

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON  
(AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP  
SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET  
ALAM (AC-WCNR)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Barat



**Oleh:**  
**YOGA PRASETYO**  
**20180046**

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

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON  
(AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP)  
TERHADAP SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN  
LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)**

Oleh:

**YOGA PRASETYO**  
NIM. 20180046

Dosen Pembimbing I



**Febrimen Herista., S.T., M.T**  
NIDN. 1001026901

Dosen Pembimbing II



**Endri., S.T., M.T**  
NIDN. 8900320021

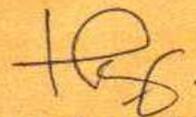
Diketahui Oleh :

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 22 Agustus 2024 di Fakultas Teknik UM SUMBAR.

Bukittinggi, 22 Agustus 2024  
Mahasiswa

  
Yoga Prasetyo  
20180046

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 22 Agustus 2024:

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

1. 

2. Endri., S.T., M.T

2. 

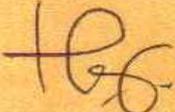
3. Ir Surya Eka Priana, S.T., M.T

3. 

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



Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

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

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Yoga Prasetyo  
NIM : 20180046  
Tempat dan Tanggal Lahir : Muaro Labuh, 02 Desember 1998  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Temperatur Agregat Pada Laston (AC-WC Menggunakan Aspal Karet Alam Padat/Akap) Terhadap Sifat-Sifat Laston Modifikasi (AC-WCMOD) Dan Laston Karet Alam (AC-WCNR).

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, 22 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Yoga Prasetyo

## ABSTRAK

Kerusakan jalan memang menjadi salah satu permasalahan di Indonesia penyebab kerusakan jalan dengan volume lalu lintas yang padat kerusakan pada perkerasan lentur (flexible pavement) adalah mutu bahan serta proses pencampuran aspal yang tidak memenuhi standar kelaikan operasi dan produksi. Penelitian ini bertujuan untuk Untuk mengkaji seberapa besar pengaruh penyimpangan suhu agregat terhadap kinerja campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) yang menggunakan Aspal Karet Alam Padat (AKAP) ditinjau dari karakteristik *Marshall*. Hasil Penelitian dan pembahasan serta analisis dengan metode substitusi pencampuran aspal agregat variasi suhu 145°C, 165°C, 185°C, 205°C, 225°C dengan aspal karet padat alam/AKAP dapat disimpulkan, Setiap kenaikan 20°C temperatur agregat nilai kepadatan pada VFB mengalami kenaikan dan pada VIM dan VMA mengalami penurunan, Setiap kenaikan suhu agregat pada campuran laston AC-WC modifikasi AKAP akan meningkat nilai stabilitas campuran namun nilai stabilitas akan mengalami penurunan setelah suhu agregat melebihi 30 °C diatas suhu aspal. Setiap kenaikan suhu agregat dari temperatur yang disyaratkan, nilai Pelelehan (*flow*) yang terjadi mengalami penurunan, Untuk mendapatkan campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018, maka rentang temperatur agregat yang disarankan untuk pencampuran yaitu 155 °C hingga 170 °C

**Kata kunci** : Aspal Karet Padat Alam/AKAP, Jalan, Sarana, AC-WC

## ABSTRACT

Road damage is indeed one of the problems in Indonesia, the cause of road damage with heavy traffic volume, damage to flexible pavement is the quality of materials and the asphalt mixing process that does not meet the standards of operational and production feasibility. This study aims to examine how much influence the deviation of aggregate temperature has on the performance of the Wearing Layer Laston (AC-WC) mixture using Solid Natural Rubber Asphalt (AKAP) in terms of Marshall characteristics. The results of the study and discussion and analysis with the substitution method of mixing aggregate asphalt with temperature variations of 145°C, 165°C, 185°C, 205°C, 225°C with solid natural rubber asphalt/AKAP can be concluded, Every 20°C increase in aggregate temperature, the density value on the VFB increases and on the VIM and VMA decreases, Every increase in aggregate temperature on the modified AKAP AC-WC laston mixture will increase the stability value of the mixture, but the stability value will decrease after the aggregate temperature exceeds 30 °C above the asphalt temperature. Each increase in aggregate temperature from the required temperature, the Melting (flow) value that occurs decreases, To obtain a modified AKAP Laston AC-WC mixture that meets the 2018 Bina Marga Specifications, the recommended aggregate temperature range for mixing is 155 °C to 170 °C.

**Keywords:** Natural Solid Rubber Asphalt/AKAP, Roads, Facilities, AC-WC

## 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. Bapak Masril, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumbar ;
2. Bapak Hariyadi, M.Kom selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumbar;
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd, M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil ;
4. Bapak Febrimen Herista, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan dukungan dan banyak memberikan masukan kepada penulis ;
5. Bapak Masril, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan dukungan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Orang tua dan kakak serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
7. 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, 14 Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>I</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>III</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>IV</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	4
1.3. Perumusan Masalah .....	5
1.4. Batasan Penelitian .....	5
1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	6
1.4. Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB II. TUNJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1. Umum .....	8
2.2. Perkerasan Lentur.....	9
2.3. Pengendalian Mutu Campuran Beraspal .....	12
2.4. Aspal Karet Alam Padat (AKAP) .....	13
2.4.1 Ketentuan Bahan Baku AKAP .....	15
2.4.2 Ketentuan Bahan Jadi AKAP .....	19
2.5. Bahan Aspal .....	20
2.5.1. Sifat-sifat Kimia Aspal .....	22
2.5.2. Sifat-sifat Fisik Aspal .....	23
2.5.3.Kepekaan Agregat Terhadap Temperatur .....	26
2.6. Bahan Agregat.....	26
2.6.1. Ukuran Butir Agregat .....	27
2.6.2. Kebersihan Agregat .....	28
2.6.3. Kekerasan Agregat .....	28
2.6.4. Bentuk Butir Agregat .....	29
2.6.5. Tekstur Permukaan Agregat .....	29
2.6.6. Daya Serap Agregat.....	30
2.6.6. Kelekatan Terhadap Aspal .....	31

2.7. Proporsi Agregat Campuran.....	31
2.8. <i>Design Mix Formula (DMF)</i> .....	32
2.9. Pengujian <i>Marshall</i> .....	33
2.10. Penelitian Terdahulu .....	34
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	38
3.2. Jenis Penelitian.....	39
3.3. Variabel Penelitian.....	39
3.4. Teknik Pengumpulan Data.....	39
3.5. Cara Pelaksanaan .....	41
3.6. Teknik Analisis Data.....	44
3.7. Bagan Alur .....	44
<b>BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1. Hasil Pengujian Bahan.....	46
4.1.1 Hasil Pengujian Aspal .....	46
4.1.1 Hasil Pengujian Agregat.....	47
4.2. Hasil Rancangan Campuran.....	48
4.3. Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Temperatur Agregat pada Laston AC-WC modifikasi AKAP .....	52
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Density .....	53
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Campuran/VIM.....	53
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Agregat/VMA .....	54
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Terisi Aspal/VFB....	55
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Stabilitas <i>Marshall</i> .....	56
4.3.1 Hubungan temperatur agregat terhadap Pelelehan <i>flow</i> .....	57
4.3.1 Temperatur agregat dan Volumetrik <i>Marshall</i> .....	58
<b>BAB V. PENUTUP.....</b>	<b>60</b>
5.1. Kesimpulan .....	60
5.1. Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipikal Bentuk - Bentuk Agregat .....	8
Gambar 2.1 Contoh Tipikal Jenis Gradasi Agregat .....	10
Gambar 2.3 Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Aspal .....	17
Gambar 2.4 Kecepatan Penuaan Aspal .....	19
Gambar 3.1 Gambar Bagan Alir Penelitian .....	29



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan untuk asal keras .....	6
Tabel 2.2 Ketentuan untuk asal halus .....	6
Tabel 2.3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal .....	8
Tabel 2.4 Ketentuan Untuk Aspal Keras .....	19
Tabel.2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC).....	21
Tabel 2.6 Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal untuk Pencampuran.....	22
Tabel 2.7 Penelitian Sebelumnya Tentang Pengaruh Suhu Campuran.....	23
Tabel 3.1 Jenis Pengujian, Peralatan Uji dan Metode Pengujian.....	27
Tabel 3.2 Material Penelitian .....	30



## DAFTAR NOTASI

VFB	=	Rongga Terisi Aspal
VIM	=	Rongga Dalam Campuran
VMA	=	Rongga Dalam Agregat
DMF	=	Desing Mix Formula
AK	=	Agregat Tertahan Saringan No.8
AH	=	Agregat Lolos Saringan No.8
BP	=	Agregat Lolos Saringan No.200
K	=	Konstanta 0.5 s/d 1.0
KAO	=	Kadar Aspal Optimum
°C	=	Celcius
WTM	=	Wheel Tracking Machine
AMP	=	Asphalt Mixing Plant

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Prasarana jalan yang tersedia dapat membantu kegiatan perekonomian. Kondisi jalan yang baik dapat memperlancar hubungan antar wilayah dan memperlancar pertumbuhan ekonomi. Sebaliknya, kondisi jalan yang rusak dan tidak terawat pasti memperlambat perjalanan antar wilayah yang juga dapat menghambat kegiatan perekonomian. Hal buruk lainnya juga dapat terjadi yakni sebagai salah satu penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Oleh karena itu, kerusakan jalan merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di Indonesia terutama di jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang padat. Salah satu penyebab kerusakan perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah mutu bahan serta proses pencampuran aspal yang tidak memenuhi standar kelaikan operasi dan produksi (BPSDM-PUPR, 2021).

Campuran beraspal panas, juga dikenal sebagai *hotmix* adalah suatu kombinasi antara aspal dan agregat. Keduanya kemudian dicampur di Unit Pencampur Aspal (UPA/AMP) dalam kondisi panas. Pada proses pencampuran, aspal harus dipanaskan hingga diperoleh kekentalan yang mencukupi. Agregat yang akan dicampur dengan bahan aspal kemudian harus dikeringkan dan dipanaskan terlebih dahulu dengan alat pengering dalam rentang temperatur tidak melampaui 10°C di atas suhu aspal (Bina Marga, 2018). Pengawasan terhadap proses pencampuran yang tepat akan menghasilkan campuran aspal yang berkualitas sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan (BPSDM-PUPR, 2021). Namun dalam pelaksanaannya masih belum terlaksana dengan baik. Ketidaksesuaian dan kesalahan yang terjadi saat proses produksi campuran beraspal sebagian besar terjadi pada pengendalian temperatur agregat di AMP (Mahmud, 2007). Berdasarkan laporan, masih ditemukan ketidaksesuaian dalam proses produksi *hotmix* di AMP diantaranya, temperatur pemanasan agregat yang berlebihan (*over heating*), thermometer pada alat pemanas (*dryer*) tidak berfungsi serta tidak terkalibrasi, serta kurangnya pengawasan (Harta, 2022).

Aspal sebagai bahan pengikat dan pengisi adalah komponen tambahan yang menentukan keawetan konstruksi jalan. Saat ini aspal minyak pen 60 Tipe I adalah

bahan pengikat yang banyak digunakan untuk perkerasan. Agar aspal dapat bertahan maksimal sesuai dengan umur pelayanan, maka aspal harus memiliki sifat adhesi yang baik sebagai bahan pengikat. Untuk perkerasan yang mengalami deformasi dalam jangka panjang, aditif diperlukan untuk meningkatkan kinerja campuran aspal (Thanya, 2016). Tujuan menambah bahan aditif ke dalam aspal adalah untuk membuat aspal yang lebih tahan terhadap rembesan air, lebih fleksibel, lebih tahan terhadap deformasi temperatur, dan lebih tahan terhadap usang (Setyoko, 2019).

Karet alam adalah salah satu bahan aditif yang dapat digunakan dalam campuran aspal. Sebagai bahan campuran untuk aspal, perubahan atau modifikasi karet alam padat telah banyak digunakan. Menurut temuan hasil penelitian bahwa, karet alam, yang merupakan polimer alam, dapat digunakan sebagai aditif aspal untuk menggantikan polimer sintetis yang diimpor (Tuntiworawit, 2005). Menurut Suroso (2007) kinerja aspal dapat ditingkatkan dengan mencampur karet alam dan aspal. Ini termasuk mengurangi deformasi perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak, dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat. Namun, karet alam adalah bahan organik yang mudah teroksidasi dan terpolimerisasi oleh sinar UV, yang mengurangi elastisitasnya. (Suroso, 2007).

Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR mengadakan pembelian 53.000 ton karet alam padat SIR 20 dari tahun 2019 hingga 2021 untuk digunakan sebagai bahan pemodifikasi aspal. Faktanya, hanya sejumlah kecil ton SIR 20 yang dapat diubah menjadi AKAP (aspal karet alam padat) hingga tahun 2022. AKAP dibuat dari aspal Tipe I yang dicampur dengan bahan tambah (modifier) vulkanisat yang dihasilkan dari proses termal kompon karet, sehingga sifatnya berubah dari plastis menjadi elastis (Bina Marga, 2022). Menurut hasil penelitian, Pravianto (2022) tingkat kekentalan/kerasan AKAP lebih tinggi jika dibandingkan dengan Aspal Tipe I Pen 60. Semakin tinggi nilai viskositas aspal yang dihasilkan, semakin tinggi pula temperatur yang dibutuhkan untuk pencampuran. Hal ini perlu diperhatikan karena mempengaruhi karakteristik campuran beraspal panas, baik selama penghamparan dan pematatan di lapangan maupun selama proses pembuatan campuran beraspal panas di AMP. Oleh karena itu, diperlukan untuk melaksanakan studi kelayakan teknis, termasuk menyiapkan

standar mutu serta prosedur pelaksanaan untuk proses pengolahan campuran beraspal dengan AKAP (Pravianto, 2022).

Penggunaan karet alam sebagai bahan tambah aspal diharapkan dapat meningkatkan kualitas jalan di Indonesia serta mendorong potensi ekonomi Indonesia sebagai negara terbesar kedua di dunia dalam produksi karet alam, serta dapat meningkatkan penyerapan karet serta nilai jual produk karet dan kesejahteraan petani karet. Hal ini didukung oleh Instruksi Presiden No. 2 tahun 2021 tentang percepatan penggunaan produk dalam negeri dan usaha kecil, serta Peraturan Menteri PUPR No. 280 tahun 2022 tentang pendampingan dan rekomendasi penggunaan produk dalam negeri dalam kegiatan PUPR.

Dari uraian di atas terdapat beberapa fenomena yang berhubungan, yaitu kurangnya pengendalian temperatur dalam proses pencampuran di AMP. AKAP membutuhkan temperatur tinggi untuk pencampuran sedangkan sifat aspal rentan terhadap temperatur dan sifat karet alam mudah teroksidasi dan terpolimerisasi oleh sinar ultra violet. Selain itu, belum ada spesifikasi mengenai ketentuan sifat-sifat campuran beraspal menggunakan AKAP. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi untuk mengevaluasi bagaimana perubahan suhu agregat mempengaruhi sifat dan performa akhir dari campuran aspal menggunakan Aspal Karet Alam Padat (AKAP).

Judul studi ini adalah "**Analisis Pengaruh Temperatur Agregat pada Laston (AC-WC menggunakan Aspal Karet Alam Padat/AKAP) terhadap Sifat-sifat Laston Modifikasi (AC-WCMod)**"

## **1.2. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut adalah identifikasi masalah dalam penelitian ini:

1. Pengendalian temperatur agregat dalam proses pencampuran *hotmix* di AMP seringkali tidak sesuai dengan ketentuan yang disyaratkan.
2. AKAP merupakan campuran aspal minyak Tipe 1 dengan karet alam. Sifat aspal lebih mudah mengalami oksidasi dan pelapukan akibat pemanasan yang berlebihan, kemudian sifat karet alam mudah teroksidasi dan terpolimerisasi oleh sinar ultra violet,

3. Kementerian PUPR belum mengatur spesifikasi tentang ketentuan sifat-sifat campuran beraspal menggunakan AKAP.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang sudah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seberapa besar pengaruh temperatur agregat terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran beraspal menggunakan AKAP?
2. Apakah karakteristik yang dihasilkan Laston (AC-WC dengan AKAP) dapat dikategorikan sebagai Laston Modifikasi (AC-WC<sub>Mod</sub>) menurut Spesifikasi Bina Marga?

### 1.4. Batasan Penelitian

Berikut ini batasan penelitian dari penelitian ini :

1. Penelitian dilakukan di laboratorium dan tidak melakukan pengujian lapangan.
2. Bahan aspal yang digunakan pada penelitian ini yakni Aspal Karet Alam Padat (AKAP) berasal dari Laboratorium Pengujian Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat dan agregat berasal dari *Stock Pile* PT. Statika Mitra Sarana.
3. Jenis campuran perkerasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan campuran AKAP.
4. Variasi suhu agregat untuk pencampuran yang diteliti adalah (145, 165, 185, 205, dan 225 derajat celsius).
5. Parameter yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah *Marshall* (*Stability, Flow, VFB, VIM, VMA, dan MQ*)

### 1.5. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengkaji seberapa besar pengaruh penyimpangan suhu agregat terhadap kinerja campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) dengan

- menggunakan Aspal Karet Alam Padat (AKAP) ditinjau dari karakteristik *Marshall*.
2. Untuk menganalisis sifat-sifat Laston AKAP dengan pendekatan spesifikasi Laston Modifikasi (AC-WC<sub>Mod</sub>).

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu bahan rujukan untuk menentukan dan merumuskan Standar Nasional Indonesia (SNI) penggunaan aspal karet alam padat (AKAP) sebagai bahan pengikat untuk perkerasan jalan beraspal.
2. Diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada Kementerian PUPR dalam penyusunan Spesifikasi Teknis untuk campuran beraspal menggunakan AKAP.
3. Diharapkan hasil dari penelitian ini berguna sebagai bahan rujukan atau referensi pengendalian mutu produksi campuran beraspal oleh para pelaksana pekerjaan di bidang jalan.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan Skripsi ini terbagi dalam V bab, adapun garis besar susunannya adalah sebagai berikut :

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

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

##### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas studi kepustakaan, dasar-dasar teori tentang aspal karet alam padat, agregat, campuran beraspal metode pengujian.

##### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini membahas prosedur kerja, serta penjelasan langkah-langkah penelitian.

##### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berisikan tentang hasil kerja terhadap nilai parameter aspal, agregat, dan campuran beraspal, serta menghitung dan menganalisis pengaruh temperatur agregat terhadap karakteristik campuran.

## **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab V berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan beserta saran terkait pengembangan penelitian ini selanjutnya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1. Umum**

Dalam Rencana Strategis Jangka Menengah, Indonesia ditargetkan menjadi negara dengan pendapatan per kapita 14.250-15.500 USD atau salah satu negara dengan pendapatan tinggi pada tahun 2025. Hal ini didukung oleh beberapa peraturan pemerintah yang mengatur mengenai TKDN dan larangan impor, antara lain adalah Peraturan Pemerintah No 29 tahun 2018 mengatur mengenai nilai TKDN minimal 25% dan nilai BMP maksimal 15%, serta Instruksi Presiden No 2 tahun 2021 mengatur mengenai percepatan peningkatan penggunaan produk dalam negeri dan produk usaha mikro, usaha kecil dan koperasi sehingga dapat mengurangi impor paling lambat tahun 2023 sampai 5%.

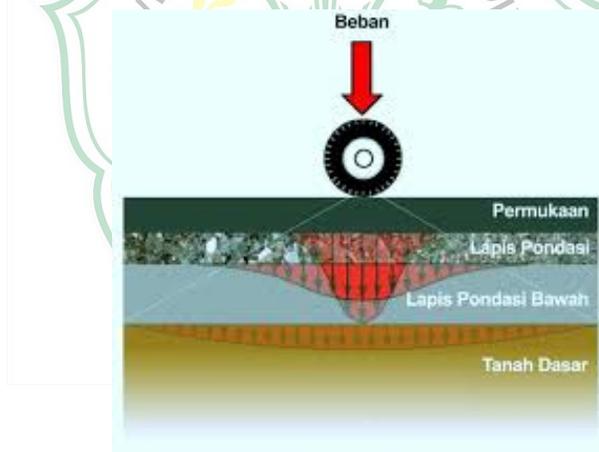
Untuk mencapai hal ini, infrastruktur jalan harus dikembangkan dan dipelihara untuk menjamin tidak adanya hambatan dalam pergerakan barang dan orang yang kemudian mengarah pada pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan. Salah satu langkah strategis adalah dengan mengembangkan dan meningkatkan pendekatan perencanaan dan desain untuk mengakomodasi tantangan – tantangan terkait isu kinerja aset jalan (BPSDM-PUPR, 2016).

Salah satu langkah pemerintah dalam mendorong penggunaan produk lokal adalah dengan memanfaatkan polimer yang berasal dari karet alam sebagai alternatif polimer sintesis dalam campuran aspal. Dari tahun 2019 sampai 2021, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR telah melakukan pembelian karet alam padat SIR 20 sebanyak 53.000 ton untuk diolah menjadi Aspal Karet Alam Padat, selanjutnya disebut AKAP. Namun, di dalam perjalanannya, aspal karet yang menggunakan karet alam padat SIR 20 ini, masih banyak kendala pada proses atau metode pencampuran karet alam padat SIR 20 ke dalam aspal, sehingga membutuhkan waktu pencampuran yang sangat lama dan membutuhkan temperatur pencampuran yang lebih tinggi. Untuk itu perlu dilakukan studi kelayakan teknis antara lain menyiapkan standar mutu serta prosedur pelaksanaan untuk proses pengolahan campuran beraspal dengan AKAP (Pravianto, 2022).

Untuk mendukung kebijakan Pemerintah tersebut di atas di dalam tulisan ini penulis mencoba untuk melakukan studi pengujian karakteristik marshall pada campuran beraspal menggunakan Aspal Karet Alam Padat /AKAP sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada Kemeterian PUPR dalam penyusunan Spesifikasi Teknis untuk campuran beraspal menggunakan AKAP, serta dapat dijadikan sebagai salah satu bahan rujukan untuk menentukan dan merumuskan Standar Nasional Indonesia (SNI). Agar produk karet alam dalam negeri dapat dimanfaatkan secara optimal.

## 1.2. Perkerasan Lentur

Jenis perkerasan jalan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Distribusi Beban Pada Perkerasan Lentur

*Sumber: DPU, 2005*

Perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya (Sukirman, 1999).

Fungsi lapisan-lapisan pada perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) adalah lapisan yang terletak paling atas berfungsi penerima gesekan langsung serta menahan tegangan tarik beban roda, menyebarkan beban ke lapisan bawah, serta sebagai lapisan kedap air untuk melindungi struktur dibawahnya.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan yang terletak di antara lapis fondasi bawah dan lapis permukaan berfungsi sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan, serta menahan gaya lintang dari beban roda dan meyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*)

Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) adalah lapisan yang terletak di atas tanah dasar dan dibawah lapis fondasi atas berfungsi sebagai lapis peresap dan penyebar beban serta sabagai pelindung lapisan tanah dasar.

4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar (*subgrade*) adalah tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar.

Kerusakan jalan memang menjadi salah satu masalah di Indonesia yang sering kali terjadi terutama di jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang padat. Salah satu penyebab kerusakan pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah mutu bahan serta proses pencampuran aspal yang tidak memenuhi standar kelaikan operasi dan produksi (BPSDM-PUPR, 2021).

Lapisan permukaan (*surface course*) pada perkerasan lentur adalah lapisan yang terletak paling atas berfungsi penerima gesekan langsung serta menahan tegangan tarik beban roda, lapisan ini yang paling rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat (Lebang & Lewaherilla, 2021).

Dengan demikian, lapisan permukaan yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, fleksibilitas, ketahanan geser serta ketahanan leleh. Fungsi-fungsi setiap lapisan perkerasan lentur tersebut hanya dapat tercapai apabila perencanaan, mutu bahan pelaksanaan memenuhi ketentuan.

Berdasarkan hal tersebut penulis memilih jenis campuran “**Laston Lapis Aus (AC-WC)**” sebagai objek penelitian ini.

### 1.3. Pengendalian Mutu Campuran Beraspal Panas (*Hotmix*)

Produk campuran beraspal panas atau *hotmix* merupakan suatu kombinasi antara aspal dan agregat yang dicampur di Unit Pencampur Aspal (UPA/AMP) dalam kondisi panas. Pada proses pencampuran, aspal harus dipanaskan hingga diperoleh kekentalan yang mencukupi, agregat yang akan dicampur dengan bahan aspal harus dikeringkan dan dipanaskan terlebih dahulu dengan alat pengering (*drayer*) dalam rentang temperatur tidak melampaui 10°C diatas suhu aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Pengawasan terhadap proses pencampuran yang benar dapat menghasilkan campuran aspal yang berkualitas sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan (BPSDM-PUPR, 2021). Pengendalian temperatur yang tidak sesuai dengan yang disyaratkan akan mempengaruhi konsistensi, durabilitas aspal tentunya juga akan mempengaruhi stabilitas campuran campuran aspal (Imam Aschuri, 2011).

Namun dalam pelaksanaannya masih belum terlaksana dengan baik. Penyimpangan pada proses produksi campuran beraspal Sebagian besar terjadi pada pengendalian temperatur agregat di AMP (Mahmud, 2007). Tahun 2008 Dirjen Bina Marga mengeluarkan Rekomendasi untuk memeriksa semua *Asphalt Mixing Plant* (AMP) sesuai dengan *Pedoman Pemeriksaan AMP* No. 001/BM/2007. Tim Pemeriksa AMP dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional III (BPJN III) yang membawahi Jaringan Jalan Nasional diwilayah Sumbar, Riau, Jambi dan Kepri dengan total panjang jalan sekitar 3617.89 km, dan lebih dari 90 AMP beroperasi diwilayah ini. Dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan oleh tim Pemeriksa AMP BPJN III. Berdasarkan laporan Tim pemeriksa kelaikan AMP Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat, masih ditemukan ketidaksesuaian dalam proses produksi *hotmix* di AMP diantaranya, temperatur pemanasan agregat yang berlebihan (*over heating*), thermometer pada alat pemanas (*dryer*) tidak berfungsi serta tidak terkalibrasi, serta kurangnya pengawasan (Harta, 2022).

Berdasarkan hal tersebut penulis memilih “**temperatur agregat**” sebagai variabel penelitian.

#### 1.4. Aspal Karet Alam Padat (AKAP)

Saat ini bahan aspal untuk perkerasan yang banyak digunakan adalah aspal minyak pen 60 Tipe I. Namun perkerasan jalan beraspal ini banyak terdapat komplain di masyarakat, yaitu kerusakan jalan yang disebabkan karena penggunaan aspal yang kurang tepat diaplikasikan, seperti deformasi plastis, rutting atau alur, dan retak leleh yang disebabkan oleh penuaan aspal yang digunakan (Pravianto, 2022).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dibutuhkan kualitas aspal yang lebih dari aspal tipe 1. Selain itu untuk meningkatkan kualitas aspal tipe 1 perlu dilakukan modifikasi aspal menggunakan bahan tambah aditif. Menurut hasil penelitian Setyoko (2019), penambahan bahan aditif ke dalam suatu aspal bertujuan agar diperoleh aspal yang memiliki fleksibilitas, ketahanan deformasi temperatur, modulus resilien dan ketahanan usang (*ageing*) yang lebih baik, serta lebih tahan rembesan air (Setyoko 2019). Serta untuk meningkatkan kinerja campuran aspal untuk perkerasan yang dalam jangka panjang mengalami deformasi maka perlu penambahan aditif (Thanya, 2016).

Modifikasi aspal dengan bahan tambah polimer sering disebut aspal polimer. Polimer yang digunakan bisa berupa plastomer atau elastomer. Namun, bahan tambahan tersebut kebanyakan masih diimpor, sehingga tidak memberikan nilai tambah bagi produk lokal. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 29 tahun 2018 yang menetapkan nilai TKDN dan Instruksi Presiden No. 2 tahun 2021 yang mengupayakan peningkatan penggunaan produk dalam negeri serta Peraturan Menteri PUPR No. 280 tahun 2022 yang mendukung penggunaan produk dalam negeri dalam proyek PUPR.

Salah satu langkah pemerintah dalam mendorong penggunaan produk lokal adalah dengan memanfaatkan polimer yang berasal dari karet alam sebagai alternatif polimer sintesis dalam campuran aspal. Ada dua jenis karet alam yang dapat digunakan untuk memodifikasi aspal, yaitu lateks cair pekat dan karet alam padat SIR 20 yang harus melalui proses pravailkanisasi terlebih dahulu. Hingga saat ini, lateks cair pekat lebih umum digunakan daripada karet alam padat SIR 20.

Namun, penggunaan lateks cair pekat membuat harga aspal modifikasi menjadi mahal dan sulit dalam penanganannya oleh petani karet di lapangan.

Oleh karena itu, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR melakukan pembelian karet alam padat SIR 20 sebanyak 53.000 ton dari tahun 2019 hingga 2021 untuk digunakan sebagai bahan modifikasi aspal yang diolah menjadi aspal karet alam padat. Pada tahun 2016, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Balitbang Kementerian PUPR melakukan uji coba di ruas Ciawi-Benda. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan karet alam padat SIR 20 sekitar 7% dari berat aspal. Namun, aspal karet dengan karet alam padat SIR 20 menghadapi banyak kendala dalam proses pencampurannya, membutuhkan waktu yang sangat lama dan suhu yang lebih tinggi sehingga menyebabkan pemborosan energi dan lebih banyak penguapan komponen aspal, yang dapat mengakibatkan kehilangan bahan yang signifikan (Pravianto, 2022).

Menurut Prastanto (2015) salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan cara depolimerisasi karet alam padat SIR 20 yang digunakan (Prastanto, 2015). Prastanto (2015) juga menyimpulkan bahwa aspal yang dimodifikasi dengan penambahan aditif karet alam terdepolimerisasi memiliki waktu pencampuran yang lebih cepat daripada aditif karet alam biasa, dan menghasilkan nilai stabilitas dan stabilitas sisa yang memenuhi (Prastanto, 2015).

Pada tahun 2022, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR mengeluarkan Spesifikasi Khusus Interim SKh-2.M.04. Spesifikasi ini digunakan sebagai acuan untuk pelaksanaan pekerjaan aspal karet alam padat mencakup persyaratan teknis aspal modifikasi yang mengandung vulkanisat karet alam padat Standard Indonesian Rubber 20 (SIR 20), yang selanjutnya disebut Aspal Karet Alam Padat/AKAP (Bina Marga, 2022).

#### **1.4.1. Ketentuan Bahan Baku AKAP**

AKAP dibuat dari aspal Tipe I sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga yang berlaku, yang dicampur dengan bahan tambah (*modifier*) vulkanisat yang dihasilkan dari proses termal kompon karet sehingga sifatnya berubah dari plastis menjadi elastis. AKAP diklasifikasikan sebagai aspal modifikasi elastomer (Bina

Marga, 2022). AKAP yang digunakan untuk campuran harus memenuhi sifat-sifat bahan serta campurannya harus sesuai spesifikasi sebagai berikut :

### 1. Karet Alam Padat

Karet alam padat (SIR 20) yang digunakan pada pembuatan aspal karet harus memenuhi persyaratan sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.1). Pengujian karet alam padat harus dikeluarkan oleh laboratorium terakreditasi. Apabila SIR 20 milik Direktorat Jenderal Bina Marga dan berdasarkan hasil Pengujian tidak memenuhi persyaratan, maka penggunaan SIR 20 tersebut harus mendapatkan rekomendasi dari Unit Riset Bogor Getas, Pusat Penelitian Karet.

Tabel 2.1) Persyaratan Karet Alam Padat (SIR 20)

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan *)	Satuan
1	Kadar kotoran (b/b)	ISO 249	$\leq 0,16$	%
2	Kadar abu (b/b)	ISO 247	$\leq 1,0$	%
3	Kadar zat menguap (b/b)	ISO 248	$\leq 0,80$	%
4	<i>PRI (Plasticity Retention Index)</i>	ISO 2930	$\geq 40$	%
5	<i>Po (initial plasticity)</i>	ISO 1795	$\geq 30$	%
6	Kadar nitrogen (b/b)	ISO1656	$\leq 0,6$	%

\*) SNI 1903:2017 Spesifikasi Teknis Karet Alam

### 2. Kompon Karet dan Vulkanisat

Untuk memenuhi persyaratan AKAP dalam spesifikasi ini, SIR 20 yang digunakan terlebih dahulu harus dilakukan proses *compounding* dengan menambahkan bahan kimia padat karet alam padat, seperti sulfur, *accelerator*, pendispersi dan antioksidan, dan dicampur melalui proses penggilingan menggunakan *kneader* atau *banbury mixer* atau *open mill* hingga menjadi campuran homogen yang disebut kompon. Selanjutnya kompon tersebut diproses secara termal menjadi vulkanisat.

#### a) Bahan Pembuat Vulkanisat

Bahan untuk membuat vulkanisat adalah kompon yang berasal dari SIR 20 yang ditambah dengan vulkanisator, aktivator akselerator, *softener/plasticizer*, *anti degradant* dan *filler* yang komposisinya pada umumnya terdiri dari jenis-jenis material yang ditunjukkan dalam Tabel SKh-2.M.04.2)

Tabel 2.2 Proporsi Penggunaan Bahan untuk Pembuatan Kompon Karet

No	Fungsi Material	Jenis Material	Persentase terhadap Polimer Utama (%)
1	Polimer utama	SIR 20	100
2	Vulkanisator	Sulfur, sulfur donor, peroksida	1 - 5
3	Aktivator	- ZnO - Asam Stearat	3 - 6 1 - 2
4	Akselerator	<i>Guanidin/Thiazol/Sulfenamida/Thiuram/Dithiokarbamat</i> atau campuran dari dua macam akselerator	0.5 - 3
5	<i>Softener/plasticizer</i>	Minyak mineral, resin, faktis, <i>aromatic oil</i>	0 - 4
6	<i>Anti degradant</i>	- Antioksidan <i>phenolic</i> (BHT) dan aromatik amina(TMQ) - Antiozonan aromatik amina (6PPD dan IPPD)Antiozonan <i>petroleum wax</i>	1 - 2 1 - 2
7	<i>Filler</i>		Tidak diperbolehkan

Sumber: *Spesifikasi Khusus Interim Skh-2.M.04-2022*

b) Persyaratan Kompon Karet

Kompon karet yang akan dijadikan vulkanisat harus memenuhi persyaratan yang ditunjukkan pada Tabel 2.3). Pengujian kompon karet dilaksanakan di laboratorium yang terakreditasi.

Tabel 2.3 Persyaratan Kompon Karet

No.	Analisis	Metode Pengujian	Kompon Karet
1	Ekstrak aseton, (%)	ASTM D 297-93 (2006)	Min. 5
2	Kadar polimer, (%)	ASTM D 6370-99 (2003) dan ASTM D 297-93 (2006)	Min. 85
3	Kadar karbon, (%)		Maks. 2
4	Kadar abu, (%)		Maks. 8
5	Jenis polimer	ASTM D 3677-10	Gugus <i>Isoprene</i> <i>Rubber Karet</i> Alam

Sumber: *Spesifikasi Khusus Interim Skh-2.M.04-2022*

c) Persyaratan Vulkanisat

Sampel kompon karet di uji karakteristik vulkanisasinya dengan menggunakan alat *Rheometer* (metode ASTM D 5289-17) pada suhu 150°C selama 30 menit untuk mengetahui waktu pematangan optimum dan kemudian dicetak dengan menggunakan mesin *compression molding* dengan tekanan 100 kg/cm<sup>2</sup> dengan waktu yang dihasilkan dari uji menggunakan alat *Rheometer*, yang selanjutnya disebut sampel uji vulkanisat. Vulkanisat harus memiliki sifat yang memenuhi persyaratan pada Tabel 2.4. Pengujian vulkanisat harus dilaksanakan di laboratorium yang terakreditasi.

Tabel 2.4 ) Persyaratan Vulkanisat

No.	Parameter Uji Vulkanisat	Metode	Persyaratan
1	<i>Hardness, shore A</i>	ASTM D 2240 -15	30-50
2	<i>Tensile strength, N/mm<sup>2</sup></i>	ISO 37:2017	> 15
3	<i>Elongation at break, %</i>		> 450
<b>Setelah Ageing 100 0C 20 jam (ISO 188)</b>			
4	Perubahan <i>Hardness</i> ,	ASTM D 2240	+10 dari asli

	<i>shore A</i>	-15	
5	<i>Tensile strength, N/mm<sup>2</sup></i>	ISO 37:2017	> 2
6	<i>Elongation at break, %</i>		> 100

Sumber: *Spesifikasi Khusus Interim Skh-2.M.04-2022*

#### 1.4.2. Ketentuan Bahan Jadi AKAP

Proses produksi AKAP Vulkanisat dalam bentuk butiran atau lonjoran/lempengan dengan ukuran maksimum lolos saringan No. 8 (2,38 mm) yang dihasilkan dari alat pengecil ukuran seperti disk mill, cracker mill, yang akan dicampur dengan aspal Tipe I. Selanjutnya dimasukkan ke dalam homogenizer bersama sama dengan aspal panas sehingga ukurannya menjadi lebih kecil lagi yang dapat masuk ke dalam *colloid mill*. Proses penghalusan vulkanisat dalam *colloid mill* harus terus dilakukan hingga mendapatkan ukuran vulkanisat sekecil mungkin untuk mencegah segregasi pada AKAP yang dihasilkan.

Untuk mendapatkan aspal karet dengan *Performance Grade 70* (PG-70) dan *Performance Grade 76* (PG-76) yang sesuai dengan Tabel 2.5), persentase vulkanisat masing-masing diperkirakan 5-7% dan 7-9% terhadap aspal Tipe I.

**Tabel 2.5 Persyaratan AKAP**

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe II Aspal Modifikasi	
			AKAP	
			PG 70	PG 76
<b>Original Binder</b>				
1	Penetrasi pada 25 °C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	Dilaporkan 1)	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/dtk $\geq 1,0$ kPa,(°C)	SNI 06-6442-2000	70	76
3	Viskositas pada 135 oC dengan : • <i>Rotational viscometer</i> (Pa.s),	SNI 06-6441-2000 Atau SNI 7729:2011	$\leq 3,0$ $\leq 3.000$	

	• <i>Saybolt furol viscometer</i> (cSt)			
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	Dilaporkan 2)	
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	> 230	
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	SNI 2438:2015	> 99	
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	Dilaporkan	
8	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 7173-20 SNI 2434:2011	< 2,2	
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :</b>				
9	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	< 1	
10	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/dtk $\geq 2,2$ kPa,(°C)	SNI 06-6442-2000	70	76
<b>Residu aspal segar setelah PAV (SNI ASTM D 6521:2012) pada temperatur 100 °C dan tekanan 2,1 MPa</b>				
11	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\leq 5000$ kPa, (°C) 3)	SNI 06-6442-2000	31	34
<p>1) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan nilai penetrasi hasil uji di lapangan tidak boleh berbeda lebih dari 5 (0,1 mm) dari hasil uji yang dilaporkan.</p> <p>2) Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan titik lembek diterima kalau paling sedikit memiliki nilai -1 dari nilai titik lembek yang dilaporkan</p> <p>3) Bila geser dinamis <i>fatigue factor</i> (<math>G^*\sin\delta</math>) lebih kecil dari 5.000 kPa, maka <math>\delta</math> tidak harus memenuhi ketentuan.</p>				

Bila geser dinamis *fatigue factor* ( $G^*\sin\delta$ ) 5.000 kPa sampai dengan 6.000 kPa, maka  $\delta$  harus memenuhi ketentuan.

(Sumber: *Spesifikasi Khusus Interim Skh-2.M.04-2022*)

### 1.5. Bahan Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat thermoplastis) (Sukirman, 1999).

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan hasil proses residu dari destilasi minyak bumi. Fungsi dari aspal sangat berhubungan erat dengan karakteristik campuran beraspal. Apabila aspal yang mengisi rongga dalam campuran beraspal (Voids Filled with Asphalt/ VFA) berlebih dari persyaratan yang sudah ditentukan, maka perkerasan beraspal tersebut akan mudah terjadi kerusakan seperti alur (*rutting*) setelah dilewati kendaraan. Dan apabila aspal yang mengisi rongga dalam campuran beraspal kurang dari persyaratan yang sudah ditentukan, maka akan mudah terjadi kerusakan seperti retak dan pelepasan butiran pada perkerasan tersebut (Sukirman, 2003).

Fungsi utama aspal dalam campuran beraspal yaitu:

- 1 Sebagai bahan pengikat yang memberikan ikatan-ikatan kuat antara butir agregat dalam campuran.
- 2 Sebagai bahan pengisi yang berfungsi mengisi rongga antara butir agregat dan rongga yang ada dalam butir agregat itu sendiri.

Dengan demikian han aspal yang digunakan untuk perkerasan jalan harus mempunyai daya tahan (aging) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik agar diperoleh umur pelayanan yang maksimal (Suroso, 2007).

### **1.5.1. Sifat-Sifat Kimia Aspal**

Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah (2004) menjelaskan bahwa aspal memiliki susunan kimia yang sangat kompleks dengan sifat unsur-unsur di dalamnya yang tumpang tindih sehingga sangat sulit untuk dilakukan analisa kimia dan membutuhkan peralatan laboratorium yang canggih. Susunan molekul aspal didominasi oleh 90%-95% karbon dan hidrogen, dan sisanya (5%-10%) adalah heteroatom dan logam. Jenis dan kandungan heteroatom dalam aspal sangat ditentukan oleh sumber minyak mentah dan tingkat penuaannya. Sulfur pada heteroatom lebih reaktif dibandingkan karbon dan hidrogen dalam mengikat oksigen, sehingga aspal dengan kandungan sulfur yang tinggi akan mengalami penuaan yang lebih cepat dari pada aspal yang mengandung sedikit sulfur. Secara garis besar unsur kimia yang terkandung di dalam aspal dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu: asphalten dan malten (Dirjen Praswil, 2004).

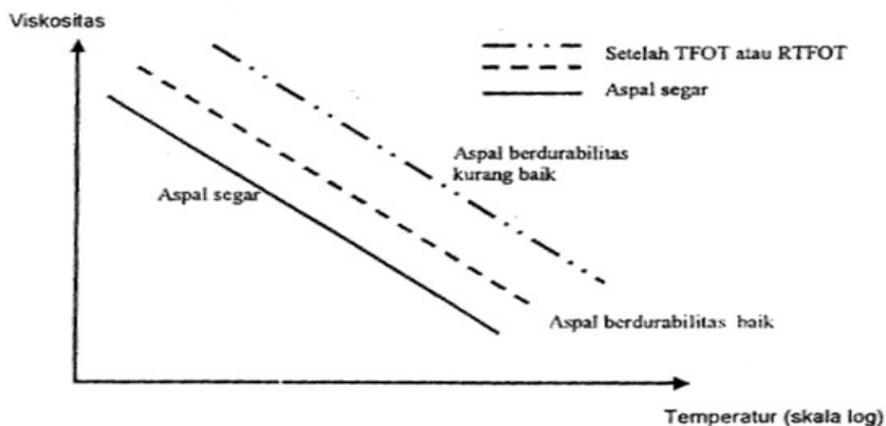
Asphalten merupakan unsur kimia aspal yang padat dan tidak larut dalam n-penten. Asphalten memiliki warna coklat sampai hitam yang mengandung karbon dan hidrogen dengan perbandingan 1:1, kadang-kadang juga mengandung nitrogen, sulfur dan oksigen. Molekul asphalten memiliki ukuran antara 5-30 nano meter. Asphalten yang terkandung dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologinya. Kandungan asphalten yang tinggi akan menjadikan aspal lebih keras sehingga nilai penetrasinya menjadi rendah, nilai titik lembek dan tingkat kekentalan aspal menjadi tinggi.

Malten merupakan unsur yang terdiri dari resin, aromatik dan saturated. Resin mempunyai sifat sangat polar yang berperan sebagai zat pendispersi asphalten dalam aspal.

### **1.5.2. Sifat-Sifat Fisik Aspal**

Menurut Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah (2004), sifat-sifat aspal akan mengalami perubahan secara signifikan pada saat pencampuran, pengangkutan, dan penghamparan campuran beraspal di lapangan sehingga akan berpengaruh terhadap kinerja perkerasannya. Diantara sifat-sifat fisik aspal yang sangat mempengaruhi kinerja campuran beraspal yaitu: durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap temperatur, pengerasan dan penuaan.

Durabilitas aspal merupakan kemampuan dan ketahanan aspal dalam menghambat laju penuaannya. Pengujian durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal dalam mempertahankan sifat-sifat awalnya akibat proses penuaan. Pengujian ini dilakukan pada aspal yang telah mengalami Pressure Aging Vessel (PAV), Thin Film Oven Test (TFOT) dan Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT). Viskositas dan penetrasi akan berubah jika aspal mengalami pemanasan dan penuaan. Aspal dengan durabilitas yang baik hanya sedikit mengalami perubahan tersebut.



Gambar 2.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Aspal (Pusat Penelitian Jalan dan Jembatan, 2010).

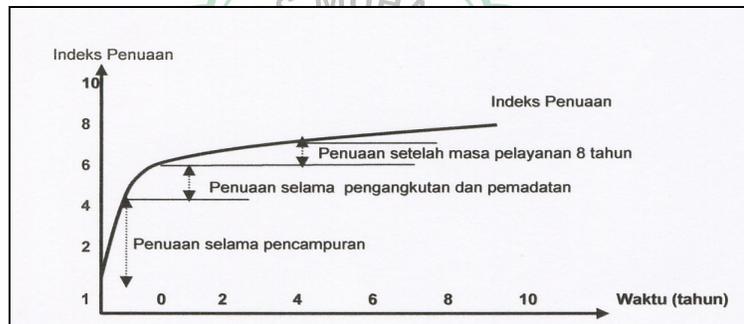
Viskositas aspal akan berkurang dengan bertambahnya temperatur, hubungan antara temperatur dan viskositas akan berbeda untuk tipe dan grade aspal yang berbeda. viskositas pada aspal keras yang ideal saat pencampuran yaitu  $170 \pm 20$  centistoke sedangkan saat pemadatan  $280 \pm 30$  centistoke,

Adhesi adalah kemampuan antar partikel aspal untuk saling melekat, sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Uji daktilitas merupakan salah satu uji kualitatif yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat adesifnes atau daktilitas aspal keras. Untuk mengetahui daya lekat (kohesi) aspal terhadap batuan dapat digunakan uji penyelimutan aspal terhadap batuan (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

Konsistensi aspal akan berubah sejalan dengan perubahan temperatur. Temperatur pemanasan maksimum aspal adalah  $170^{\circ}\text{C}$  untuk aspal polimer atau

aspal modifikasi, dan 160°C untuk jenis aspal keras. Hal ini dibutuhkan untuk menghasilkan temperatur campuran beraspal panas (*hotmix*)  $\pm 150^\circ\text{C}$  (Direktorat Jendral Bina Marga, 2007).

Penuaan aspal merupakan suatu parameter yang penting untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal (penuaan jangka pendek) dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang). Kedua macam proses penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal tersebut. Peningkatan kekakuan ini juga akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan mendistribusikan beban, Tetapi akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas sehingga akan cepat retak dan menurunkan ketahanannya terhadap perulangan beban (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).



Gambar 2.3 Kecepatan Penuaan Aspal (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

### 1.5.3. Kepekaan aspal terhadap temperatur

Aspal adalah bahan perekat, pengisi dan bahan anti air untuk perkerasan jalan, yang terdiri dari struktur yang kompleks. Pada suhu ruang, resin berfungsi sebagai peptisadsi asphalten. Fungsi ini menyebabkan aspal agak kaku pada temperatur ruang dan pada temperatur tinggi resin dan parafin akan meleleh sehingga aspal menjadi lunak. Karakteristik aspal dipengaruhi oleh Konsistensi (penetrasi, kekentalan, titik lembek, daktilitas, kelekatan, pelapukan (*aging*) dll.

Untuk memperoleh kinerja yang baik dari perkerasan beraspal selama umur rencana, diperlukan penyesuaian temperatur agregat dengan aspal yang

digunakan dalam campuran. Viscositas dan temperatur aspal pen 60/70 yang digunakan untuk campuran sesuai dengan ketentuan yaitu 155 derajat celsius (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Dengan demikian kepekaan aspal terhadap temperatur adalah suatu hal yang penting dalam pembuatan campuran dan perkerasan beraspal.

### 1.6. Bahan Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman, 1999). Dengan demikian kualitas pekerjaan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu-lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, penyerapan air, berat jenis, dan daya pelekatan terhadap aspal. Persyaratan untuk jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan untuk bahan campuran beraspal harus memenuhi ketentuan sesuai Tabel berikut :

Tabel 2.1 Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SNI 7619:2012	100/90
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791-10	Maks. 5%
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: (Spesifikasi Bina Marga 2018)

Tabel 2.2 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%

Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 3-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butiran mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: (Spesifikasi Bina Marga 2018)

### 1.6.1. Ukuran butiran agregat

Ukuran butir agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai yang kecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang dipakai, semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut. Mineral pengisi dan mineral abu dapat diperoleh secara alamiah atau dapat juga dihasilkan dari proses buatan (pemecahan batuan). Mineral ini sangat penting untuk memperoleh hasil campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) menjelaskan istilah dan ketentuan yang digunakan dengan ukuran butir agregat, yaitu :

- a. Agregat kasar, merupakan agregat yang tertahan saringan no.4 (4,75 mm) dan harus batu pecah hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*).
- b. Agregat halus, merupakan bahan yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) dan harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah. Pasir dan hasil pengayakan batu pecah harus dibedakan tumpukannya sehingga persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik. Penggunaan pasir dalam campuran AC diperbolehkan maksimum adalah 15% terhadap berat total campuran.

### 1.6.2. Kebersihan Agregat

Persyaratan kebersihan agregat yaitu dengan memberikan batasan jenis dan jumlah material yang tidak diinginkan seperti lumpur dan partikel lainnya pada agregat telah diatur dalam spesifikasi teknis. Agregat yang kotor akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan, seperti berkurangnya ikatan antar aspal dengan agregat. Kebersihan agregat dapat diuji dilaboratorium dengan analisa saringan basah, yaitu dengan menimbang agregat sebelum dan sesudah dicuci lalu membandingkannya, sehingga akan memberikan persentase agregat

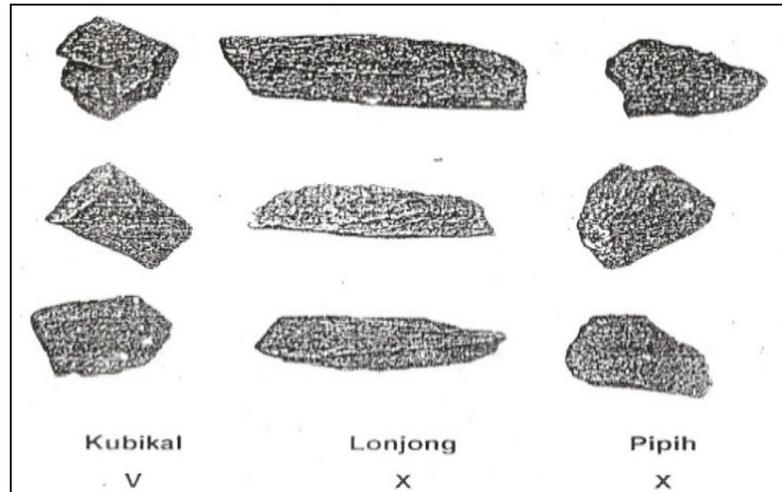
yang lebih halus dari 0,075 mm (saringan No.200). Pengujian setara pasir (sand equivalent test) adalah satu metoda lain yang biasanya digunakan untuk mengetahui proporsi relative dari partikel lempung yang terdapat dalam agregat yang lolos saringan 4,75 mm (saringan No.4) (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

### **1.6.3. Kekerasan Agregat**

Seluruh agregat yang digunakan untuk bahan campuran perkerasan harus kuat, mampu menahan abrasi dan degradasi selama proses produksi dan pemadatan di lapangan. Agregat yang digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan harus lebih keras dari pada agregat yang digunakan untuk lapis dibawahnya. Kekuatan agregat dapat diketahui dengan melakukan pengujian dilaboratorium, biasanya dilakukan uji abrasi dengan mesin Los Angeles (Los Angeles Abrasion Test), uji beban kejut (*impact test*) dan uji ketahanan terhadap pecah (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

### **1.6.4. Bentuk butir agregat**

Butiran agregat dapat berbentuk bulat (*rounded*) sampai bersudut (angular) dengan jenisnya kubikal, pipih dan lonjong. Bentuk butir agregat ini dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan selama penghamparan, adalah dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya. Bentuk partikel agregat yang memberikan ikatan saling mengunci (*interlocking*) antar agregat yang baik dapat menahan perpindahan (*displacement*) agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan agregat yang memiliki lebih dari satu bidang pecah akan menghasilkan ikatan antar agregat yang paling baik (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).



Gambar 1.6 Gambar 2.1 Tipikal Bentuk - Bentuk Agregat (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

#### 1.6.5. Tekstur permukaan agregat

Tekstur permukaan agregat akan memberikan sifat ketahanan terhadap gelincir (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan, selain itu juga merupakan faktor lainnya yang menentukan kekuatan, workabilitas dan durabilitas campuran beraspal. Permukaan agregat dengan tekstur yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekerasan permukaannya sehingga tidak mudah bergeser. Kekasaran permukaan agregat akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga meningkatkan keamanan kendaraan. Film aspal juga lebih mudah merekat pada permukaan agregat yang memiliki tekstur kasar. Namun tekstur permukaan agregat yang sangat kasar memiliki koefisien gesek yang tinggi sehingga akan menurunkan workabilitasnya. Oleh sebab itu penggunaan agregat bertekstur halus dengan proporsi tertentu kadang juga dibutuhkan untuk membantu meningkatkan workabilitasnya. (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

#### 1.6.6. Daya serap agregat

Banyaknya zat cair yang dapat diserap oleh agregat ditentukan keporusan agregat tersebut. Informasi kemampuan agregat dalam menyerap air dan aspal adalah sangat penting dan harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal.

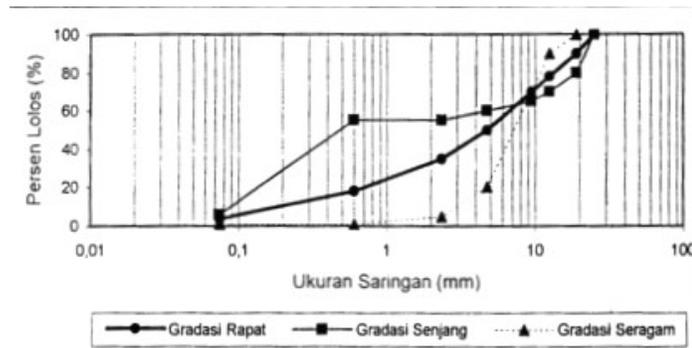
Jika daya serap agregat sangat tinggi, maka bisa saja agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP). Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang tipis. Oleh karena itu, agar campuran yang dihasilkan tetap baik, agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).

### 1.6.7. Kelekatan Terhadap Aspal

Agregat yang digunakan sebagai bahan campuran lapis perkerasan harus memiliki daya lekat yang baik terhadap aspal. Kelekatan yang baik pada aspal akan membuat agregat dengan mudah terselimuti oleh aspal sehingga menghasilkan campuran yang homogen dan kuat (Waani, 2013).

### 1.7. Proporsi Agregat Campuran

Didalam spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat inilah yang dinamakan gradasi agregat. Gradasi agregat adalah variasi ukuran butir agregat. Ukuran butir agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas dan stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan analisa saringan, dimana contoh material agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaring kawatnya per inci persegi dari saringan tersebut. (Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, 2004).



Gambar 2.4 Contoh Tipikal Jenis Gradasi Agregat

Tabel 2.4 Amplop gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal

Ukuran Ayakan		Laston (AC)		
		WC	BC	Base
1½"	37,5			100
1"	25,0		100	90 – 100
¾"	19,0	100	90 – 100	76 – 90
½"	12,5	90 - 100	75 – 90	60 – 78
⅜"	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	0,600	14 - 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 - 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 - 12	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 - 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: (Spesifikasi Bina Marga 2018)

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, serta harus memenuhi syarat yang telah ditentukan. Rancangan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3).

### 1.8. *Design Mix Formula (DMF)*

Design Mix Formula (DMF) atau Rancangan Agregat Campuran bertujuan untuk menentukan proporsi campuran dan kadar aspal efektif. Kadar aspal efektif dapat ditentukan berdasarkan hasil perhitungan sifat campuran dari masing-masing kadar aspal. Pembuatan rancangan proporsi agregat menggunakan metode analitis dengan rumus:

$$\text{Rumus : } P = aA + bB + cC \dots\dots\dots(2.1)$$

- P = % lolos saringan dengan bukaan d diameter (spesifikasi)
- A= % lolos saringan fraksi (agregat kasar)
- B= % lolos saringan fraksi (agregat halus)
- C= % lolos saringan fraksi (filler)
- a= proporsi dari fraksi (agregat kasar)
- b= proporsi dari fraksi (agregat halus)
- c= proporsi dari fraksi (filler)
- (a+b+c) = 1 atau 100 %

### 1.9. Metode Pengujian Marshall

Prinsip dasar metode pengujian *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelehan plastis sedangkan kelelahan (*flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan, serta analisis kepadatan dan pori dari campuran yang dibentuk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

- Rumus: ..... (2.2)
- Stabilitas = pembacaan arloji tekan × koreksi proving ring
  - Flow* = dari bacaan arloji pengukur *flow*
  - VIM =  $G_{mm} - ((G_{mb}/G_{mm}) \times 100)$
  - VMA =  $100 - (G_{mb} \times \% \text{agregat} / G_{sb})$
  - VFB =  $100 \times (VMA - VIM) / VMA$
  - $G_{mb}$  = berat contoh kering / isi contoh
  - $G_{sb}$  =  $100 / (\% \text{agregat kasar} + \% \text{agregat halus} + \% \text{filler})$

Tabel. 2.5 Ketentuan sifat-sifat campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran Laston	(AC-WC)
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rasio partikel lolos ayakan 0.075 dengan kadar aspal efektif	0.6 – 1.2
Rongga dalam campuran (%)	3.0 – 5.0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min. 15
Rongga terisi aspal (%)	Min. 65

Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 800
Pelelehan (mm)	2.0 – 4.0
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa setelah perendaman 24 jam. 60°C	Min. 90

Sumber : (Spesifikasi Bina Marga 2018)

Tabel. 2.6 Ketentuan sifat-sifat campuran Laston Modifikasi (AC Mod)

Sifat-sifat Campuran Laston	(Lapis Aus)
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rasio partikel lolos ayakan 0.075 dengan kadar aspal efektif	0.6 – 1.6
Rongga dalam campuran (%)	3.0 – 5.0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min. 15
Rongga terisi aspal (%)	Min. 65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 1000
Pelelehan (mm)	2.0 – 4.0
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa setelah perendaman 24 jam. 60°C	Min. 90

Sumber : (Spesifikasi Bina Marga 2018)

Tabel 2.7 Ketentuan viskositas & temperatur aspal untuk pencampuran

Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (Pa.s)	Perkiraan temp (°C)
Pencampuran benda uji <i>Marshall</i>	0,17 ± 0,02	165 ± 1
Pemadatan benda uji <i>Marshall</i>	0,28 ± 0,03	155 ± 1

Sumber : (Spesifikasi Bina Marga 2018)

### 1.10. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terkait sebelumnya tentang pengaruh temperatur campuran terhadap kinerja perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.7).

Tabel 2.7 Penelitian sebelumnya tentang pengaruh suhu campuran

No	Penulis/ Tahun	Judul Penelitian	Instansi / Sumber
----	-------------------	------------------	----------------------

1	Widodo.S (2013)	Resistance of Fine Graded Asphalt Concrete Wearing Course to Rutting at Varying Temperatures and Densities	Journal of Civil and Environmental Reserch (IISTE), Vol.3
2	Yuristian (2014)	Kajian Deformasi, Stabilitas Dinamis dan Umur Rencana dari Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Pen 60-70 Akibat Variasi Temperatur Pencampuran	Universitas Andalas
3	Yumardi (2015)	Kajian Deformasi, Stabilitas Dinamis dan Prediksi Umur Layanan dari Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Akibat Variasi Lama WaktuPencampuran	Universitas Andalas
4	Kalani F. (2015)	Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Stabilitas Dinamis dan Umur Layanan Lapis Perkerasan AC-WC.	Universitas Andalas
5	Yossyafra, M. dkk (2017)	Prediction of Service Live of Asphalt Concrete Wearing Course Using Wheel Tracking Test Data For Temperatur Variation In Mixing and Compaction	International Journal of Civil Engineering and Tecnology (IJCIET),Vol. 8,
6	Farid Harta (2022)	Analysis of Aggregate Temperature Using The Substitution Method on Stability and Volumetric Of Marshall In Asphalt Concrete.	Journal of Scientech Research and Development Volume 4

Berdasarkan tabel di atas terdapat 5 penelitian yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Adapun penelitian terkait tersebut yakni Widodo (2013) melakukan kajian tentang ketahanan campuran terhadap temperatur. Adapun hasil penelitiannya yakni menyebutkan bahwa temperatur

pencampuran yang tinggi membuat kepadatan perkerasan tidak memberikan pengaruh yang signifikan dalam menahan deformasi.

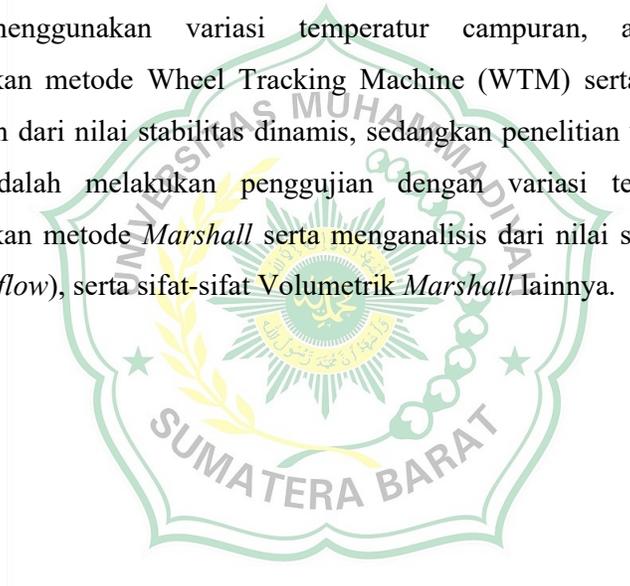
Namun pada penelitian terkait selanjutnya yakni Yuristian (2014) dimana tujuan penelitiannya adalah untuk melakukan kajian deformasi dan stabilitas dinamis akibat variasi temperatur pencampuran dengan menggunakan alat WTM. Hasil pengujian dalam penelitiannya menyebutkan bahwa; (1) pengaruh yang terjadi akibat variasi temperatur pencampuran terhadap deformasi yaitu nilai deformasi yang diperoleh semakin besar setiap kenaikan ataupun setiap penurunan dari temperatur pencampuran ideal; (2) temperatur pencampuran yang ideal adalah pada temperatur 155°C; (3) pengaruh yang terjadi akibat variasi temperatur pencampuran bahwa nilai stabilitas dinamis semakin rendah setiap kenaikan ataupun setiap penurunan dari temperatur pencampuran ideal (155°C); dan (4) terjadi pengurangan umur layanan akibat kenaikan ataupun penurunan setiap 10°C dari temperatur pencampuran ideal.

Yumardi (2015) telah melakukan kajian deformasi dan stabilitas dinamis terhadap waktu pencampuran dengan memakai alat WTM. Adapun hasil penelitian ini diantaranya; (1) pengaruh yang terjadi akibat lama pencampuran terhadap deformasi yaitu nilai deformasi akan cenderung turun apabila lama pencampuran dinaikkan tiap 10 detik sampai lama waktu pencampuran 35 detik dan nilai deformasi akan cenderung naik apabila lama waktu pencampuran dinaikkan tiap 10 detik setelah waktu pencampuran 35 detik; dan (2) pengaruh yang terjadi akibat lama pencampuran (mixing time) bahwa nilai stabilitas dinamis yang terjadi semakin meningkat mulai dari lama pencampuran 15 detik sampai dengan 35 detik. Ketika lama pencampuran dari 35 detik dinaikkan sampai dengan 65 detik maka nilai stabilitas dinamis akan kembali turun.

Kalani (2015) telah melakukan penelitian pengaruh temperatur pemadatan terhadap stabilitas dinamis dan umur layanan lapis campuran perkerasan AC-WC. Hasil penelitian ini ditemukan bahwa nilai stabilitas dinamis yang terjadi semakin rendah pada setiap penurunan 10°C dari temperatur pemadatan ideal (135°C) dan nilai stabilitas dinamis juga semakin rendah setiap kenaikan 10°C dari temperatur pemadatan ideal (135°C) dan terjadi pengurangan umur layanan akibat kenaikan ataupun penurunan tiap 10°C dari temperatur pemadatan ideal (135°C).

Yossyafra dkk (2017) menyimpulkan bahwa temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan berpengaruh signifikan terhadap umur layanannya. Umur layanan akan berkurang sekitar 10% jika temperturnya dibawah ataupun diatas 20°C dari temperatur pencampuran ideal. Sedangkan dalam proses pemadatan, pengurangan umur layanan sekitar 2% untuk penurunan temperatur tiap 10°C mulai dari temperatur pemadatan ideal, dan umur layanan akan berkurang sekitar 10% jika temperatur pemadatan diturunkan sampai 50°C dari temperatur ideal.

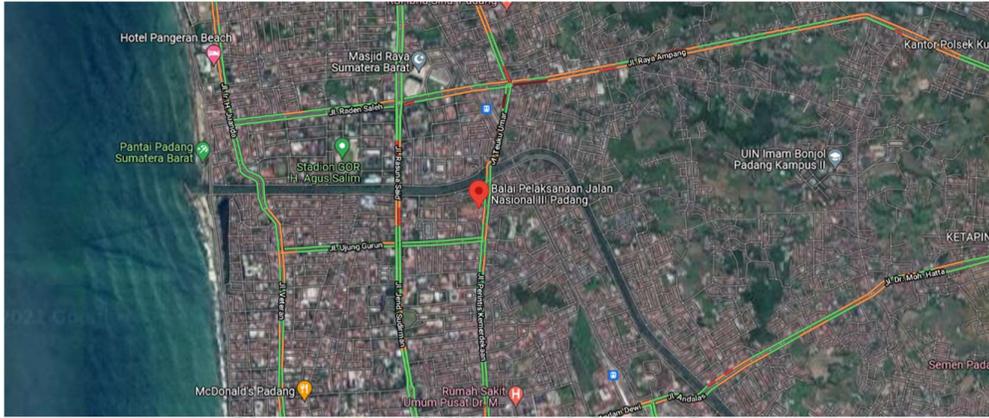
Berdasarkan penelitian terkait sebelumnya terdapat persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan. Adapun persamannya penelitian ini sama-sama mencari pengaruh temperatur terhadap kinerja campuran beraspal panas (*hotmix*). Namun perbedaan penelitian terkait sebelumnya menguji dengan menggunakan variasi temperatur campuran, aspal, pemadatan menggunakan metode Wheel Tracking Machine (WTM) serta menganalisisnya berdasarkan dari nilai stabilitas dinamis, sedangkan penelitian yang akan peneliti lakukan adalah melakukan pengujian dengan variasi temperatur agregat menggunakan metode *Marshall* serta menganalisis dari nilai stabilitas *Marshall*, pelelehan (*flow*), serta sifat-sifat Volumetrik *Marshall* lainnya.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat. Laboratorium ini merupakan bagian dari Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sumatera Barat yang berfungsi sebagai menyelenggarakan dalam pelaksanaan kegiatan pengujian, pemantauan dan pengendalian mutu dan hasil pekerjaan konstruksi, beralamat di Jalan Jati No. 109 Padang, Sumatera Barat. Indonesia.  $0^{\circ}56'07.2''\text{S}$   $100^{\circ}21'57.4''\text{E}$ .



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian (*Google Maps, 2024*)

### 3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian Deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian yang bersifat deskriptif merupakan penelitian yang memberikan gambaran secara cermat terkait suatu kejadian, gejala, baik secara individu maupun kelompok (Masyhuri, 2011). Kemudian, metode kuantitatif dalam penelitian ini berlandaskan pada filsafat positif yang digunakan untuk meneliti sampel tertentu dengan mengumpulkan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data yang bersifat kuantitatif dengan tujuan menguji hipotesis yang telah ditentukan (Sugiyono, 2016).

### 3.3. Variabel Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan dua variabel yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas atau disebut juga sebagai *independent variable* merupakan

variabel yang dianggap sebagai penyebab munculnya variabel terikat yang diduga sebagai akibatnya. Sedangkan variabel terikat (*dependent variable*) merupakan variabel (akibat) yang dipradugakan mengikuti perubahan variabel-variabel bebas.

- a. Variabel bebas (*independent*) = Temperatur agregat (X)
- b. Variabel terikat (*dependent*) = Karakteristik Marshall

### 3.4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dimulai dari tahap pemeriksaan bahan (agregat dan aspal), data dari pengujian campuran dan benda uji *marshall*. Selanjutnya pengumpulan data di lakukan pada benda uji *marshall* dengan temperatur agregat telah divariasikan. Berikut bahan serta metode standar pengujian yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penelitian ini :

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Jenis Bahan		Sumber
1	Agregat Kasar	Split 1-2	PT. Tri Jaya Putra
2	Agregat Medium	Split 0.5-1	PT. Tri Jaya Putra
3	Agregat Halus	Abu batu	PT. Tri Jaya Putra
4	Aspal	AKAP PG 70	BPJN Sumbar
5	Filler	Semen PCC	Semen Padang

Tabel 3.3 Jenis pengujian, peralatan penelitian dan metode pengujian

No	Jenis Pengujian	Alat	Metode Pengujian
1	<b>Agregat Kasar</b>		
	Berat jenis dan penyerapan	Alat Uji Berat Jenis	(SNI 1969-2016)
	Abrasi	Los Angeles	(SNI 2417-2008)
	Analisa Saringan	Shift Analisis	(SNI ASTM C136:2012)
	Kekekalan agregat $MG_2SO_4$	Uji kelarutan	(SNI 3407-2008)
	Pipih lonjong	Alat Uji pipih lonjong	(ASTM D4791-10)
	Kelekatan thd aspal	Alat uji kelekatan aspal	(SNI 2439-2011)
	Angularitas	Alat uji angularitas	(SNI 7619:2012)
2	<b>Agregat Halus</b>		
	Berat jenis dan penyerapan	Alat Uji Berat Jenis	(SNI 1970-2016)
	Material lolos no.200	Shaker	(SNI ASTM C117:2012)
	Setara pasir	Sand Equivalent	(SNI 03-4428-1997)
3	<b>Aspal pen 60/70</b>		
	Penetrasi aspal keras	Mesin Penetrasi	(SNI 2456-2011)
	Berat jenis aspal keras	Alat Uji Berat Jenis	(SNI 2441-2011)
	Titik nyala aspal	Cleveland Electric	(SNI 2433-2011)
	Titik lembek aspal	Softening point test	(SNI 2434-2011)
	Daktilitas aspal	Ductility Machine	(SNI 2432-2011)
	Viskositas aspal	Viskositas	(ASTM D2170-10)
	Penurunan Berat	Oven TFOT	SNI 06-2440-1991
4	<b>Campuran</b>		
	Uji <i>Marshall</i>	<i>Marshall Test</i>	(SNI 06-2489-1991)
	Berat Jenis Campuran Maksimum (GMM)	Vacum Pump dan Erlemeyer	(AASHTO T-166)

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018

### 3.5. Cara Pelaksanaan Pengujian

Sebelum melakukan persiapan benda uji campuran, bahan material agregat dan aspal terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan propertis di laboratorium. Selanjutnya pembuatan benda beberapa tahap sebagai berikut:

#### A. Persiapan peralatan pengujian

- 1) Tiga buah cetakan benda uji yang berdiameter 10,16 dan tinggi 7,62cm lengkap dengan pelat alas dan leher sambung;
- 2) Mesin penumbuk otomatis;
- 3) Alat pengeluaran benda uji, Spatula, sendok pengaduk

- 4) Timbangan digital ketelitian 0,01 gr
- 5) Bak perendam dan keranjang
- 6) Alat Marshall lengkap dengan arloji pengukur dan
- 7) alat pendukung lainnya

#### B. Persiapan bahan

- 1) Agregat dikeringkan selama minimal 4 jam pada suhu 105–110 °C. Kemudian, keluarkan agregat dari oven atau alat pengering. Tunggu sampai berat agregat tersebut tetap;
- 2) Pisah-pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang diinginkan menggunakan teknik penyaringan
- 3) Panaskan aspal sampai mencapai *viscositas* atau tingkat kekentalan yang disyaratkan (165°C).
- 4) Dilakukan pencampuran untuk setiap benda uji, agregat yang diperlukan sebanyak sebanyak  $\pm 1200$  gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira  $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ .
- 5) Panaskan panci pencampur bersamaan dengan agregat sesuai dengan variasi temperatur yang diinginkan.
- 6) Tuangkan aspal yang sudah mencapai suhu 165°C sebanyak yang diperlukan ke dalam agregat yang telah dipanaskan; kemudian aduk sampai agregat dapat menutupi aspal secara merata.

#### C. Pembuatan Benda Uji Marshall

- 1) Dengan hati-hati bersihkan perlengkapan cetakan dan bagian muka penumbuk; kemudian panaskan benda uji antara 93,3°C hingga 148,9°C;
- 2) Letakkan cetakan di atas landasan pemadat tahan dengan pemegang cetakan, masukkan kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan;
- 3) Masukkan semua campuran tadi ke dalam cetakan, kemudian tusuk-tusuk campuran tersebut dengan keras-keras menggunakan spatula yang keliling pingirnya telah dipanaskan sebanyak 15 kali sedangkan bagian tengah sebanyak 10 kali;

- 4) Gunakan alat penumbuk untuk melakukan pemadatan sebanyak 75 kali, tumbukkan setiap bolak balik untuk lalu lintas berat dengan tinggi jatuh 457,2 mm;

#### D. Persiapan Pengujian *Marshall*

- 1) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel;
- 2) Masing-masing benda uji harus diberi tanda pengenal;
- 3) Tinggi benda uji diukur dengan ketelitian 0,1 mm. dan timbang;
- 4) Rendam dalam air dalam kurun waktu 24 jam pada suhu ruangan;
- 5) Timbang dalam air untuk memperoleh isi;
- 6) Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh;
- 7) Bersihkan *guide rod* atau dikenal dengan batang penuntun dan kemudian juga bersihkan permukaan dalam dari kepala penekan, sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas (bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu 21,1 – 37,8°C untuk mengurangi lengketnya benda uji terhadap permukaan dalam kepala penekan).

#### E. Pengujian *Marshall*

Data hasil beton aspal padat diperoleh dengan menimbang berat masing-masing benda uji yaitu berat kering, berat dalam air dan berat kering permukaan (SSD). Dari perhitungan masing-masing berat benda uji tersebut dapat diperoleh nilai Volumetrik *Marshall* nya. Setelah dilakukan pemeriksaan volumetriknya, kemudian selanjutnya ketahap pengujian stabilitas dan flow, tahapan sebagai berikut:

- 1) Rendam benda uji dalam *water bath* dengan suhu tetap 60C).
- 2) Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen kepala penekan dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- 3) Pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- 4) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;

- 5) Atur jarum arloji ke angka nol; waktu yang diperlukan untuk mencapai beban maksimum sekitar 30 detik
- 6) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit dan catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji.

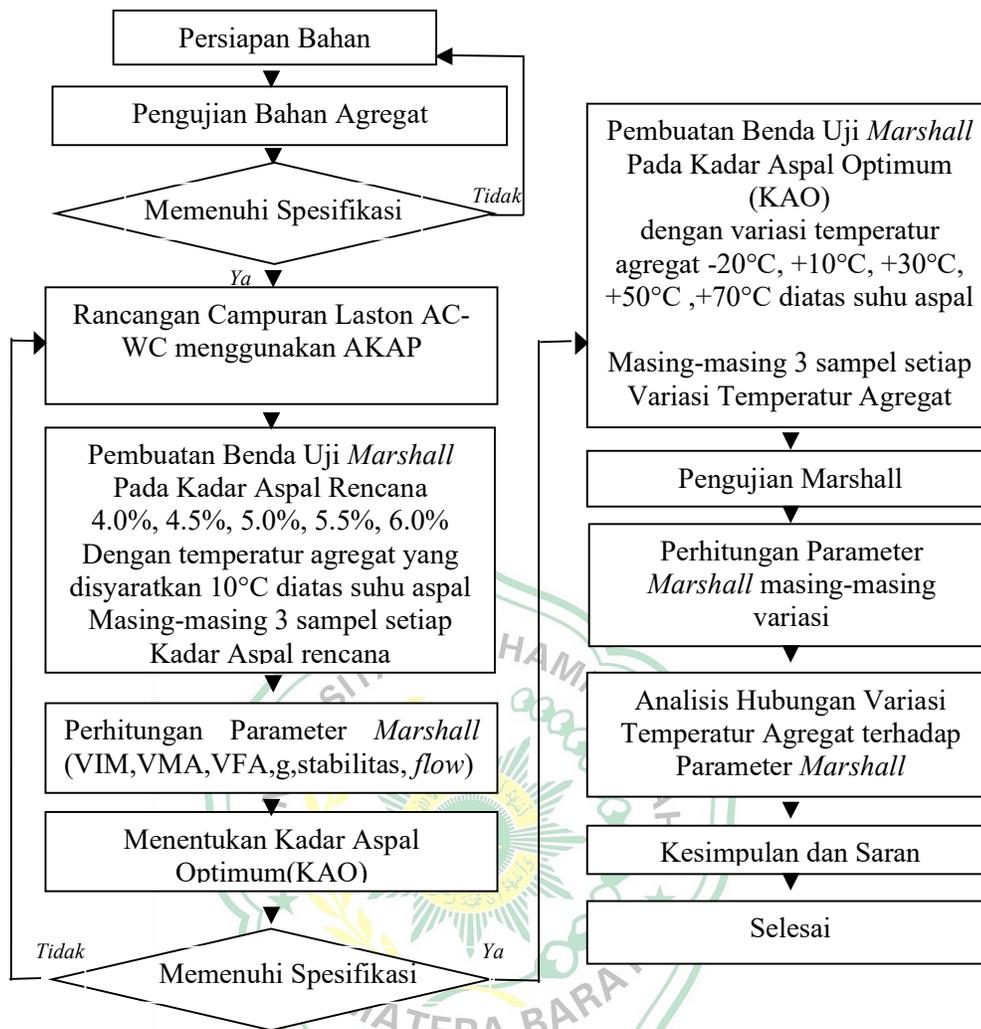
### 3.6. Teknik Analisis Data

Penghitungan nilai dari hasil pengujian diformulasi sesuai dengan acuan metode standar pengujian. Hasil pengujian sifat-sifat *marshall* dengan variasi temperatur agregat dianalisa dengan statistik menggunakan *Microsoft Excel*. Sehingga dari hasil analisis didapatkan kesimpulan.

### 3.7. Bagan Alur Penelitian

Pelaksanaan dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pemeriksaan atau pengecekan bahan agregat, penentuan gradasi campuran (target gradasi) dan pembuatan campuran, pengujian *Marshall*. Pelaksanaan dapat dilihat secara skematis pada bagan berikut:





Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian Bahan

Pengujian pada bahan dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Pelaksanaan Jalan Nasional III yang berada di Kota Padang. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui mutu bahan yang akan digunakan. Ketentuan mutu bahan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018.

#### 4.1.1. Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Karet Alam Padat/AKAP. Pengujian yang dilakukan pada bahan aspal AKAP meliputi uji penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas, berat jenis dan kehilangan berat. Berikut data hasil pengujian AKAP :

Tabel.4.1 Hasil Pengujian Sifat Aspal AKAP

NO	JENIS PENGUJIAN	METODE PENGUJIAN	HASIL PENGUJIAN	SATUAN
1	Penetrasi pada 25 °C	SNI 2456:2011	31,18	0.1 mm
2	Titik Lembek	SNI 2434:2011	62,0	°C
3	Daktilitas pada 25 °C, 5 cm/mnt	SNI 2432:2011	37,4	cm
4	Titik Nyala	SNI 2433:2011	308,5	°c
5	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,042	-
6	Kelarutan	SNI 2438:2015	99,77	%
7	Kehilangan Berat (TFOT)	SNI 06-2440-1991	0,033	%

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium, 2024

Berdasarkan hasil pengujian, mutu Aspal AKAP yang digunakan dalam penelitian ini sudah memenuhi ketentuan yang disyaratkan Spesifikasi Khusus Interimskh-2.M04-2022.

#### 4.1.2. Pengujian Agregat

Berikut data hasil pengujian agregat :

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat

no	test description	satuan	trial lab	spesifikasi	remark
1	Abration Test By Los Angeles	(%)	27,08	Max. 40	Terpenuhi
2	Sand Equivalent		71,64	Min. 60	Terpenuhi
3	Kelekatan	(%)	97,0	Min. 95	Terpenuhi
4	Kepipihan	(%)	0,022	Max. 10	Terpenuhi
5	Angularitas Agregat Kasar	(%)	98,67 / 96,33	95/90	Terpenuhi
6	Angularitas Agregat Halus (Abu Batu)	(%)	50,64	Min. 45	Terpenuhi
7	Lolos Saringan No 200 Agregat Kasar	(%)	0,15	Max. 1	Terpenuhi
8	Lolos Saringan No 200 Agregat Halus	(%)	6,6	Max. 10	Terpenuhi
9	Specific Gravity of Bitument (60/70)	(gr/cc)	1,031	-	
10	Bulk Spesific Gravity of Aggregate	(gr/cc)	2,663	-	
11	Max Specific Gravity of Total Mix (Vacum Pump)	(gr/cc)	2,450	-	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024

Dari hasil pengujian yang dilakukan, agregat bersumber dari *stockpile* PT. Tri Jaya Putra sudah memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk Laston AC-WC.

#### 4.1.3. Hasil Rancangan Campuran Laston AC-WC

Pembuatan rancangan campuran di laboratorium atau dikenal *DMF* (*Desing Mix Formula*), meliputi penentuan proporsi campuran dari berbagai fraksi agregat dengan aspal. Pembuatan rancangan campuran ditentukan dari hasil analisa saringan agregat gabungan sehingga didapatkan gradasi campuran yang sesuai dengan syarat. Berikut hasil penentuan komposisi campuran untuk Laston AC-WC:

Tabel 4.3 Hasil Uji Analisis Saringan Agregat

UKURAN SARINGAN		% LOLOS SARINGAN			
INCH	mm	Split 1-2	Medium	Abu batu	Filler
1"	25,400	100,0	-	-	-
1/2"	12,500	85,6	100,0	-	-
3/8"	9,500	1,4	44,4	100,0	-
#4	4,750	0,1	2,8	73,7	-
#16	1,180	0,0	0,0	26,7	-
#30	0,600	-	-	17,4	100,0
#50	0,300	-	-	11,8	98,8
#200	0,075	-	-	6,6	95,8

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024

Tabel 4.4 Persentase Komposisi Campuran

NO.	AGREGAT	KOMPOSISI
1	Split 1-2	8 %
2	Medium	26 %
3	Abu batu	64 %
4	Semen	2 %
TOTAL CAMPURAN		100 %

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2019

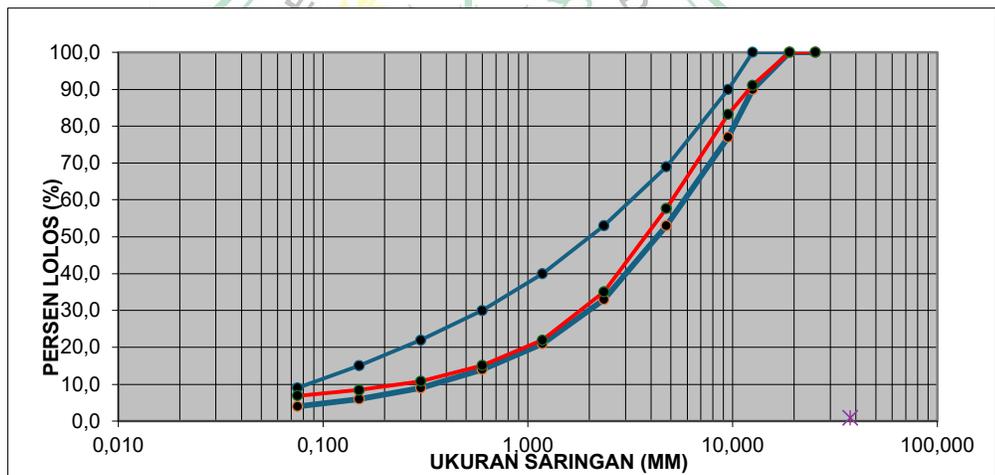
Dari hasil penentuan komposisi campuran, diperoleh proporsi gradasi dari masing-masing agregat yang memenuhi spesifikasi untuk campuran Laston AC-WC sebagai berikut:

Tabel 4.4 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Campuran Laston AC-WC

ukuran saringan		% berat lolos saringan					spesifikasi gradasi		
INCH	mm	Split 1 - 2 9%	Mediu m 14 %	Abu Batu 75%	Filler 2%	Total %	Max.	Min.	Remark
3/4"	19,0	9,0	14,0	75,0	2,0	100,0	100,0	100,0	Terpenuhi
1/2"	12,5	7,7	14,0	75,0	2,0	100,0	100,0	100,0	Terpenuhi
3/8"	9,5	0,1	14,0	75,0	2,0	91,1	100,0	90,0	Terpenuhi
#4	4,75	0,0	6,2	75,0	2,0	83,2	90,0	77,0	Terpenuhi
#8	2,36	-	0,4	55,3	2,0	57,7	69,0	53,0	Terpenuhi
#16	1,18	-	0,0	33,0	2,0	35,0	53,0	33,0	Terpenuhi
#30	0,60	-	-	20,0	2,0	22,0	40,0	21,0	Terpenuhi
#50	0,30	-	-	13,1	2,0	15,1	30,0	14,0	Terpenuhi
#100	0,15	-	-	8,8	2,0	10,8	22,0	9,0	Terpenuhi
#200	0,075	-	-	6,5	1,9	8,4	15,0	6,0	Terpenuhi

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2019

Gradasi campuran pada tabel diatas dapat dilihat bahwa proporsi gradasi gabungan telah memenuhi spesifikasi untuk campuran Laston AC-WC. Berikut grafik dari gradasi campuran:



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Campuran Laston AC-WC

Berdasarkan analisis saringan maka dihitung kadar aspal perkiraan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Pb} \quad (\text{perkiraan kadar aspal}) &= 0.035 (\%AK) + 0.045 (\%AH) + 0.18 (\%BP) + k \\
 AK \quad (\text{agregat tertahan saringan No.8}) &= 100 - 35.0 = 65.0 \\
 AH \quad (\text{agregat lolos saringan No.8}) &= 35.0 - 6.7 = 28.2 \\
 BP \quad (\text{agregat lolos saringan No.200}) &= 6.7 \\
 K \quad (\text{konstanta 0.5 s/d 1.0}) &= 1
 \end{aligned}$$

$$P_b = (0.035 \times 65.0) + (0.045 \times 28.2) + (0.18 \times 6.7) + 1 = 5.8 \Rightarrow \mathbf{6.0\%}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh perkiraan kadar aspal efektif pada aspal 6.0 % terhadap total campuran agregat. Dengan demikian pembuatan benda uji *Marshall* dilakukan pada kadar aspal 5.0%, 5.5%, 6.0% dan 6.5% dengan masing-masing 3 contoh uji.

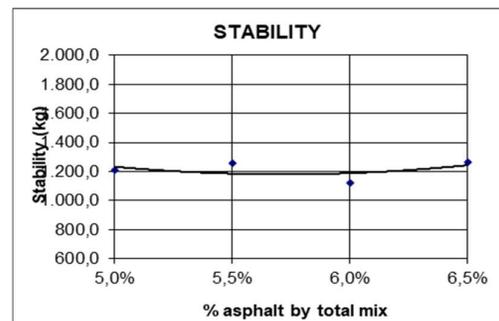
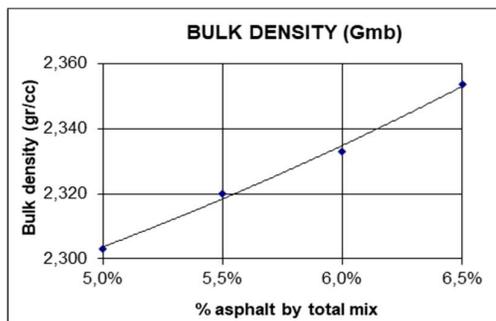
#### 4.1.4. Pengujian *Marshall* Laston AC-WC

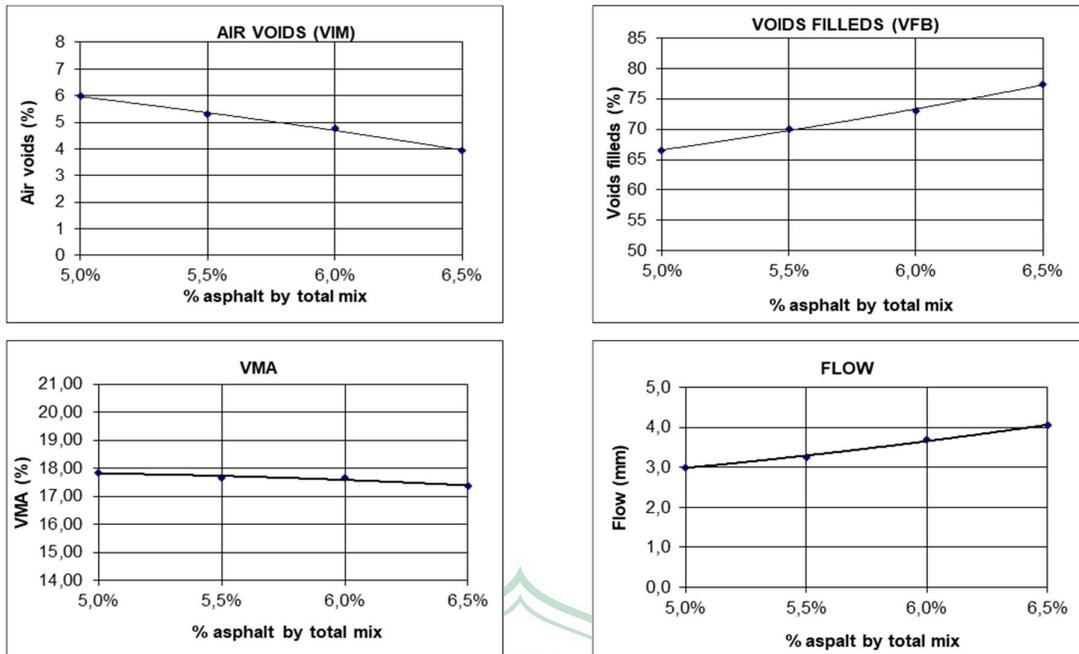
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar aspal optimum/KAO pada campuran Laston AC-WC. Percobaan pembuatan benda uji *Marshall* dilakukan pada kadar aspal 5.0%, 5.5%, 6.0% dan 6.5%. Pencampuran bahan Aspal Pen 60/70 ditetapkan pada suhu aspal 155°C dengan agregat pada suhu 10°C di atas suhu aspal yang kemudian dipadatkan sebanyak 3 sampel untuk setiap kadar aspal percobaan. Campuran yang telah dipadatkan *Marshall* kemudian dihitung nilai stabilitas dan pelelehan (flow) serta parameter lainnya, sehingga diketahui kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk pembuatan campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Laston AC-WC

% Kadar aspal	Gmb rata-rata	VMA	VIM	VFB	Stability	Flow
5,0%	2,303	17,84	5,98	66,46	1.209,6	3,00
5,5%	2,320	17,67	5,29	70,06	1.254,9	3,25
6,0%	2,333	17,64	4,76	73,02	1.119,2	3,70
6,5%	2,353	17,37	3,93	77,38	1.266,2	4,05

Sumber : Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024





Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Marshall Campuran Laston AC-WC

Sifat-sifat Campuran	Rentang Kadar Aspal			
	4%	5%	6%	7%
Bulk Density				
Stability				
VIM				
VFB				
VMA				
Flow				
Rentang Kadar Aspal yang memenuhi semua syarat			↔	

Gambar 4.3 Hubungan Sifat-sifat Campuran terhadap Rentang Kadar Aspal Optimum Laston AC-WC.

Dari hasil pengujian yang dipaparkan pada tabel di atas, sifat campuran yang memenuhi spesifikasi pada kadar aspal efektif yakni sebesar 6.0 %.

#### 4.2. Analisis Hasil Pengujian *Marshall* dengan Variasi Temperatur Agregat pada Laston AC-WC modifikasi AKAP.

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), dan parameter lainnya pada Laston *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. Temperatur aspal yang ditetapkan untuk pencampuran yakni pada suhu 155°C, untuk agregat dilakukan dengan suhu yang divariasikan yaitu 145 °C, 165 °C, 185 °C, 205 °C, dan 225 °C, kemudian ditetapkan temperatur pemadatan pada suhu 155°C. Hasil pengujian *Marshall* dengan variasi temperatur agregat dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall*

suhu agregat (°C)	ulangan ke	density (gr/cc)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stability (kg)	Flow (mm)
145	I	2,397	15,384	4,037	73,759	1545,6	4,1
	II	2,390	15,637	4,324	72,347	1522,9	4,2
	III	2,388	15,722	4,420	71,886	1522,9	4,0
165	I	2,404	15,143	3,764	75,144	1545,6	3,6
	II	2,408	14,984	3,584	76,084	1591,1	3,6
	III	2,403	15,161	3,784	75,039	1522,9	3,8
185	I	2,430	14,217	2,714	80,912	1568,4	3,3
	II	2,420	14,568	3,112	78,637	1636,1	3,5
	III	2,426	14,365	2,882	79,939	1545,9	3,4
205	I	2,430	14,227	2,725	80,844	1545,6	3,1
	II	2,437	13,979	2,444	82,517	1591,1	3,0
	III	2,430	14,229	2,728	80,831	1568,4	2,8
225	I	2,447	13,626	2,044	85,001	1573,4	2,6
	II	2,438	13,934	2,392	82,831	1461,0	2,5
	III	2,436	14,011	2,480	82,297	1461,0	2,8

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024

##### 4.2.1. Hubungan temperatur agregat terhadap Kepadatan campuran/*Density*

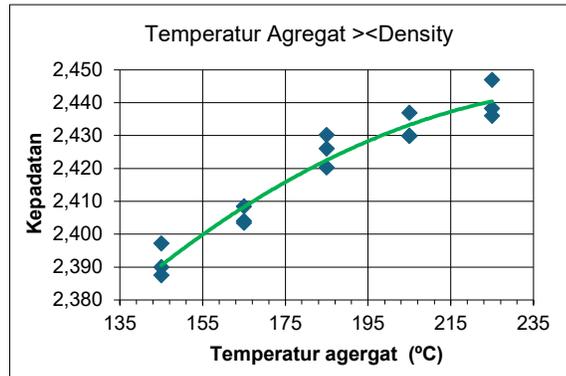
Berikut ini adalah hubungan pengaruh temperatur agregat dengan nilai Kepadatan campuran / *Density* :

Tabel 4.6 Nilai Kepadatan (*density*) dengan variasi suhu Agregat

SUHU	I	II	III	RERATA
145 °C	2,397	2,390	2,388	2,392
165 °C	2,404	2,408	2,403	2,405
185 °C	2,430	2,420	2,426	2,425

205 °C	2,430	2,437	2,430	2,432
225 °C	2,447	2,438	2,436	2,440

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Temperatur Agregat terhadap nilai kepadatan

Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa adanya pengaruh temperatur agregat terhadap Kepadatan Campuran (*density*). Semakin meningkatnya temperatur agregat maka nilai Kepadatan/*density* juga mengalami peningkatan.

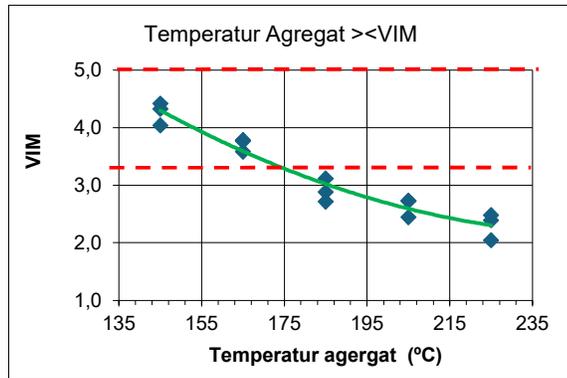
#### 4.2.2. Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Campuran / *VIM*

Berikut ini adalah hubungan pengaruh temperatur agregat dengan nilai Rongga Dalam Campuran / *VIM* :

Tabel 4.6 Nilai *VIM* dengan variasi suhu Agregat

SUHU	I	II	III	RERATA
145 °C	4,04	4,32	4,42	4,26
165 °C	3,76	3,58	3,78	3,71
185 °C	2,71	3,11	2,88	2,90
205 °C	2,73	2,44	2,73	2,63
225 °C	2,04	2,39	2,48	2,31

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024



Gambar 4.5 Hubungan Temperatur Agregat dengan *VIM*

Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat bahwa adanya pengaruh temperatur agregat terhadap Rongga Dalam Campuran/*VIM*. Semakin meningkatnya temperatur agregat maka nilai *VIM* pada campuran mengalami penurunan. Nilai *VIM* yang dihasilkan pada rentang temperatur 155 °C sampai dengan 175 °C masih memenuhi persyaratan, namun pada temperatur diatas 175 °C tidak memenuhi. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018, nilai *VIM* yang disyaratkan untuk Laston AC-WC modifikasi yakni 3 % sampai dengan 5 %.

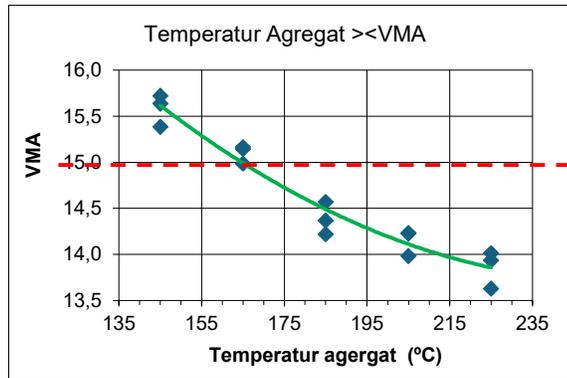
#### 4.2.3. Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Agregat (*VMA*)

Berikut ini adalah hubungan temperatur agregat dengan nilai Rongga Dalam Agregat / *VMA* :

Tabel 4.6 Nilai *VMA* dengan variasi suhu Agregat

SUHU	I	II	III	RERATA
145 °C	15,38	15,64	15,72	15,58
165 °C	15,14	14,98	15,16	15,10
185 °C	14,22	14,57	14,37	14,38
205 °C	14,23	13,98	14,23	14,15
225 °C	13,63	13,93	14,01	13,86

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024



Gambar 4.6 Hubungan Temperatur Agregat dengan *VMA*

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa adanya pengaruh temperatur agregat terhadap Rongga Dalam Agregat/*VMA*. Semakin meningkatnya temperatur agregat maka nilai *VMA* pada campuran mengalami penurunan. Pada rentang temperatur 145 °C sampai dengan 165 °C nilai *VMA* yang dihasilkan masih memenuhi persyaratan, namun pada temperatur diatas 165 °C tidak memenuhi. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018, adapun nilai *VMA* yang disyaratkan untuk Laston AC-WC modifikasi yakni minimal 15%.

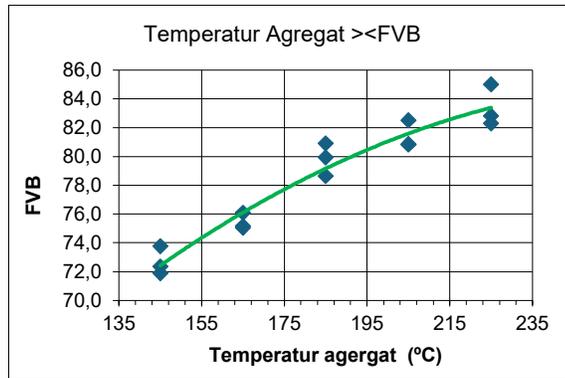
#### 4.2.4. Hubungan temperatur agregat terhadap Rongga Terisi Aspal/*VFB*

Berikut ini adalah hubungan temperatur agregat dengan nilai Rongga Terisi Aspal/*VFB* :

Tabel 4.6 Nilai *VFB* dengan variasi suhu Agregat

SUHU	I	II	III	RERATA
155 °C	73,76	72,35	71,89	72,66
175 °C	75,14	76,08	75,04	75,42
195 °C	80,91	78,64	79,94	79,83
215 °C	80,84	82,52	80,83	81,40
235 °C	85,00	82,83	82,30	83,38

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024



Gambar 4.7 Hubungan Temperatur Agregat dengan *VFB*

Berdasarkan gambar 4.7, terlihat semakin meningkat temperatur agregat maka nilai Rongga Terisi Aspal/*VFB* pada campuran mengalami peningkatan. Namun nilai *VFB* yang didapatkan masih memenuhi ketentuan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk Laston AC-WC Modifikasi minimal 65 %.

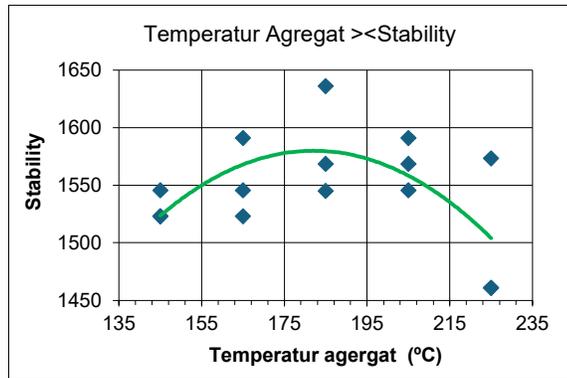
#### 4.2.5. Hubungan temperatur agregat terhadap *Marshall Stability*

Hubungan temperatur agregat dengan nilai Stabilitas Marshall campuran dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini :

Tabel 4.6 Nilai *Stability* dengan variasi suhu Agregat

SUHU	I	II	III	RERATA
145 °C	1545,6	1522,9	1522,9	1530,5
165 °C	1545,6	1591,1	1522,9	1553,2
185 °C	1568,4	1636,1	1545,2	1583,2
205 °C	1545,6	1591,1	1568,4	1568,4
225 °C	1573,4	1461,0	1461,0	1498,5

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024



Gambar 4.8 Hubungan Temperatur Agregat dengan *Stability*

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat bahwa nilai Stabilitas Marshall (*stability*) mengalami peningkatan optimal pada suhu agregat 195 °C, kemudian mengalami penurunan. Namun pada penelitian ini nilai Stabilitas campuran masih memenuhi ketentuan berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk Laston AC-WC Modifikasi minimal 800 kg.

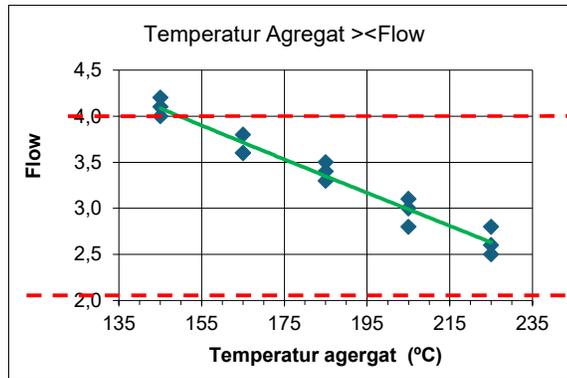
#### 4.2.6. Hubungan temperatur agregat terhadap Pelehan (*Flow*)

Berikut ini adalah hubungan temperatur agregat dengan nilai *Flow* dapat dilihat pada grafik di bawah ini :

Tabel 4.6 Nilai *Stability* dengan variasi suhu Agregat

Suhu	I	II	III	RERATA
145 °C	4,1	4,2	4	4,10
165 °C	3,6	3,6	3,8	3,67
185 °C	3,3	3,5	3,4	3,40
205 °C	3,1	3	2,8	2,97
225 °C	2,6	2,5	2,8	2,63

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2024

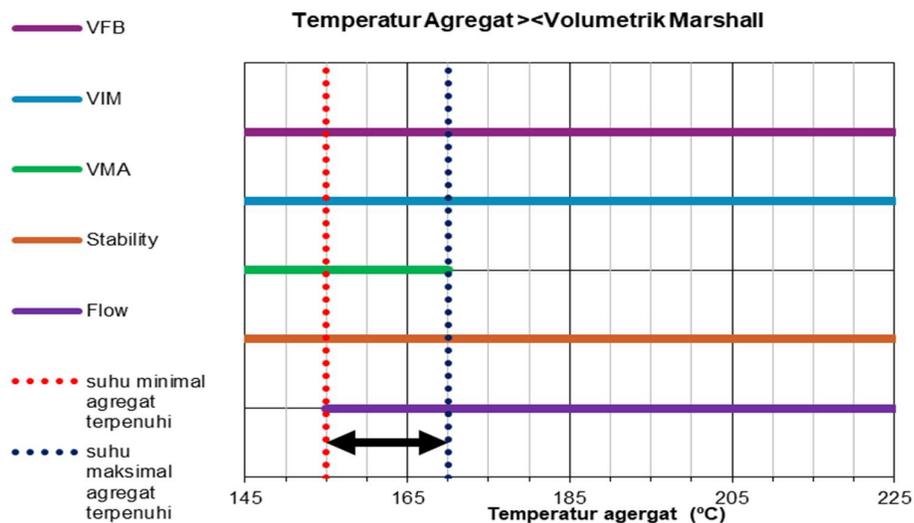


Gambar 4.8 Hubungan Temperatur Agregat dengan *Flow*

Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin meningkat temperatur agregat maka nilai *Flow* mengalami penurunan. Nilai flow rata-rata pada suhu agregat 145°C tidak memenuhi ketentuan yang disyaratkan spesifikasi Bina Marga 2018 untuk Laston AC-WC modifikasi yakni 2 mm hingga 4 mm.

#### 4.2.7. Hubungan Temperatur Agregat Terhadap Volumetrik Marshall

Untuk mengetahui temperatur agregat yang ideal untuk campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP, maka dibuat matrik nilai volumetrik marshall dengan ketentuan-ketentuan spesifikasi Bina Marga 2018



Gambar 4.9 Hubungan Temperatur Agregat Terhadap Volumetrik Marshall

Berdasarkan gambar 4.9 terlihat bahwa, untuk mendapatkan campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018, maka rentang temperatur agregat yang disarankan untuk pencampuran yaitu pada suhu 155 °C hingga 170 °C.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan analisis dengan metode substitusi, pencampuran agregat variasi suhu 145°C, 165°C, 185°C, 205°C, 225°C dengan aspal AKAP pada suhu 155°C serta dipadatkan pada suhu 145°C, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Setiap kenaikan 20°C temperatur agregat, nilai Kepadatan (*Density*) dan Rongga Terisi Aspal (VFB) pada campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP mengalami peningkatan, sedangkan Rongga Dalam Campuran (*VIM*) dan Rongga Dalam Agregat (*VMA*) mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh sifat campuran mengalami perubahan seiring meningkatnya temperatur pada agregat.
2. Setiap kenaikan suhu agregat pada campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP akan meningkatkan nilai stabilitas campuran tersebut, namun nilai stabilitas akan mengalami penurunan setelah suhu agregat melebihi 30 °C diatas suhu aspal.
3. Setiap kenaikan suhu agregat dari temperatur yang disyaratkan, nilai Pelelehan (*flow*) yang terjadi mengalami penurunan.
4. Rentang temperatur agregat yang disarankan untuk campuran Laston AC-WC modifikasi AKAP yaitu 155°C hingga 170 °C.

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan analisis dan temuan hasil penelitian, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk dapat diteliti lebih lanjut di antaranya:

1. Perlu dilakukan penelitian tentang penyimpangan suhu agregat di bawah temperatur yang disyaratkan dengan pengujian Marshall.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap penyimpangan suhu agregat dari temperatur yang disyaratkan dengan pengujian Stabilitas Dinamis / *Wheel Tracking Machine (WTM)*.
3. Perlu dilakukan penelitian terkait terhadap penyimpangan suhu agregat dari temperatur yang disyaratkan dengan pengujian *fatigue*.

4. Perlu dilakukan penelitian terhadap sifat aspal setelah dilakukan pencampuran dengan agregat yang bertemperatur melebihi ketentuan yang disyaratkan.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASSTHO (2001). Design of Pavement Structures, AASTHO, Washington DC
- Departemen Pekerjaan Umum (2005), Penjelasan Umum Perkerasan Jalan, Puslitbang Jalan dan Jembatan, Bandung
- Farid Harta (2022). Analysis of Aggregate Temperature Using The Substitution Method on Stability and Volumetric Of Marshall In Asphalt Concrete. Journal of Sciencetech Research and Development Volume 4, Issue 1, p88-95
- Filino Kalani (2015). Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Stabilitas Dinamis & Umur Layanan Lapisan Perkerasan AC-WC, Tesis, Universitas Andalas, Padang
- Henry Prastanto, Adi Cifriadi dan Arief Ramadhan (2015). Karakteristik dan Hasil Uji Marshall Aspal Termodifikasi dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif, Jurnal Penelitian Karet, 2015, 33 (1) : 75 - 82
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2022. *Spesifikasi Khusus Interim Skh-2.M.04 Aspal Karet Alam Padat*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta
- Masyhuri, Masyhuri and Zainuddin, M (2011) *Metodologi Penelitian: Pendekatan Praktis dan Aplikatif (Edisi Revisi)*. Refika Aditama, Bandung. ISBN 978-602-958469-1
- Oglesby, Cs (1990). Teknik Jalan Raya - edisi 4, Erlangga, Jakarta
- Prastanto, H. 2014. *Depolimerisasi Karet Alam Secara Mekanis untuk Bahan Aditif Aspal*. Jurnal Penelitian Karet 32 (1):81-87
- Sugiyono, (2016). *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta: Bandung
- Sukirman. S (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung
- Sukirman. S (2003). Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta
- Suroso, T. W, 2007, *Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal dengan Karet Alam dan Karet Sintetis*, Jurnal Jalan- Jembatan, Puslitbang Jalan dan Jembatan 24 (1) : 14-25

- Shell (1990). The Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen, U.K
- Willy Pravianto (2022). Teknologi Aspal Karet Alam Padat Menjawab Kebutuhan Aspal Modifikasi Berbahan Karet Alam Padat Asli Indonesia, Balai Bahan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR, Bandung
- Widodo. S., B. S. Subagio, B. H. Setiadji (2013). Resistance of Fine Graded Asphalt Concrete Wearing Course to Rutting at Varying Temperatures and Densities, Journal of Civil and Environmental Research, (IISTE), Vol. 3, no.13, p84 – 89.
- Yossyafra, M. Aminsyah, et al, (2017). Prediction Of Service Life Of Asphalt Concrete Wearing Course Using Wheel Tracking Test Data For Temperature Variation In Mixing And Compaction Process, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Vol. 8, Issue 10, Oktober, p1039 - 1049.
- Yuristian (2014). Kajian Deformasi, Stabilitas Dinamis dan Umur Rencana Dari Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) menggunakan Aspal Pen 60-70 Akibat Variasi Temperatur Pencampuran, Tesis, Universitas Andalas, Padang
- Yumardi (2015). Kajian Deformasi, Stabilitas Dinamis dan Prediksi Umur Layanan dari Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Akibat Variasi Lama Waktu Pencampuran, Tesis, Universitas Andalas, Padang.

## LAMPIRAN

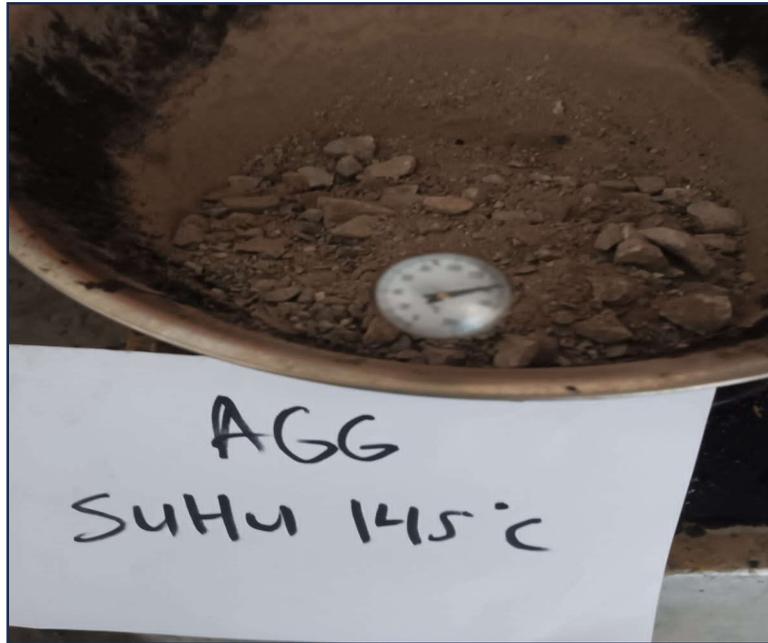
### 1. Dokumentasi Penelitian



**Gambar 1.** Pemimbangan Agregat



**Gambar 2.** Penyaringan Agregat



Gambar 3. Pengukuran Agregat



Gambar 4. Penimbangan Agregat Campuran AKAP



**Gambar 5.** Hasil Agregat Campuran AKAP



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 15 Agustus 2024

Nama : **Yoga Prasetyo**  
NIM : 20180046  
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON (AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)**

Catatan Perbaikan : .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

AGG Kompre  
  
21 / 08 / 24

Sekretaris/Penguji,

  
**Asyiq N.H**  
**Endri, S.T., M.T.**  
NIDN. 8900320021

**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 15 Agustus 2024

Nama : **Yoga Prasetyo**  
NIM : 20180046  
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON (AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)**

Catatan Perbaikan :

- Perbaiki yg di bawah.
- Belatin lagi thj skripsi.

*ACC utk kompre*  
*21/08 '24*



Penguji,



**Gusmulyani, S.T. M.T**  
NIDN. 0007107301

**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 15 Agustus 2024

Nama : **Yoga Prasetyo**  
NIM : 20180046  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA  
LASTON  
(AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM  
PADAT/AKAP) TERHADAP  
SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN  
LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)

Catatan Perbaikan :  
.....  
cek lagi penulisan  
Asal bahan  
Setelah Tabel Bob W harus ada pembahasan  
tabel.  
Kesimpulan sinkron dgn tujuan penelitian  
ACC kompro 21/08/2024 HES

Ketua Penguji,



Febrimen Herista, S.T., M.T.  
NIDN. 1001026901



SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON  
(AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP  
SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET  
ALAM (AC-WCNR)**

Disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)



Oleh:

**YOGA PRASETYO**

**20180046**

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

*Ace Gimin Haril*  
15/07-2024  
*[Signature]*

*Ace Gimin Haril*  
17/07-2024  
*[Signature]*



# 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	:	Yoba PRASETYO
NIM	:	20180046
Program Studi	:	Teknik SIPIL
Pembimbing I	:	Febrimen Horsta, S.T, M.T
Pembimbing II	:	ENDRI, S.T, M.T
Judul	:	Analisis Pengaruh temperatur agregat pada Laston (AC-WC) menggunakan ASPA karet damPolat (AKAP) terhadap sifat-sifat Laston menggunakan (AC-WC mod) dan Laston karet Alam (AC-WCNR)

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	20-4-2024	a. Perbaiki Pendirian Judul b. Perbaiki tujuan dan manfaat Penelitian		
2.		c. masukan sumber/dali pada teori yg ada d. Perbaiki Pendirian yg tercoreksi. e. Lanjut bab 3		
3.	23-04-2024	a. Perbaiki Pendirian Judul b. Perbaiki tujuan dan manfaat Penelitian c. Perbaiki Pendirian yg tercoreksi		
4.				
5.	25-04-2024	ACC seminar proposal		
6.				
7.	10-07-2024	- Jengkep Daftar Isi, Abstrak - Singkron antara Atiri dg Daftar Pustaka		
8.		- Bagi Atir Perbaiki		
9.		- Perbaiki pendirian yg tercoreksi		
10.	15-07-2024	- Acc Seminar Hasil - Tes Plagiar		

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

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik.....



# 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	:	Yoba PRASETYO
NIM	:	20180046
Program Studi	:	Teknik SIPIL
Pembimbing I	:	Febnmen Hensta, S.T, M.T
Pembimbing II	:	Endri, S.T, M.T
Judul	:	Analisis Pengaruh temperatur agregat pada laston (AC-w) menggunakan Aspal Karet Alam Padat (AKAP) terhadap sifat-sifat laston modifikasi (AC-WCMOD) dan Laston Karet Alam (AC-WKAR)

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	07-7-24.	- Lembar kerja BAB IV		
2.	17-7-24.	- Sampaikan hasil pengujian dengan kesimpulan. Ace terlewat sampaikan hasil		
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Catatan :

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

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik.....,

.....

NIDN





**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 15 Agustus 2024

Nama : **Yoga Prasetyo**  
NIM : 20180046  
Judul Skripsi : ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON (AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)

Catatan Perbaikan :  
.....  
cek lagi penulisan  
Asal bahan  
Setelah Tabel Bab IV harus ada pembahasan tabel.  
Kesimpulan sinkron dgn tujuan penelitian  
ACC kompro 21/08/2024 HES

Ketua Penguji,



Febrimen Herista, S.T., M.T.  
NIDN. 1001026901

**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 15 Agustus 2024

Nama : **Yoga Prasetyo**  
NIM : 20180046  
Judul Skripsi : **ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON (AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET ALAM (AC-WCNR)**

Catatan Perbaikan :

- Perbaiki yg di bawah.
- Belatin lagi thj skripsi.

*ACC utk kompre*  
*21/08 '24*



Penguji,



**Gusmulyani, S.T., M.T**  
NIDN. 0007107301

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AGREGAT PADA LASTON  
(AC-WC MENGGUNAKAN ASPAL KARET ALAM PADAT/AKAP) TERHADAP  
SIFAT-SIFAT LASTON MODIFIKASI (AC-WCMOD) DAN LASTON KARET  
ALAM (AC-WCNR)**

Disusun sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S1)



Oleh:

**YOGA PRASETYO**

**20180046**

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

*Ace Gimin Haril*  
15/07-2024  
*[Signature]*

*Ace Gimin Haril*  
17/07-2024  
*[Signature]*



# 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	:	Yoba PRASETYO
NIM	:	20180046
Program Studi	:	Teknik SIPIL
Pembimbing I	:	Febrimen Horsta, S.T, M.T
Pembimbing II	:	ENDRI, S.T, M.T
Judul	:	Analisis Pengaruh temperatur agregat pada Laston (AC-WC) menggunakan ASPA karet damPolat (AKAP) terhadap sifat-sifat Laston menggunakan (AC-WC mod) dan Laston karet Alam (AC-WCNR)

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	20-4-2024	a. Perbaiki Pendirian Judul b. Perbaiki tujuan dan manfaat Penelitian		
2.		c. masukan sumber/dahli pada teori yg ada d. Perbaiki Pendirian yg tercoreksi. e. Lanjut bab 3		
3.	23-04-2024	a. Perbaiki Pendirian Judul b. Perbaiki tujuan dan manfaat Penelitian c. Perbaiki Pendirian yg tercoreksi		
4.				
5.	25-04-2024	ACC seminar proposal		
6.				
7.	10-07-2024	- Jengkep Daftar Isi, Abstrak - Singkron antara Atik dan Daftar Pustaka		
8.		- Bagi Atik Perbaiki		
9.		- Perbaiki pendirian yg tercoreksi		
10.	15-07-2024	- Acc Seminar Hasil - Tes Plagiar		

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

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik.....



# 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	:	Yoba PRASETYO
NIM	:	20180046
Program Studi	:	Teknik SIPIL
Pembimbing I	:	Febnmen Hensta, S.T, M.T
Pembimbing II	:	Endri, S.T, M.T
Judul	:	Analisis Pengaruh temperatur agregat pada laston (AC-w) menggunakan Aspal Karet Alam Padat (AKAP) terhadap sifat-sifat laston modifikasi (AC-WCMOD) dan Laston Karet Alam (AC-WKAR)

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I	Paraf Pembimbing II
1.	07-7-24.	- Lembar kerja BAB IV		
2.	17-7-24.	- Sampaikan hasil pengujian dengan kesimpulan Ade untuk seminar hasil		
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Catatan :

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

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik.....,

.....

NIDN