Pengujian	Satuan	Percobaan			Syarat	Ket.
		1	2	3		
Piknometer + Tutup (A)	gr	26	26	25	-	-
Piknometer + Tutup + Air (B)	gr	75	77	73	-	-
Piknometer + Tutup + Aspal (C)	gr	56	58	58	-	-
Piknometer + Tutup + Air + Aspal (D)	gr	78	79	77	-	-
BJ Aspal (C-A)/(B-A)-(D-C)	gr/ml	1,10	1,06	1,13	>1	Ok
<b>BJ Aspal Rata-Rata</b>	<b>gr/ml</b>	<b>1,09</b>			<b>&gt;1</b>	<b>Ok</b>

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

Berdasarkan hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa aspal yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji telah memenuhi spesifikasi.

#### 4.2.2 Pengujian Penetrasi Aspal

Penetrasi aspal adalah ukuran ketebalan yang ditembus oleh jarum standar tertentu dalam jangka waktu, suhu dan beban tertentu dengan guna untuk mengetahui konsistensi atau kekentalan aspal tersebut.

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

No	Pengujian	Satuan	Aspal		Hasil	Ket.
			Min	Max		
1	Penetrasi	0.1 mm	60	70	63,7	Ok
2	Berat Jenis	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1,09	Ok
3	Titik Lembek	°C	48	58	52,8	Ok
4	Daktilitas	cm	100	-	129	Ok
5	Titik Nyala	°C	232	-	249	Ok

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

Berdasarkan hasil pengujian diatas aspal yang digunakan memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, Divisi 6, 2018.

#### 4.4 . Pengujian Abrasi dengan menggunakan Mesin *Los Angeles*

Pengujian abrasi adalah pengujian mekanisme yang dilakukan pada agregat kasar atau batu pecah, dimana agregat kasar yang digunakan yaitu agregat kasar yang lolos dari saringan ¾ dan tertahan pada saringan ½. Tujuan dari abrasi ini adalah untuk mengetahui keausan atau ketahanan agregat tersebut untuk mendapatkan tekanan dan gesekan yang melalui perkerasan tersebut, hasil dari pengujian tersebut dibandingkan dengan berat aus lolos saringan No.12. Pengujian abrasi dilakukan sebanyak 500 kali putaran mesin

*Los Angeles*, syarat nilai dari pengujian ini adalah maksimal 30% dengan artian agregat yang hancur setelah diuji tidak boleh lebih dari 30%.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Abrasi

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Syarat	Ket.
Berat Sampel Awal (a)	gr	4000	4000	-	-
Tertahan Saringan No.12 (b)	gr	2960	2942	-	-
Keausan (c) = ((a-b)/a)x100%	%	26,00	26,45	<b>Max 30%</b>	<b>Ok</b>
Keausan Rata-Rata	%	<b>26,22</b>		<b>Max 30%</b>	<b>Ok</b>

Sumber : Pengujian Laboratoium (2024)

Dari hasil pengujian diatas dinyatakan pengujian abrasi menggunakan mesin *Los Angeles* memenuhi syarat SNI 03-2417-2008.

#### 4.5 . Rancangan Campuran Aspal

##### 4.4.1. Kadar Aspal Rencana

Penentuan kadar aspal AC-WC menggunakan rumus yang telah ditetapkan oleh peraturan Spesifikasi Umum Bina Marga sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035( Ag. Kasar) + 0.045 (Ag.Halus) + 0.18 ( Filler) + K \\
 &= 0.035 ( 70,11 ) + 0.045 ( 29,8 ) + 0.18 ( 0,09 ) + 0,75 \\
 &= 4,56\% \sim 5 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :  $P_b$  = Kadar Aspal Rencana

$K$  = Koefisien (0,75)

Agregat Kasar = Saringan No.3/4 – Saringan No.8

$$= 100 - 29,89$$

$$= 70,11\%$$

Agregat Halus = Saringan No.8 – Saringan No.200

$$= 29,89 - 0,09$$

$$= 29,8\%$$

Filler = Saringan No.200

= 0,09%

Dengan mengambil kadar aspal dengan interval 0,5%, nilai aspal akan mencapai 5%, 5,5 %, 6 % dan 6,5 %.

#### 4.4.2. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari nilai kadar aspal rencana diatas, maka dibuatlah benda uji dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% dengan guna untuk mencari nilai kadar aspal optimum. Benda uji yang dibuat yang akan dijadikan data untuk mencari kadar aspal optimum adalah benda uji yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan syarat spesifikasi.

Tabel 4.19 Hasil Pengujian *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimal (KAO)

Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	Kepadatan	Marshall Qoutient	VMA	VFB	VIM
5%	984,23	4,03	2,71	258,40	15,93	64,72	3,59
5,5%	1041,58	3,98	2,38	273,04	16,19	66,14	3,33
6%	1079,39	4,11	2,45	253,97	16,26	68,82	3,43
6,5%	1126,87	4,38	2,64	282,17	16,14	68,43	3,69

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Keterangan :

- VMA (*Void Mineral Agregat*) = Rongga Dalam Agregat
- VIM (*Void In Mix*) = Rongga Dalam Campuran
- VFB (*Void Filled Bitumen*) = Rongga Terisi Aspal

Dari hasil pengujian diatas maka diperoleh grafik menentukan kadar aspal opmtimalnya. Hasil dari grafik dicantumkan dibawah sebagai berikut.

YANG MEMENUHI SYARAT				
<b>Stabilitas</b>				
<b>Flow</b>				
<b>Kepadatan</b>				
<b>Marshall Qoutient</b>				
<b>VMA</b>				
<b>VIM</b>				
<b>VFB</b>				
	5%	5.50%	6%	6.50%

Gambar 4.1 Diagram Kadar aspal Optimum (KAO)  
 Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Berdasarkan diagram diatas maka diperoleh nilai kadar aspal optimal(KAO)pada persentase 6,5%. Sehingga pada percobaan pembuatan campuran aspal menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler* digunakan kadar aspal 6,5%.

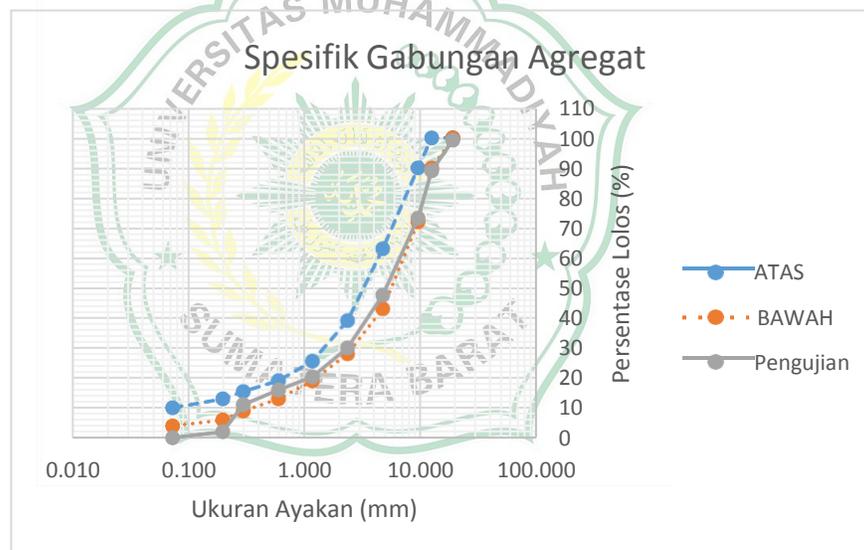
#### 4.4.3. Rancangan Gradasi Penambahan Cangkang Kelapa Sawit

Setelah mendapatkan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum), maka dibuatlah rancangan campuran aspal dengan menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler*, dimana campuran tersebut dibuat dalam persentase yang berbeda yaitu 0%, 5%, 7% dan 9% dari setiap persentase akan dibuat benda uji sebanyak 3 buah benda uji, sehingga total benda uji yang dibuat adalah 12 buah benda uji.

Tabel 4.20 Rancangan Campuran Aspal dengan 5% Cangkang Sawit

PENGKABUNGAN								
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	96.44	100.00	100.00	100.00	99.29	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	89.54	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	74.33	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	49.28	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	29.89	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	18.40	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	13.22	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	8.48	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	1.75	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.09	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm)				20.00 %		
		b. Screen ( 5-10 mm)				38.00 %		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				37.00 %		
		d. Cangkang Kelapa Sawit (< 5 mm)				5.00 %		
		Total				100.00 %		

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

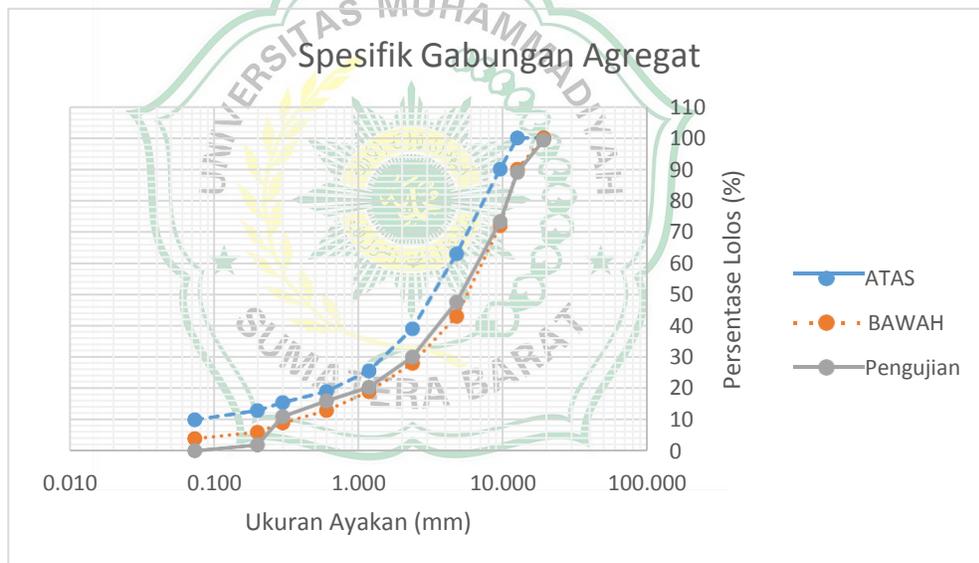


Gambar 4.2 Grafik Rancangan Aspal dengan 5% Cangkang Kelapa Sawit  
 Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Tabel 4.21 Rancangan Campuran Aspal dengan 7% Cangkang Sawit

PENGKABUNGAN								
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	96.44	100.00	100.00	100.00	99.43	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	91.63	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	75.05	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	46.29	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	28.11	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	18.33	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	13.96	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	9.43	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	1.80	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.09	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm)				16.00 %		
		b. Screen ( 5-10 mm)				46.00 %		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				31.00 %		
		d. Cangkang Kelapa Sawit (< 5 mm)				7.00 %		
		Total				100.00 %		

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



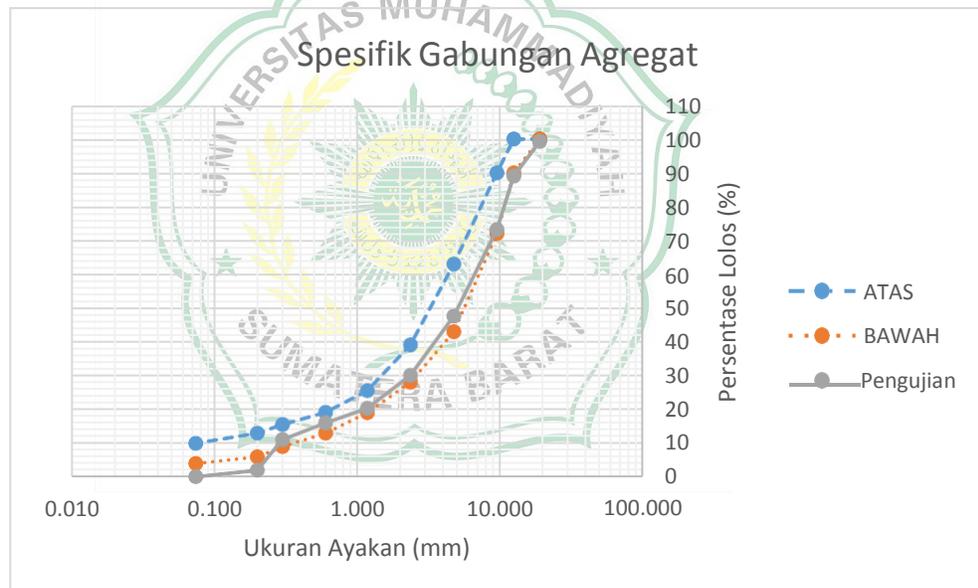
Gambar 4.3 Grafik Rancangan Aspal dengan 7% Cangkang Kelapa Sawit

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Tabel 4.22 Rancangan Campuran Aspal dengan 9% Cangkang Sawit

PENGKABUNGAN								
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	96.44	100.00	100.00	100.00	99.25	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	89.01	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	73.30	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	47.59	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	30.09	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	20.38	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	15.99	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	11.07	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	2.00	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.08	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm)				21.00 %		
		b. Screen ( 5-10 mm)				39.00 %		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				31.00 %		
		d. Cangkang Kelapa Sawit (< 5 mm)				9.00 %		
		Total				100.00 %		

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.4 Grafik Rancangan Aspal dengan 9% Cangkang Kelapa Sawit  
 Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

#### 4.6 . Hasil Pengujian Marshall

Setelah melakukan perancangan campuran aspal maka dibuatlah benda uji dengan menggunakan cetaknya yang berdimensi diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, dengan menggunakan campuran cangkang sawit sebagai ganti *filler*, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

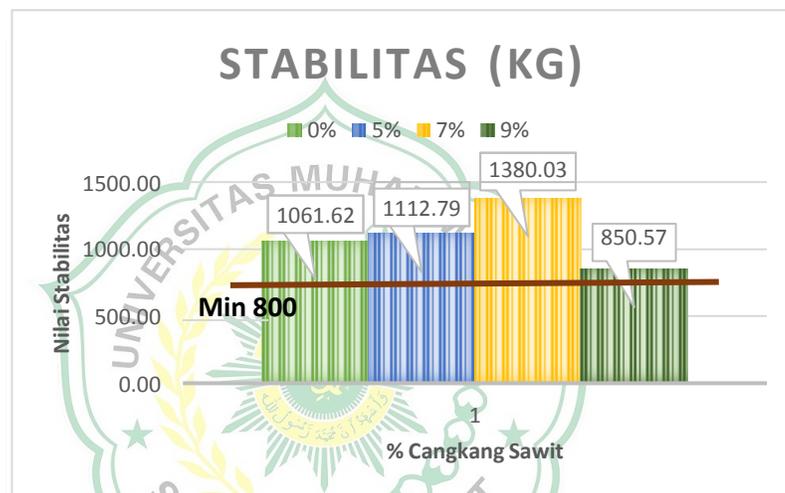
#### 4.5.1. Pengujian Stabilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan aspal yang dibuat dengan campuran cangkang kelapa sawit tersebut. Hasil dari pengujian tersebut terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.23 Hasil Pengujian Stabilitas

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (Kg)	1061,62	1112,79	1380,03	850,57
Syarat (Kg)	800	800	800	800
Keterangan	Oke	Oke	Oke	Oke

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.5 Grafik Hasil Stabilitas  
Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

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

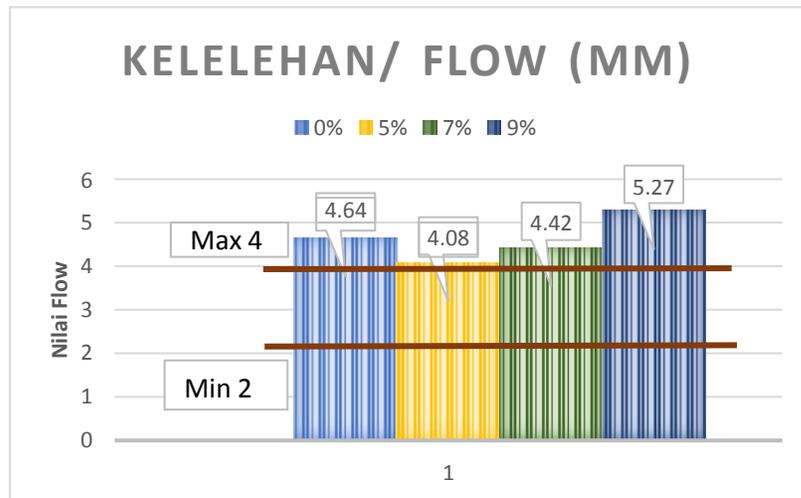
#### 4.5.2. Pengujian Flow (Kelelehan)

Pengujian kelelehan ini berguna untuk mengetahui kelelehan dari campuran aspat yang dibuat tersebut. Hasil pengujian terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.24 Hasil Pengujian Flow

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (mm)	4,64	4,08	4,42	5,27
Syarat (mm)	2 - 4	2 - 4	2 - 4	2 - 4
Keterangan	Tidak Ok	Tidak Ok	Tidak Ok	Tidak Ok

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.6 Grafik Hasil *Flow*  
 Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan cangkang kelapa sawit memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, Divisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991. Tingginya nilai *flow* atau keelehan bisa disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya ketelitian dalam pembacaan arloji parameter, durasi perendaman, dan pengeringan benda uji tersebut, sehingga untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka diperlukan ketelitian lebih.

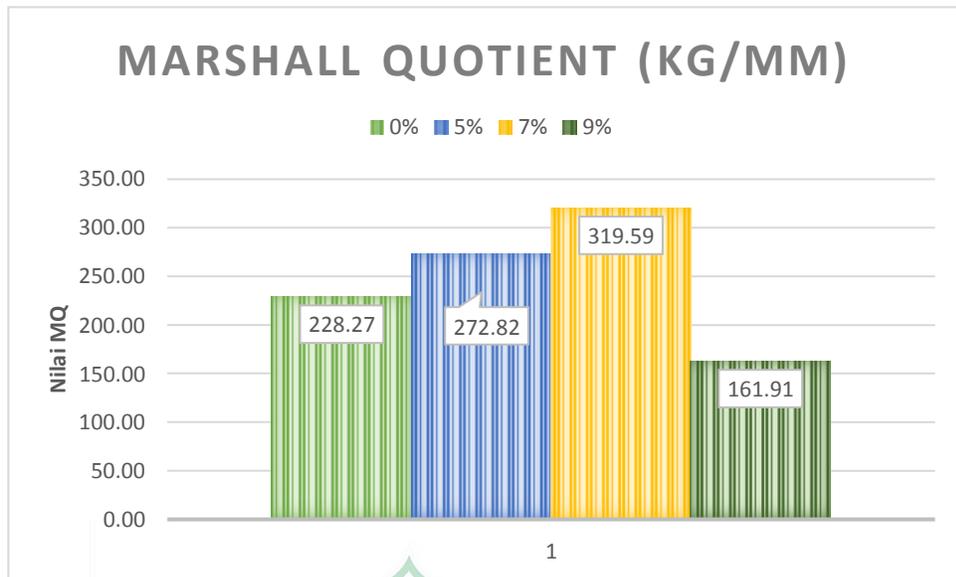
#### 4.5.3. Pengujian *Marshall Quotient* (MQ)

Pengujian ini merupakan pembagian hasil dari pengujian stabilitas dan pengujian keelehan. Hasil dari perhitungan ini terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.25 Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (MQ)

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (Kg/mm)	228,27	272,82	319,59	161,91
Syarat (Kg/mm)	Min 250	Min 250	Min 250	Min 250
Keterangan	Tidak Ok	Ok	Ok	Ok

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.7 Grafik Hasil *Marshall Quotient (MQ)*  
Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan cangkang kelapa sawit memperoleh hasil yang tidak sesuai syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, Divisi 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.

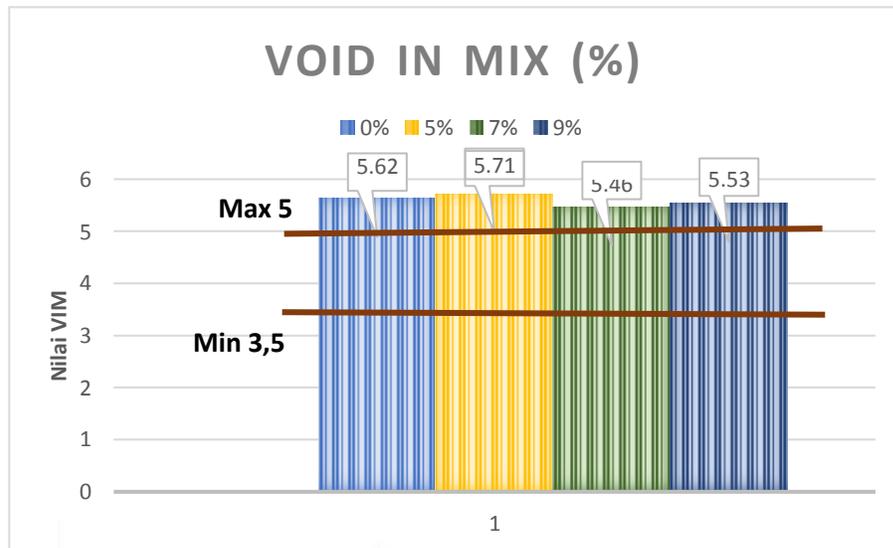
#### 4.5.4. Pengujian Rongga Dalam Campuran / VIM (*Void In Mix*)

Pengujian dari rongga dalam campuran ini berguna untuk mengetahui persentase rongga didalam campuran aspal yang dibuat tersebut. Hasil pengujian terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.26 Hasil Pengujian VIM (*Void In Mix*)

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (%)	5,62	5,71	5,46	5,53
Syarat (%)	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0
Keterangan	Tidak Ok	Tidak Ok	Tidak Ok	Tidak Ok

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.8 Grafik Hasil VIM  
 Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil diatas campuran aspal menggunakan cangkang kelapa sawit memperoleh hasil yang tidak sesuai dengan syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, Divisi 6 (2018) dengan SNI 06-2489-1991. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai maka pada saat pengujian stabilitas dan *flow* harus dilakukan dengan lebih teliti.

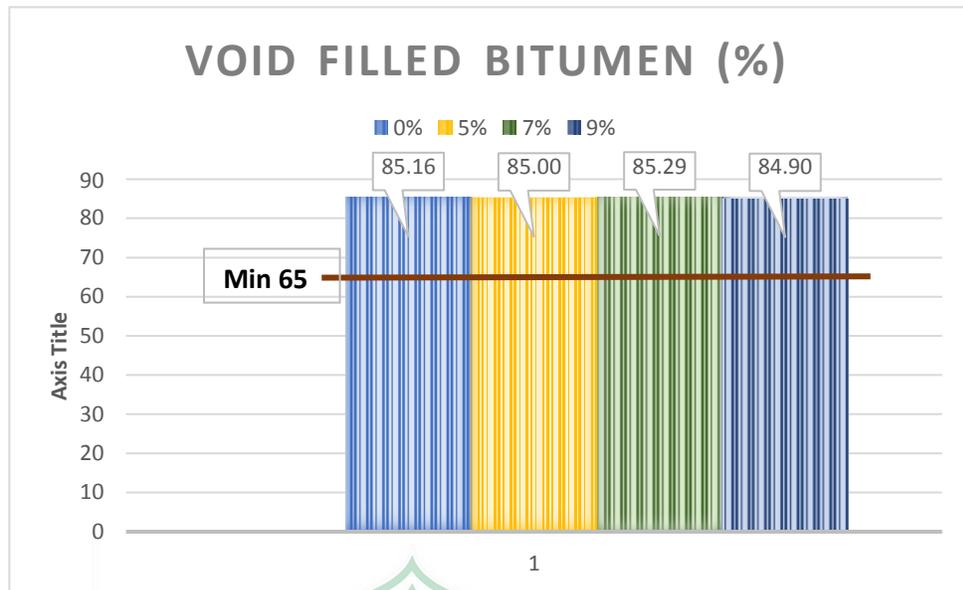
#### 4.5.5. Pengujian Rongga Terisi Aspal / VFB (*Void Filled Bitumen*)

Pengujian dari rongga terisi aspal ini berguna untuk mengetahui persentase rongga yang terisi aspal didalam campuran aspal yang dibuat tersebut. Hasil pengujian terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.27 Hasil Pengujian VFB

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (%)	85,16	85,00	85,29	84,90
Syarat (%)	Min 65	Min 65	Min 65	Min 65
Keterangan	Oke	Oke	Oke	Oke

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.9 Grafik Hasil VFB  
 Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

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

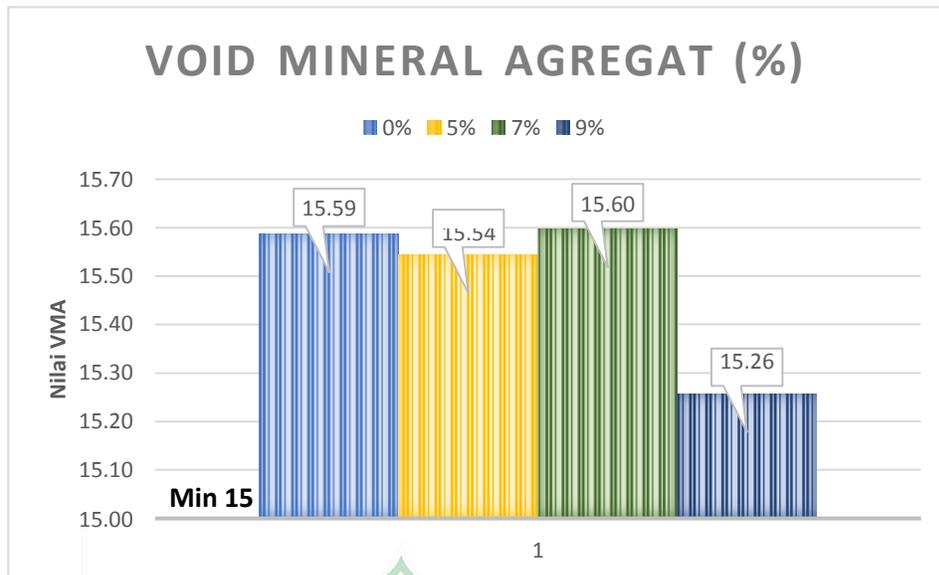
#### 4.5.6. Pengujian Rongga Dalam Agregat / VMA (*Void Mineral Agregat*)

Pengujian dari rongga dalam agregat ini berguna untuk mengetahui persentase rongga dalam agregat aspal didalam campuran aspal yang dibuat tersebut. Hasil pengujian terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.28 Hasil Pengujian VMA

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (%)	15,59	15,54	15,60	15,26
Syarat (%)	Min 15	Min 15	Min 15	Min 15
Keterangan	Oke	Oke	Oke	Oke

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.10 Grafik Hasil VMA  
Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

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

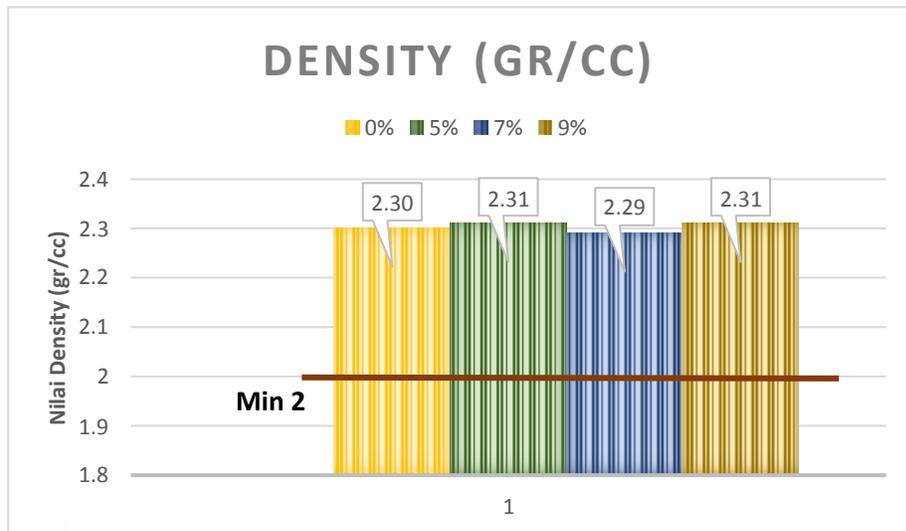
#### 4.5.7. Pengujian Kepadatan (*Density*)

Hasil pengujian kepadatan terlampir sebagai berikut:

Tabel 4.29 Hasil Pengujian Kepadatan

% Cangkang Sawit	0%	5%	7%	9%
Hasil Pengujian (gr/cc)	2,30	2,31	2,29	2,31
Syarat (gr/cc)	Min 2	Min 2	Min 2	Min 2
Keterangan	Oke	Oke	Oke	Oke

Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)



Gambar 4.11 Grafik Hasil Kepadatan  
Sumber : Pengujian Laboratorium (2024)

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



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal beton AC-WC maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Karakteristik campuran aspal beton AC-WC menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti *filler* dengan persentase 0%, 5%, 7% dan 9% memenuhi karakteristik Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 1 yaitu nilai VIM, VMA, VFB, MQ, Stabilitas, *Flow*, dan Kepadatan mengalami peningkatan pada persentase 7% dan penurunan pada persentase 9%.
- b. Kadar persentase abu cangkang sawit yang paling mendekati optimum adalah persentase 7% dengan nilai Stabilitas 1380.03 kg, nilai *Flow* 4,42 mm, nilai kepadatan 2,29 gr/cc, nilai VIM 5,46 %, nilai VMA 15,6% , nilai VFB 85,29% dan nilai MQ 319,59 kg/mm.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi	Abu Cangkang Kelapa Sawit				Ket
		0%	5%	7%	9%	
Stabilitas (Kg)	Min 800	1061,62	1112,79	1380,03	850,57	Ok
<i>Flow</i> (mm)	2-4	4,64	4,08	4,42	5,27	Tidak Ok
MQ (Kg/mm)	Min 250	228,27	272,82	319,59	161,91	Tidak Ok
VIM (%)	3,5-5,0	5,62	5,71	5,46	5,53	Tidak Ok
VFB (%)	Min 65	85,16	85,00	85,29	84,90	Ok
VMA (%)	Min 15	15,59	15,54	15,60	15,26	Ok
Kepadatan (gr/cc)	Min 2	2,30	2,31	2,29	2,31	Ok

Sumber : Hasil Laboratorium 2024

## 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 persentase yang lebih tinggi.
- b. Sebelum melakukan penelitian disarankan untuk melakukan pengecekan alat-alat yang akan digunakan agar tidak terjadinya keterlambatan yang akan mengganggu proses penelitian.
- c. Dalam pengujian sesuaikan kembali teori-teori yang berkaitan agar tidak terjadi kekeliruan pada saat pengolahan data penelitian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agusmaniza, Roni., 2018, Uji Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Kombinasi Limbah Plastik dan Abu Cangkang Kelapa Sawit, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Bina Marga. 2018., Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Kontruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6.Kementerian PUPR, Jakarta.
- Edwin, S. T. (2023) Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Aspal Panas Jenis *Hot Rolled Sheet* (Hrs).
- Fahmi, A. M., Irwan, I., & Amsuardiman, A. (2021). Analisis Pengaruh Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kinerja Perkerasan Aspal.
- Fauziah. M., 2017., Pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kekuatan Dan Keawetan Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. Christady., 2015, Pemeliharaan Jalan Raya Edisi 2, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Manurung, A. J., & Riani, D. (2023). Analisis Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Pada Campuran AC-WC.
- Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2020). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti *Filler* Aspal Penetrasi 60/70.
- Randi, H. P., Nofrianto, H., Refi, A., & JF, A. P. (2022). Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai *Filler* Dalam Campuran AC-WC Dengan Pengujian *Marshall*.
- Saodang, Hamirhan., 2015, Konstruksi Jalan Raya, Edisi ke-2 Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Soehartono, 2015, Teknologi Aspal dan Penggunaannya, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sukirman, Silvia., 2016, Beton Aspal Campuran Panas, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

Yelvi, 2015, Evaluasi Kinerja Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC) Memakai Limbah Abu Sawit Sebagai Filler, Politeknik Negeri Padang, Padang.

Zahrina, I., 2017, Pemanfaatan Abu Sawit dan Cangkang Sawit Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis ZSM-5 dari Zeolit Alam, Universitas Riau, Pekanbaru.



## LAMPIRAN

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

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

7	Pengujian Berat Jenis Aspal	
8	Penimbangan Wajan Untuk Memanaskan 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	 A photograph of a stainless steel water bath. Inside the tank, several black circular test specimens are submerged in water. The specimens are marked with white handwritten numbers: '05', '11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', and '20'. A digital display on the front of the water bath shows the number '60' in red, indicating the temperature. There are also some warning labels on the front panel.
17	Pengujian Marshall Test	 Two photographs of a Marshall Test Machine. The left image shows the machine from a side view, highlighting the vertical frame, the upper and lower anvils, and the central loading mechanism. The right image shows the machine from a front view, focusing on the circular dial gauge used to measure the deformation of the specimen. The machine is labeled 'SOLTESY' at the top. A watermark for 'UNIVERSITAS M SUMATE' is visible on the left side of the images.

Tabel Hasil Pengujian *Marshall Test* di Laboratorium

Persentase (%)	Stabilitas (Kg)	Flow / Kelelahan (mm)
0%	1247,09	5,28
0%	1036,04	4,52
0%	901,74	4,11
<b>Rata-Rata</b>	<b>1061,62</b>	<b>4,64</b>
5%	1093,60	3,93
5%	1151,16	4,36
5%	1093,60	3,96
<b>Rata-Rata</b>	<b>1112,79</b>	<b>4,08</b>
7%	1415,96	3,61
7%	1362,20	5,11
7%	1362,20	4,54
<b>Rata-Rata</b>	<b>1380,03</b>	<b>4,42</b>
9%	940,11	6,04
9%	863,37	4,85
9%	748,24	4,92
<b>Rata-Rata</b>	<b>850,57</b>	<b>5,27</b>

Tabel Perbandingan Berat Agregat

Material / Agregat	Berat Agregat (gr)			
	0%	5%	7%	9%
Split	176	242	176	242
Screen	484	451	506	464
Abu Batu	440	352	341	297
Abu Cangkang Kelapa Sawit	0	55	77	99
Total	1100	1100	1100	1100

**SKRIPSI**  
**KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DENGAN**  
**MENGGUNAKAN VARIASI ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI**  
**PENGGANTI *FILLER***

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



Oleh:

**DEGI HANDIKA SAPUTRA**

**20180030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2024**

*Handika Saputra*  
*27/8/2024*



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103  
Website: www.fl.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Degi Handika Saputra
NIM	:	20180030
Program Studi	:	TEKNIK SIPIL
Pembimbing I	:	Helga Yermadona, S.Pd., M.T
Pembimbing II	:	Ana Gusanti Yusman, ST., M.Eng.
Judul	:	Karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan menggunakan variasi AB <sub>0</sub> cangkrang sawit sebagai pengganti filler

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	18/04-2024	Perbaiki Bab I	HP	
2.	20/04-2024	Perbaiki Bab II & III	HP	
3.	22/04-2024	Perbaiki Pembahasan tentang Masalah		HP
4.	22/04-2024	Acc U/sempro		HP
5.	23/04/24	ACC sempro	HP	
6.	11/07/24	Perbaiki Bab IV	HP	
7.	14/07/24	Perbaiki Lampiran	HP	
8.	17/07/24	Perbaiki abstrak	HP	
9.	22/07/2024	ACC seminar hasil	HP	
10.	19/07/24	Acc Seminar hasil		HP

- Catatan:
1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
  2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik.....

Helga Yermadona, M.T

NIDN. 1013098502



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 31 Juli 2024

Nama : **Deqi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : .....

Tambahkan penjelasan tkg quarry dan proses pengolahan abu cangkang sawit

ACC sidang kompre 11/8/2024 tkg

.....

.....

Ketua Penguji,

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



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 31 Juli 2024

Nama : **Degi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan : *Perbaiki lagi skripsi*

*Acc. Kompro  
1/8/2024*

*[Signature]*

Sekretaris/Penguji,

*[Signature]*

**Ana Susanti Yusman, S.T., M.Eng.**  
NIDN. 1017016901



REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI

Tanggal Ujian: 31 Juli 2024

Nama : **Degi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan :  
- Buatlah grafik hasil uji Gradasi  
- Buat tabel hasil uji  
#-08-24. ACC untuk Compore  
Euryoki

Penguji,

Ir. Deddy Kurniawan, S.T., M.T.

NIDN. 1022018303

0900320021



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 31 Juli 2024

Nama : **Degi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan

Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : 1. profile, dan supuras & labu kelas  
2. kempulan & fogis

*hal 4 dari cover  
f. 19 2024*

Penguji,

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



**REVISI SIDANG SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 21 Agustus 2024

Nama : **Degi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Baton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : .....  
ACC jilid 27/8/2024 HEG .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Ketua Penguji,

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



**REVISI SIDANG SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 21 Agustus 2024

Nama : **Deqi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Baton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan : *Belajar lagi*

*Doc U jlsd*  
*25/8/24*  
*[Signature]*

Sekretaris/Penguji,

*[Signature]*

**Ana Susanti Yusman, S.T., M.Eng.**  
NIDN. 1017016901



**REVISI SIDANG SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 21 Agustus 2024

Nama : **Degi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Baton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
- perbaiki gambar alat labor.  
- perbaikan foto takaran.  
- buku belajar.

Ace 11111  
21-2024.  
08

Penguji,

**Ir. Deddy Kurniawan, S.T., M.T.**  
NIDN. 1022018303



**REVISI SIDANG SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 21 Agustus 2024

Nama : **Deqi Handika Saputra**  
NIM : 20180030  
Judul Skripsi : Karakteristik Campuran Aspal Baton AC-WC Dengan Menggunakan Variasi Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : .....  
+ Aspal G & dtt.

Aspal G' pulas' ke email  
Kendia,

~~Ferrylisty  
22/08/2024~~

Penguji,

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

# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

## FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103  
 Website: [www.ft.umsb.ac.id](http://www.ft.umsb.ac.id) Email: [fakultasteknik@umsb.ac.id](mailto:fakultasteknik@umsb.ac.id)

### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Degi Handita Saputra
NIM	:	20180030
Program Studi	:	TEKNIK SIPIL
Pembimbing I	:	Helga Yermadona . S.Pd . M.T
Pembimbing II	:	Ana Susanti Yusman . ST ., M.Eng
Judul	:	Karakteristik campuran ardi beton dengan menggunakan variasi abu cangkong sawit sebagai pengganti filler

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	27/8/24	ACC sipil	HP	
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Catatan :