

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN  
*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)* UNTUK  
PERKERASAN JALAN RAYA**

Oleh :

PEBRINA STIANI  
NIM. DAB 116 146



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2022**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN  
HOT ROLLED SHEET – WEARING COURSE (HRS-WC) UNTUK  
PERKERASAN JALAN RAYA**

**SKRIPSI**


Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

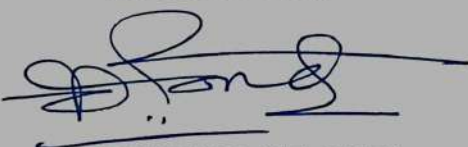
**PEBRINA STIANI**  
NIM. DAB 116 146

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi  
Dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Ketua Penguji/Penguji 1

  
**(ROBBY, S.T., M.T.)**  
NIP. 197303261999031003

Sekretaris/Penguji 2

  
**(SALONTEN, S.T., M.T.)**  
NIP. 197712032002121002

Mengetahui,  
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,  
  
**(Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.)**  
NIP. 19780608 200501 1 003

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN  
HOT ROLLED SHEET – WEARING COURSE (HRS-WC) UNTUK PERKERASAN  
JALAN RAYA**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

**PEBRINA STIANI**  
NIM. DAB 116 146

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:**

Hari/Tanggal : Selasa, 15 November 2022

Waktu : 11.00 – 13.00 WIB

Tempat : Ruang Audiovisual (offline)

Tim Penguji:

1. **ROBBY, S.T., M.T.**  
NIP. 197303261999031003

..... (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)

2. **SALONTEN, S.T., M.T.**  
NIP. 197712032002121002

..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. **INA ELVINA, S.T., M.T.**  
NIP. 197708162008122001

..... (Penguji 3)

4. **MURNIATI, S.T., M.T.**  
NIP. 197601112005012002

..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya



**Dr. WALUYO NUSWANTORO, M.T.**  
NIP. 19651119 199302 1 001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,

**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 19780608 200501 1 003

## BIODATA MAHASISWA

### Data Pribadi

Nama : Pebrina Stiani  
NIM : DAB 116 146  
Tempat, Tanggal lahir : Tamiang Layang, 27 Februari 1998  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen Protestan  
Pekerjaan : -  
Alamat di Palangka Raya : Jl. G. Obos VII. Gang 5  
No. Telp Rumah : -  
Alamat Asal : Ds. Dorong, RT. 2. No. 60  
No. HP : 0813 - 4542 - 7182  
No. WA : 0813 - 4542 - 7182  
Facebook : -  
Instagram : -  
Line : -  
Nama Ayah : Lord Verelly  
Pekerjaan Ayah : PNS  
Alamat : Ds. Dorong, RT. 2. No. 60  
No HP : 0813 - 4901 - 0445  
Nama Ibu : Antaraniati  
Pekerjaan Ibu : Swasta  
Alamat : Ds. Dorong, RT. 2. No. 60  
No HP : 0853 - 4918 - 9145  
Wali : Verinia Nopelyna



### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : TK Negeri 1 Buntok Tahun 2003-2004
- SD : SD Negeri 1 Tamiang Layang Tahun 2004-2010
- SLTP : SMP Negeri 1 Tamiang Layang Tahun 2010-2013
- SLTA : SMA Negeri 1 Tamiang Layang Tahun 2013-2016
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata- 1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus Tahun 2016

Palangka Raya, 16 November 2022

Yang membuat pernyataan

PEBRINA STIANI

NIM. DAB 116 146

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Ku persembahkan Skripsi ini untuk yang selalu bertanya :  
"Kapan Skripsimu selesai?"*

*Dan inginku menjawab :  
"Kamu nanya? Kamu bertanya - tanya?"  
Hehe..*

Tapi yang pasti Skripsi ini saya Persembahkan Kepada :

Tuhan Yesus Kristus yang telah menyertai saya dalam setiap helaan nafas kehidupan. Puji syukur hanya bagi-Mu.

Bapak Lord Verelly dan Ibu Antaraniati selaku orang tua, Verinia Nopelyna selaku kakak kandung, terimakasih untuk support berupa doa, moril dan materil. Semoga Skripsi ini bisa membuat mom and dad and dut bangga terhadap tia, diberkati dan sehat selalu karena kalian yang paling berarti untuk tia, terima kasih banyak untuk cinta kalian.

Bapak Robby, S.T., M.T., Bapak Salonten, S.T., M.T., Ibu Ina Eivina, S.T., M.T., Ibu Murniati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing dan penguji saya yang dengan sabar membimbing dan memberi arahan serta masukan. Semoga bapak ibu selalu dalam keadaan sehat dan penuh suk cita.

Priska Lela Marlina, Suari Rosalia, Emilia Susanti, dan Even Evangelista selaku tante dan om yang berperan dalam membantu kesiapan ujian Skripsi, terimakasih banyak atas segala bantuannya, te ika yang ku tunggu di kampung kita berkebun, te suarez yang suka bayarin bakso lery's semoga kamu dan lyna segera dapat jodoh. Diberkati dan sehat selalu karena kalian sangat baik.

Mr. Priday sebut saja Okin, bule inggris mix jawa selaku supportsystem yang tidak pernah ketinggalan untuk mengajar aku berhitung, mengajar aku logika, mengajar mentalku habis-habisan, mendoakan dan membantu kesiapan ujian. Terimakasih banyak, aku jadi semangat ngerjain skripsi ini dan menyelesaikannya.

Terakhir untuk teman angkatan 2016 dan ade tingkat 2017, terimakasih atas bantuan dan informasi mengenai pembuatan Skripsi. Sehat selalu.

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa Skripsi saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, 16 November 2022

Yang membuat pernyataan



Pebrina Stiani

NIM. DAB 116 146

## RINGKASAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)* UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA**, Pebrina Stiani, DAB 116 146, 2022, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Perkerasan jalan memerlukan kualitas dan kuantitas yang memanfaatkan sumber daya secara efisien, efektif dan ramah lingkungan. Salah satu bahan yang banyak digunakan untuk perkerasan jalan yaitu aspal. Aspal dapat dimodifikasi dengan aditif serbuk ban luar kendaraan bermotor roda 2, ban merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Aspal modifikasi tersebut dilakukan untuk meningkatkan mutu dan kualitas agar umur perkerasan jalan dapat bertahan sesuai dengan rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serbuk ban luar bekas kendaraan bermotor roda 2 pada campuran aspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* terhadap Karakteristik Marshall dan sekaligus salah satu langkah penanganan dalam pengurangan limbah ban bekas.

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya dengan menggunakan metode *Asphalt Institute*. Pengujian Marshall dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian Marshall I ditujukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang terbaik direncanakan dengan variasi kadar aspal 6,5%, 7%, 7,5%, 8% dan 8,5%, selanjutnya pengujian Marshall II menggunakan komposisi dan KAO yang telah diperoleh dari pengujian tahap pertama dengan penambahan bahan tambah serbuk ban variasi kadar bahan tambah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap berat aspal yang diperoleh dari KAO.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan proporsi agregat kasar sebesar 34%, abu batu sebesar 22% dan pasir sebesar 44% pada pengujian Marshall I diperoleh nilai KAO terbaik sebesar 7,78%. Pengujian Marshall II dengan penambahan serbuk ban bekas pada variasi kadar bahan tambah yang sudah direncanakan terhadap berat aspal KAO, Parameter Marshall memenuhi spesifikasi, terkecuali nilai *Void In Mixture (VIM)* dan *Void Filled with Bitumen (VFB)* pada penambahan kadar serbuk ban sebesar 2% yang nilainya yaitu 5,26% dan 87,29%. Penambahan kadar serbuk ban sebesar 10% yang nilainya yaitu 2,49% juga tidak memenuhi spesifikasi. Penambahan serbuk ban bekas ternyata memberikan pengaruh pada campuran aspal panas *HRS-WC* dan meningkatkan kualitas karakteristik Marshall serta dapat direkomendasikan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan raya terutama pada variasi kadar serbuk ban 8% dari berat total campuran memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan variasi kadar serbuk ban lainnya yaitu 1473,458 kg, nilai rongga dalam agregat (VMA) kecil yaitu 20,95%, rongga dalam campuran (VIM) kecil yaitu 3,33%, rongga terisi aspal (VFB) tinggi yaitu 85,37%, hasil bagi Marshall (MQ) tinggi yaitu 338,873 kg/mm.

**Kata Kunci:** HRS-WC, KAO, Marshall, Serbuk Ban

## RINGKASAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)* UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA**, Pebrina Stiani, DAB 116 146, 2022, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Perkerasan jalan memerlukan kualitas dan kuantitas yang memanfaatkan sumber daya secara efisien, efektif dan ramah lingkungan. Salah satu bahan yang banyak digunakan untuk perkerasan jalan yaitu aspal. Aspal dapat dimodifikasi dengan aditif serbuk ban luar kendaraan bermotor roda 2, ban merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Aspal modifikasi tersebut dilakukan untuk meningkatkan mutu dan kualitas agar umur perkerasan jalan dapat bertahan sesuai dengan rencana. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serbuk ban luar bekas kendaraan bermotor roda 2 pada campuran aspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* terhadap Karakteristik Marshall dan sekaligus salah satu langkah penanganan dalam pengurangan limbah ban bekas.

Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya dengan menggunakan metode *Asphalt Institute*. Pengujian Marshall dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian Marshall I ditujukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang terbaik direncanakan dengan variasi kadar aspal 6,5%, 7%, 7,5%, 8% dan 8,5%, selanjutnya pengujian Marshall II menggunakan komposisi dan KAO yang telah diperoleh dari pengujian tahap pertama dengan penambahan bahan tambah serbuk ban variasi kadar bahan tambah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap berat aspal yang diperoleh dari KAO.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan proporsi agregat kasar sebesar 34%, abu batu sebesar 22% dan pasir sebesar 44% pada pengujian Marshall I diperoleh nilai KAO terbaik sebesar 7,78%. Pengujian Marshall II dengan penambahan serbuk ban bekas pada variasi kadar bahan tambah yang sudah direncanakan terhadap berat aspal KAO, Parameter Marshall memenuhi spesifikasi, terkecuali nilai *Void In Mixture (VIM)* dan *Void Filled with Bitumen (VFB)* pada penambahan kadar serbuk ban sebesar 2% yang nilainya yaitu 5,26% dan 87,29%. Penambahan kadar serbuk ban sebesar 10% yang nilainya yaitu 2,49% juga tidak memenuhi spesifikasi. Penambahan serbuk ban bekas ternyata memberikan pengaruh pada campuran aspal panas *HRS-WC* dan meningkatkan kualitas karakteristik Marshall serta dapat direkomendasikan sebagai bahan tambah untuk meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan raya terutama pada variasi kadar serbuk ban 8% dari berat total campuran memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan variasi kadar serbuk ban lainnya yaitu 1473,458 kg, nilai rongga dalam agregat (VMA) kecil yaitu 20,95%, rongga dalam campuran (VIM) kecil yaitu 3,33%, rongga terisi aspal (VFB) tinggi yaitu 85,37%, hasil bagi Marshall (MQ) tinggi yaitu 338,873 kg/mm.

**Kata Kunci:** HRS-WC, KAO, Marshall, Serbuk Ban

## **PRAKATA**

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan kemurahan-Nya sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini. Skripsi berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BAN BEKAS PADA CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)* UNTUK PERKERASAN JALAN RAYA”** disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada jenjang Strata-1 yang berlaku dalam kurikulum Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini saya ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan Parasian Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya dan Dosen Pembimbing Akademik.

6. Ibu Veronika Happy, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Robby, S.T., M.T. Selaku Ketua Penguji/Penguji 1.
8. Bapak Salonten, S.T., M.T. Selaku Sekretaris/Penguji 2.
9. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. Selaku Penguji 3.
10. Ibu Murniati, S.T., M.T. Selaku Penguji 4.
11. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati dan menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian Skripsi ini, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, 16 November 2022



PEBRINA STIANI  
NIM. DAB 116 146

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>BIODATA MAHASISWA</b>	
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b>	
<b>SURAT PERNYATAAN</b>	
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>viii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
1.7 Lokasi Pengambilan Material .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Perkerasan Jalan .....	8
2.2 Konstruksi Perkerasan .....	8
	<b>xi</b>

2.3	<i>Hot Rolled Sheet (HRS)</i> .....	14
2.4	Agregat .....	16
2.5	Aspal .....	19
2.6	Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus ( <i>HRS-WC</i> ) .....	21
2.7	Karakteristik Campuran Aspal .....	25
2.8	Metode Perencanaan Campuran .....	29
2.9	Rumus Campuran Rancangan ( <i>Design Mix Formula</i> ).....	34
2.10	Serbuk Ban sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Aspal ...	37
2.11	Pengujian Marshall .....	39
2.12	Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu .....	46
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>48</b>
3.1	Metode Penelitian.....	48
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	48
3.3	Pengambilan Material .....	49
3.4	Pengambilan Data Sampel .....	49
3.5	Bahan Penelitian.....	50
3.6	Alat-alat Penelitian.....	50
3.7	Cara Penelitian .....	54
3.8	Perencanaan Campuran ( <i>Mix Design</i> ) .....	61
3.9	Bagan Alir Penelitian .....	68
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>69</b>
4.1	Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium .....	69
4.2	Pengujian Marshall.....	77
4.3	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal .....	80
4.4	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Serbuk Ban .....	89
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>99</b>
5.1	Kesimpulan .....	99
5.2	Saran.....	103

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>104</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>106</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku .....	9
2.2 Ketentuan Agregat Kasar .....	17
2.3 Ketentuan Agregat Halus .....	18
2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat untuk <i>HRS- Wearing Course</i> .....	22
2.5 Penentuan Campuran Nominal <i>HRS-Wearing Course</i> .....	23
2.6 Persyaratan Sifat Campuran <i>HRS-Wearing Course</i> .....	25
2.7 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston.....	36
2.8 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal .....	36
3.1 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	64
3.2 Jumlah Benda Uji Menggunakan Bahan Tambah Serbuk Ban.....	65
4.1 Hasil Analisa Saringan Masing-masing Agregat .....	69
4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Masing-masing Agregat.....	70
4.3 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal .....	71
4.4 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> .....	74
4.5 Rencana Komposisi Campuran .....	76
4.6 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat .....	78
4.7 Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall I.....	81
4.8 Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum ....	88
4.9 Rencana Campuran dengan Variasi Persentase Bahan Tambah Serbuk Ban .....	89
4.10 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambah Serbuk Ban .....	90
4.11 Perbandingan Nilai Parameter Karakteristik Marshall Campuran Tanpa Serbuk Ban dan Menggunakan Kadar Penambah Serbuk Ban 8% .....	97

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Lokasi Penelitian .....	5
1.2 Lokasi Pengambilan Agregat Kasar .....	6
1.3 Lokasi Pengambilan Agregat Halus .....	7
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	81
4.1 Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal .....	71
4.2 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> .....	74
4.3 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal .....	82
4.4 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran ( <i>VMA</i> ) Terhadap Variasi Kadar Aspal .....	83
4.5 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran ( <i>VIM</i> ) Terhadap Variasi Kadar Aspal .....	84
4.6 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal ( <i>VFB</i> ) terhadap Kadar Variasi Aspal .....	86
4.7 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Kadar Aspal .....	87
4.8 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum ( <i>KAO</i> ) .....	88
4.9 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban .....	91
4.10 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran ( <i>VMA</i> ) Terhadap Variasi Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban.....	92
4.11 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran ( <i>VIM</i> ) Terhadap Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban .....	93
4.12 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal ( <i>VFB</i> ) terhadap Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban .....	94
4.13 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban.....	96

	Halaman
4.14 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Variasi Penambahan Kadar Serbuk Ban .....	97
L20.1 Lokasi Pengambilan Sampel Material di Jalan Bukit Tunggal Kelurahan Tangkiling .....	124
L20.2 Lokasi Pengambilan Sampel Material di Jalan Poros Upt KM.38 Kelurahan Tangkiling .....	124
L20.3 Sampel Agregat kasar, Pasir,dan Abu Batu .....	125
L20.4 Pencucian Agregat .....	125
L20.5 Pengeringan Agregat dengan Oven .....	126
L20.6 Penimbangan Agregat .....	126
L20.7 Proses Pengujian Analisa Saringan.....	127
L20.8 Penimbangan Agregat Sesuai dengan Proporsinya.....	127
L20.9 Bahan Campuran Marshall .....	128
L20.10 Aspal Sesuai dengan Proporsinya .....	128
L20.11 Proses Pelelehan/Pemanasan Aspal dan Material .....	129
L20.12 Pengecekan Suhu Pencampuran Agregat .....	129
L20.13 Memasukan Campuran Aspal Panas ke dalam <i>Mold</i> .....	130
L20.14 Proses Penumbukan/Pemadatan Campuran Aspal Panas .....	130

	Halaman
L20.15 Mengeluarkan Benda Uji dengan <i>Extruder</i> .....	131
L20.16 Benda Uji/Briket Marshall I.....	131
L20.17 Penimbangan Benda Uji/Briket untuk Mendapatkan Berat Kering ..	132
L20.18 Perendaman Benda Uji/Briket .....	132
L20.19 Penimbangan Benda Uji didalam Air untuk mendapatkan Berat Dalam Air.....	133
L20.20 Perendaman Benda Uji dengan Suhu 60° pada <i>Water Bath</i> .....	133
L20.21 Pengujian Marshall I .....	134
L20.22 Komposisi yang didapat KAO ditambah dengan Serbuk Ban .....	134
L20.23 Serbuk Ban yang ditambahkan pada Campuran Aspal Panas .....	135
L20.24 Benda Uji/Briket yang sudah ditambahkan Plastik .....	135
L20.25 Perendaman Benda Uji yang sudah ditambah Plastik dengan Suhu 60° pada <i>Water Bath</i> .....	136
L20.26 Pengujian Marshall II .....	136

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	
Ex. Tangkiling .....	106
Lampiran 2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Ex. Tangkiling .....	107
Lampiran 3 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Abu Batu	
Ex. Tangkiling .....	108
Lampiran 4 Grafik Analisa Saringan Abu Batu Ex. Tangkiling .....	109
Lampiran 5 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	
Ex. Tangkiling .....	110
Lampiran 6 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus Ex. Tangkiling .....	111
Lampiran 7 Grafik Gradasi Gabungan .....	112
Lampiran 8 Tabel Perhitungan dan Grafik Gradasi Gabungan Metode Diagonal .....	113
Lampiran 9 Tabel Perhitungan dan Grafik Gradasi Gabungan Metode <i>Trial and Error</i> .....	114
Lampiran 10 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	
Ex. Tangkiling .....	115
Lampiran 11 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu Ex. Tangkiling .....	116
Lampiran 12 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	
Ex. Tangkiling .....	117
Lampiran 13 Hasil Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i> Agregat Halus	
Ex. Tangkiling .....	118
Lampiran 14 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Ex. Tangkiling ...	119
Lampiran 15 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat .....	120
Lampiran 16 Tabel Perhitungan Marshall I Komposisi I .....	121
Lampiran 17 Grafik Hubungan Parameter Marshall I .....	122
Lampiran 18 Tabel Perhitungan Marshall II Serbuk Ban Terhadap Berat Aspal KAO .....	123

Lampiran 19 Grafik Hubungan Parameter Marshall II Serbuk Ban Terhadap Aspal KAO .....	124
---	-----

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan jalan utama yang menghubungkan suatu kawasan dengan kawasan yang lainnya. Jaringan jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peranan yang sangat penting dalam sektor perhubungan terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi. Untuk menerima beban yang dilewati lalu lintas harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama pada jenis perkerasan jalan guna memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Salah satu jenis campuran perkerasan lentur yaitu Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) sebagai lapis aus, dikenal dengan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC), jenis ini memiliki karakteristik sedikit berongga dalam struktur agregatnya, bergradasi senjang dengan kadar aspal yang relatif tinggi. Dalam hal ini aspal panas sering mengalami pelepasan butiran dan keretakan (Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, 2014).

Badan Pusat Statistik (BPS) merilis data terbaru terkait perkembangan jumlah kendaraan. Pada tahun 2017, jumlah kendaraan yang tercatat BPS sejumlah 138,56 juta unit dan pada tahun 2018 jumlah kendaraan yang tercatat mencapai

146.858.759 unit. Dalam kurun satu tahun pertumbuhan kendaraan naik 10 % atau sekitar 10 juta kendaraan dari tahun sebelumnya. (BPS, 2019). Pertumbuhan jumlah kendaraan merupakan faktor utama kerusakan pada jalan. Hal ini disebabkan karena perkerasan jalan raya yang didesain dengan beban tertentu menerima beban yang lebih besar dari yang direncanakan. Akibatnya, banyak ditemui kerusakan pada jalan sebelum umur rencananya tercapai.

Limbah Ban (ban bekas) merupakan salah satu bahan bekas pakai yang mudah ditemukan diseluruh wilayah dengan jumlah yang relatif cukup tinggi. Ban karet berhubungan erat dengan roda kendaraan. Upaya mengurangi sampah ban kendaraan biasanya dilakukan dengan cara pembakaran ternyata menghasilkan dampak polusi yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan usaha yang serius untuk menangani dan mengolah limbah ban bekas agar dapat mengurangi limbah ban bekas yang ada di lingkungan dengan menggunakannya sebagai bahan perekat dalam campuran aspal. Penggunaan material alternatif untuk meningkatkan kualitas jalan dan menggantikan material alam yang terbatas salah satunya penggunaan serbuk ban bekas.

Penelitian ini melakukan uji coba dengan memanfaatkan serbuk ban bekas kendaraan bermotor yang akan digunakan kembali sebagai bahan tambah dalam campuran aspal untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pada campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC). Penggunaan serbuk ban bekas sebagai bahan tambah dalam penelitian ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan dalam perencanaan perkerasan lentur yang memiliki sifat elastisitas

dan daya tahan yang tinggi terhadap keretakan serta mampu mengurangi limbah yang tidak dapat terurai secara alami.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah agregat yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) memenuhi persyaratan spesifikasi ?
2. Bagaimana komposisi *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) ?
3. Berapa nilai kadar aspal optimum (KAO) dan nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan pada komposisi campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) ?
4. Berapa nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan menggunakan kadar bahan tambah serbuk ban dengan *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC) dari variasi kadar tambah 2%, 4%, 6%, 8%, 10% terhadap berat aspal yang diperoleh dari kadar aspal optimum (KAO) ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis sifat-sifat fisik agregat yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC).
2. Menganalisis proporsi dari komposisi yang digunakan pada campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC).

3. Menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) serta nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan pada Komposisi campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.
4. Menganalisis nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan menggunakan bahan tambah serbuk ban dengan variasi kadar bahan tambah yang direncanakan.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun lingkup penelitian ini terbatas pada ;

1. Pemeriksaan sifat-sifat agregat berdasarkan metode dan standar Bina Marga.
2. Campuran aspal yang dipakai pada penelitian terdiri dari ;
  - a) Aspal keras penetrasi 60/70.
  - b) Agregat berasal dari Tangkiling.
3. Bahan tambah yang digunakan adalah *Tread* sebagai ban luar dari kendaraan bermotor roda dua.
4. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Penulis, sebagai aplikasi atau penerapan langsung terhadap bidang keahlian yang menjadi topik skripsi.
2. Bagi Akademisi, sebagai tambahan bahan kajian atau referensi untuk penelitian lebih lanjut/terkait.
3. Bagi Praktisi, sebagai metode alternatif pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan guna peningkatan kualitas jalan menggunakan bahan campuran serbuk ban bekas dalam upaya pelestarian lingkungan.

### 1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi pemeriksaan agregat dan pelaksanaan pengujian Marshall dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.



Sumber : Google Earth (2022)

**Gambar 1.1 Lokasi Penelitian**

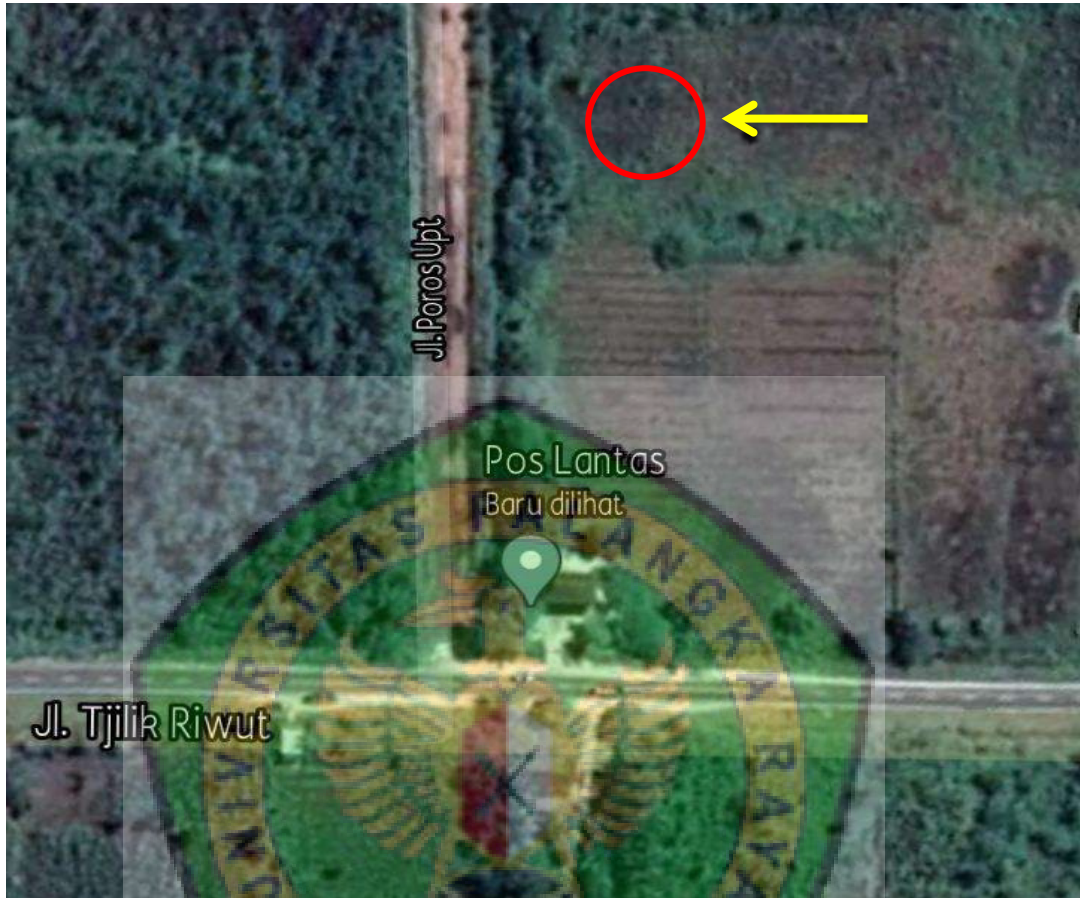
### 1.7 Lokasi Pengambilan Material

Pengambilan material berupa agregat kasar dan abu batu berada di Jalan Bukit Tunggal km. 36, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya. Untuk agregat halus pengambilan material berada di Jalan Poros UPT km. 38, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 1.3 berikut ini :



Sumber : Google Earth (2022)

**Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Agregat Kasar**



Sumber : Google Earth (2022)

Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Agregat Halus

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2003) menjelaskan bahwa, perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memberikan pelayanan kepada sarana transportasi. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Menurut Suprpto (2000) menjelaskan bahwa, perkerasan merupakan lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Karena tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang.

#### 2.2 Konstruksi Perkerasan

Menurut Sukirman (1999), konstruksi perkerasan jalan pada dasarnya merupakan perpaduan antara campuran kerikil dan pasir dengan bahan pengikat semen atau aspal, berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

- a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan - lapisan

perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

- b. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah, beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
- c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

**Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku**

No.	Perbedaan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetesi Beban	Timbul Rutting (Lendutan pada jalur roda)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan Bergelombang (Mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4	Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah dan timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah dan timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman(1999)

Menurut Sukirman (1999), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan - lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Bahan yang umum digunakan dalam perkerasan lentur adalah agregat dan aspal yang berfungsi untuk menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan bawahnya. Secara umum susunan konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan adalah bagian yang terletak paling atas. Adapun fungsi dari lapis permukaan sebagai berikut :

- a) Lapis perkerasan menahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga menjadi aus.
- d) Lapis yang menyebabkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipukul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Menurut Sukirman (1999) guna dapat memenuhi fungsi tersebut pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan tahan lama. Jenis lapisan permukaan yang sering digunakan di Indonesia pada umumnya terdiri dari:

- a. Lapisan bersifat *nonstructural*, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, antara lain:

- i) Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis)
  - ii) Burda (Laburan Aspal Dua Lapis)
  - iii) Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir)
  - iv) Latasbum (Lapis Tipis Asbuton Murni)
  - v) Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton )
- b. Lapisan bersifat *structural*, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda, antara lain :
- i) Penetrasi Macadam (Lapen)
  - ii) Lasbutag
  - iii) Laston (Lapis Aspal Beton)
2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)
- Lapis pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara pondasi bawah dan lapis permukaan. Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain :
- a) Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan di bawahnya.
  - b) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
  - c) Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas adalah material yang cukup kuat dengan  $CBR > 50\%$  dan plastisitas indeks  $(PI) < 4\%$ . Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas. Jenis lapis pondasi atas yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

- i) Pondasi macadam
- ii) Pondasi telford
- iii) Penetrasi macadam
- iv) Aspal beton pondasi

### 3. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapisan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Adapun fungsi dari lapis pondasi bawah sebagai berikut :

- a) Bagian dari konstruksi perkerasan menyebarkan beban roda ketanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat, mempunyai CBR 20% dan plastisitas indeks (PI)  $\leq 10\%$ .
- b) Efisiensi dalam penggunaan material, material bawah relative lebih murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c) Lapisan peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi
- d) Lapisan pertama agar pekerjaan pondasi dapat berjalan lancar, hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat.
- e) Lapisan ini mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas. Untuk lapisan pondasi bawah harus memenuhi syarat filler :

$$\frac{D_{15} \text{ subbase}}{D_{15} \text{ subgrade}} \geq 5 \qquad \frac{D_{15} \text{ subbase}}{D_{85} \text{ subgrade}} \leq 5$$

Keterangan :

$D_{15}$  = Diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 15%

$D_{85}$  = Diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 85%

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

Lapisan tanah setebal 50-100 cm di atas yang mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Jika ditinjau dari tanah asli maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

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

Menurut Sukirman (2003) kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Masalah-masalah yang sering ditemui menyangkut tanah adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan jalan tersebut rusak. Tanah dengan plastisitas tinggi cenderung mengalami hal tersebut. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat dibawah tanah dasar harus diperhatikan. Daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan oleh nilai CBRnya merupakan indikasi dari perubahan bentuk yang dapat terjadi.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah akibat perubahan kadar air, hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada air optimum sehingga mencapai kepadatan tertentu dan volume perubahan yang

mungkin terjadi dapat berkurang. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan perubahan kadar air pada lapisan tanah dasar.

- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata pada daerah dengan macam-macam tanah yang sangat berbeda. Perencanaan tebal perkerasan dan dibuat berbeda-beda dengan membagi jalan menjadi segmen-segmen berdasarkan sifat tanah yang berlainan.
- d. Daya dukung yang tidak merata akibat pelaksanaan yang kurang baik, hal ini akan lebih jelek pada tanah dasar dari jenis tanah berbutir kasar dengan adanya 10 tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas ataupun akibat berat tanah dasar itu sendiri. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan pengawasan yang baik pada saat pelaksanaan pekerjaan tanah dasar.
- e. Kondisi geologis dari lokasi jalan perlu dipelajari dengan teliti, jika ada kemungkinan lokasi jalan berada pada daerah patahan.

### **2.3 Hot Rolled Sheet (HRS)**

Lapis tipis aspal beton (lataston), atau dikenal dengan nama *Hot Rolled Sheet (HRS)* merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran antara agregat yang bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas, tebal padat antara 2,5 – 3 cm (Sukirman, 2003).

Pada kurun waktu beberapa tahun belakangan ini, *Hot Rolled Sheet (HRS)* telah banyak digunakan di Indonesia sebagai lapisan permukaan karena sifatnya yang kedap air serta tahan lama. Dengan sifat agregatnya yang bergradasi senjang dan mengandung sangat sedikit agregat yang berukuran sedang, sehingga

campuran tersebut dapat menyerap kadar aspal yang relatif tinggi. Hal ini menyebabkan *Hot Rolled Sheet (HRS)* ini juga memberikan suatu permukaan yang sanggup menerima beban tanpa retak.

Rancangan campuran perkerasan aspal meliputi pemilihan jenis aspal, pemilihan material agregat serta penentuan proporsi yang optimum dari agregat dan aspal didalam campuran. Rancangan campuran ini harus mempertimbangkan sifat-sifat kekuatan, ketahanan terhadap retak, ketahanan terhadap kelelahan, kelenturan, kekesatan, kedap air dan mudah dikerjakan.

Tujuan keseluruhan dari rancangan campuran perkerasan aspal adalah mendapatkan hasil yang efektif dari campuran yang dihasilkan, sehingga memiliki:

1. Aspal yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
2. Stabilitas campuran yang cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas tanpa terjadi kerusakan atau penurunan.
3. Rongga yang cukup didalam total campuran yang telah dipadatkan untuk menyediakan sedikit penambahan pemadatan oleh beban lalu lintas dan untuk menyediakan sedikit ruang pemekaran aspal akibat kenaikan suhu tanpa terjadi pembilasan, *bleeding* dan kehilangan stabilitas.
4. Membatasi kadar rongga untuk membatasi permeabilitas bahan terhadap masuknya udara dan kelembaban yang sangat berbahaya kedalam perkerasan.

5. Kemudahan pengerjaan yang cukup untuk memberikan kemudahan dan efisiensi didalam penghamparan tanpa terjadi segregasi dan tanpa mengorbankan stabilitas dan performanya.
6. Untuk campuran lapis permukaan, agregat harus memiliki tekstur permukaan dan kekerasan untuk menyediakan tahan gesek yang cukup pada kondisi cuaca buruk.

#### 2.4 Agregat

Agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran agregat aspal yang berupa berbagai jenis butiran-butiran atau pecahan yang termasuk didalamnya antara lain pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran aspal buatan. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat didalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen dari berat, atau 75 sampai 85 persen dari volume dan memberikan kontribusi biaya, berkisar 30% dari biaya keseluruhan pembangunan jalan. Didalam *Hot Rolled Sheet (HRS)*, agregat kasar digunakan untuk pengembangan volume mortar sehingga campuran menjadi lebih ekonomis, juga untuk mendukung beban lalu lintas.

Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat yang terjadi secara alami adalah pasir, kerikil dan batu. Kebanyakan agregat memerlukan beberapa proses seperti dipecah, dicuci sebelum agregat tersebut bisa digunakan. Agregat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu:

## 1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan (Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018).

**Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12%	
	Magnesium sulfat		Maks.18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles <sup>1)</sup>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks.6%	
		500 putaran	Maks.30%	
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.8%
		500 putaran		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%	
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5%	
	Lainnya		Maks. 10%	
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 1%	

Sumber: Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

## 2. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya. Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lewat saringan atau ayakan No.4 (4,75 mm) (Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018). Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel. Berkenaan dengan hal ini, sifat-sifat khas yang diperlukan dari

agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik. Dalam konstruksi *Hot Rolled Sheet (HRS)* komposisi agregat halus merupakan bagian yang terbesar sehingga sangat mempengaruhi kinerja pada saat masa konstruksi maupun pada masa pelayanan.

**Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus**

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

Sumber: Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

### 3. Bahan Pengisi (*filler*) Untuk Campuran Beraspal

Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen.60-70. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya dan bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat serta untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen.

## 2.5 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat, yang terdiri dari *hydrocarbons* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna hitam atau kecoklatan, memiliki sifat kedap air dan *adhesive* (*British Standart, 1989*).

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese*, *Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viskositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa pelayanan, aspal mempunyai sifat viskositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan. Sedangkan sifat aspal lainnya adalah :

1. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis.
2. Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang

terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.

3. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Meskipun aspal hanya merupakan bagian yang kecil dari komponen campuran beraspal, namun merupakan bagian terpenting untuk menyediakan ikatan yang awet/tahan lama (*durable*) dan menjaga campuran tetap dalam kondisi kental yang elastis. Adapun beberapa kualitas yang harus dimiliki oleh aspal untuk menjamin performa yang memuaskan, secara mendasar adalah *rheology*, kohesi, adhesi dan durabilitas.

Fungsi aspal dalam campuran agregat aspal adalah sebagai bahan pengikat yang bersifat *visco-elastis* dengan tingkat viskositas yang tinggi selama masa layan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga mudah untuk dipadatkan.

Pada AASHTO (1982) dinyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal, angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka

tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.

Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Semakin tinggi suhu udara dan makin lambat beban yang lewat, maka modulus elastis aspal makin kecil. Lama pembebanan merupakan fungsi dari tebal perkerasan dan kecepatan kendaraan.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Dalam pemilihan jenis aspal yang akan digunakan pada daerah yang beriklim panas sebaiknya aspal dengan indeks penetrasi yang rendah, dalam rangka mencegah aspal menjadi lebih kaku dan mudah pecah (*brittle*). Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

Fungsi kandungan aspal dalam campuran juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal yang berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang lebih lanjut, juga berarti mengurangi penetrasi air dalam campuran.

## **2.6 Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*)**

Agregat yang digunakan untuk Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) sedapat mungkin memenuhi beberapa hal sebagai berikut:

1. Agregat yang digunakan dalam pekerjaan Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) harus sesuai dengan proporsi campuran kerja (*Job Mix Formula*) yang telah direncanakan.
2. Gabungan agregat yang digunakan dalam pekerjaan harus memenuhi kebutuhan gradasi yang disyaratkan.
3. Umumnya digunakan bahan pengisi *filler* ke dalam campuran.

Spesifikasi gradasi agregat yang digunakan dalam campuran Lataston

Lapis Pondasi (*HRS-WC*) dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini :

**Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat untuk *HRS-WC***

Ukuran Saringan (mm)	Berat yang Lolos (%)
3/4"	100
1/2"	90-100
3/8"	75-85
No. 8	50-72
No. 30	35-60
No. 200	6-10

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam spesifikasi campuran yaitu :

1. Komposisi umum campuran

Campuran aspal pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Dalam beberapa keadaan, tambahan bahan pengisi diperlukan untuk menjamin sifat campuran aspal yang disyaratkan.

2. Kadar campuran aspal

Kadar campuran aspal harus ditetapkan sehingga kadar aspal efektif harus tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan. Nilai kadar aspal yang ditetapkan berdasarkan atas data uji harus sesuai dengan persyaratan yang ada.

3. Proporsi komponen campuran

Kemampuan agregat untuk campuran harus ditetapkan dengan fraksi rancangan (*design fraction*). Fraksi rancangan tersebut umumnya tidak sama dengan proporsi takaran yang diperlukan dari agregat kasar, pasir dan bahan pengisi. Dalam menentukan pencampuran yang benar dari beberapa agregat yang tersedia serta bahan pengisi untuk menghasilkan fraksi rancangan yang diperlukan, maka gradasi dari masing-masing agregat yang tersedia dan bahan pengisi harus ditetapkan.

Fraksi rancangan harus berada dalam batas-batas komposisi umum pada Tabel 2.6 berikut ini:

**Tabel 2.5 Penentuan Campuran Nominal HRS-Wearing Course**

<b>Komposisi Agregat</b>	<b>Persen Berat dari Total Campuran HRS-WC</b>
Fraksi agregat kasar	20-40
Fraksi agregat halus	47-67
Fraksi bahan pengisi	5-9
Kadar butiran efektif	> 6,8
Kadar total bitumen actual	> 7,3

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

4. Formula Campuran Kerja (*Job Mix Formula*)

Jumlah total dan kandungan aspal efektif yang dinyatakan sebagai persentase berat dan campuran total yang ditetapkan pada saat campuran dikirim ketempat penghamparan harus dalam keadaan rentang komposisi umum dan batas-batas temperatur. Campuran kerja harus ditetapkan dan kualitas selanjutnya harus dikontrol dari segi fraksir anjakan untuk berbagai agregat.

5. Penerapan formula campuran dan toleransi

Seluruh campuran kerja yang tersedia harus memenuhi formula campuran kerja yang ditetapkan dalam batas rintangan toleransi yang disyaratkan di bawah ini:

a. Toleransi komposisi campuran

Gabungan agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36)  $\pm$  5% berat keseluruhan. Gabungan agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)  $\pm$  1,5% berat campuran keseluruhan.

b. Toleransi temperatur

Material yang meninggalkan tempat percampuran  $\pm$  10°C, material yang diterima di tempat penghamparan  $\pm$  10°C.

6. Sifat campuran yang diperlukan

Bila diuji dengan alat Marshall, campuran laston lapis pondasi (*HRS-WC*) harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.7 berikut ini :

**Tabel 2.6 Persyaratan Sifat Campuran HRS-Wearing Course**

Sifat Campuran	Minimum	Maksimum	Satuan
Kadar aspal efektif	5,9	-	%
Jumlah tumbukan per bidang	50		-
Rongga dalam campuran	3,0	5,0	%
Rongga dalam agregat (VMA)	17	-	%
Rongga terisi aspal	68	-	%
Stabilitas Marshall	600	-	Kg
Marshall Quotient	250	-	kg/mm
Stabilitas Marshall Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(5)</sup>	90	-	%

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

## 2.7 Karakteristik Campuran Aspal

Menurut Sukirman (1999), Pemeriksaan dan pengujian bahan perkerasan jalan raya yang menggunakan bahan perkerasan aspal dilakukan untuk mengendalikan mutu bahan perkerasan. Pengendalian yang dimaksud adalah agar jenis dan mutu bahan perkerasan yang akan diusahakan sesuai dengan rencana kebutuhan yang ada. Dengan kata lain penggunaan bahan perkerasan harus sesuai dengan kondisi di lapangan. Suatu campuran aspal agar dapat berfungsi dengan baik, harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

### 1. Stabilitas

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk

tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleending*. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan sebagai berikut:

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*Dense graded*)
- b. Agregat dengan permukaan yang kasar.
- c. Agregat berbentuk kubus.
- d. Aspal dengan penetrasi rendah.
- e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

2. *Durabilitas* ( Keawetan /daya tahan)

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, *Durabilitas* diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.
- b. VIM (*Voids in Mix*) kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh / getas.
- c. VMA (*Voids in Mineral Agregat*) besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan

terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.

### 3. Fleksibilitas (Kelenturan)

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

### 4. *Skid Resistance* (Tahanan geser/kekesatan)

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, tahanan geser merupakan kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antar permukaan jalan dan ban kendaraan. Tahanan geser tinggi jika:

- a. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi *bleeding*.
- b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus.
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

#### 5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

#### 6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Sukirman (1999) menjelaskan bahwa, yang dimaksud dengan kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan sesuai harapan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah:

- 1) Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.
- 2) Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat *termoplastis*.
- 3) Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

## 2.8 Metode Perencanaan Campuran

Metode perencanaan campuran tentunya diperlukan untuk memenuhi spesifikasi, sehingga diharapkan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi kriteria yang baik dan agregat yang tersedia.

Metode perencanaan campuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Metode Standar Bina Marga. Metode ini dipakai untuk menghitung perkerasan aspal yang digelar di atas *subgrade* yang telah dipadatkan (sistem dua lapisan).

Rencana ketebalan didasarkan kepada pembahasan berikut :

1. Perpanjangan relatif horizontal pada lapisan di bawah aspal, untuk mengurangi retak akibat kelelahan pada *asphalt concrete*.
2. Tegangan tekanan vertikal pada permukaan lapisan *subgrade*, untuk mengurangi gaya-gaya yang mengakibatkan *rutting* pada permukaan.

Perencanaan campuran dengan metode ini bertitik tolak pada stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu yang menjadi dasar adalah gradasi agregat campuran yang harus memenuhi lengkung *Filler*. Gradasi gabungan yang dipergunakan pada metode ini adalah agregat bergradasi baik atau menerus.

Dari data analisa butiran masing - masing jenis material, selanjutnya dapat direncanakan bagaimana komposisi perbandingan campuran gabungan yang memenuhi persyaratan gradasi.

Banyak cara untuk merencanakan komposisi perbandingan campuran antara lain:

## 1. Cara Coba-coba ( *Trial and Error* )

Prinsip dan cara coba-coba (*Trial and Error*) adalah sebagai berikut :

- a. Memahami batas gradasi yang disyaratkan.
- b. Memasukan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
- c. Memasukan persentase lolos saringan pada masing-masing jenis agregat kedalam persentase lolos.
- d. spesifikasi ideal pada kolom target *value*, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
- e. Mengambil salah satu spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal ini agregat kasar, sedang dan halus kemudian dicampur ketiganya dengan jumlah 100% dan nilai gabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang kita ambil.
- f. Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dan ketiga agregat, yang lain dihitung atau digabung dengan presentase yang sama. Sehingga dapat dipergunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas.

## 2. Cara Diagonal

Prinsip dan langkah cara diagonal adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui gradasi ideal yang akan digunakan dan persyaratan gradasi yang ditentukan.
- b. Menggambar empat persegi panjang dengan ukuran (10 x 20) cm pada milimeter blok.
- c. Membuat garis diagonal dari ujung kiri bawah ke ujung kanan atas.

- d. Sisi vertikal menyatakan persentase lolos saringan dengan skala 0 di bawah dan 100 diatas.
- e. Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai ideal tersebut diletakkan pada garis diagonal berupa titik.
- f. Dan tiap titik pada diagonal ditarik garis vertikal untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
- g. Digambar grafik gradasi dan masing-masing fraksi yang akan dicampur.
- h. Untuk menentukan persentase agregat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama pada suatu garis lurus.
- i. Pada garis tersebut ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat persentase agregat kasar yang diperlukan.
- j. Langkah h dan i diulangi untuk mendapatkan persentase agregat halus dan bahan pengisi *filler*.

Setelah diperoleh komposisi dan setiap jenis fraksi agregat, dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana persentase masing-masing fraksi yang 33 akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan persentase lolos untuk masing-masing nomor saringannya. Kemudian dijumlahkan untuk masing-masing nomor saringan lalu dilihat apakah gradasi tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan sesuai jenis campuran yang akan dibuat. Hasil penggabungan agregat diusahakan mendekati ideal spec. Jika melalui grafik diagonal tepat, maka digunakan cara coba-coba (*Trial and Error*), yaitu

menentukan terlebih dahulu persentase dari masing-masing agregat (tanpa mengubah persen lolos). Kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat. Selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan dilihat apakah hasilnya mendekati nilai *ideal spec.* selanjutnya dibuat grafik penggabungan agregat dan grafik spesifikasinya, setelah itu dihitung berat masing-masing fraksi yaitu persentase fraksi dikali dengan kapasitas *mould.*

Berat masing-masing fraksi campuran ini, dibagi-bagi lagi berdasarkan ukuran saringan sesuai dengan persentase tertahan agregatnya yang akan digunakan untuk pembuatan briket benda uji.

### 3. Cara Grafis

Prinsip dan cara grafis adalah sebagai berikut:

- a. Membuat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10 cm) sebanyak dua buah pada kertas millimeter blok.
- b. Untuk sisi kiri merupakan persentase agregat kasar.
- c. Plot pada garis tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.
- d. Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama.
- e. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi.
- f. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat.
- g. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal.

- h. Tarik garis yang membagi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini dapat ditentukan persentase agregat kasar dan halus.
- i. Pada bujur sangkar yang ke dua, tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan.
- j. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan.
- k. Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat sedang serta agregat halus.
- l. Tentukan spesifikasi yang berlaku.
- m. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat.
- n. Tarik garis vertikal dari masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut.
- o. Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan persentase agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus.

Setelah didapat perbandingan komposisi dan masing-masing agregat maka selanjutnya akan dibuat beberapa contoh campuran dengan variasi kadar aspal. Bruce Marshall mengembangkan suatu metode untuk pembuatan dan pengujian benda uji. Metode ilmiah inilah yang akhirnya dikenal dengan istilah “Metode *Marshall*”.

Pemeriksaan terhadap benda uji (*briket*) dilakukan dengan alat *Marshall*, untuk menentukan ketahanan/stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dan campuran aspal dan agregat. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) yang berkapasitas 2.500 kg atau 5.000

pound proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur stabilitas campuran dan terhadap pula arloji lelehan (*flow meter*) untuk mengukur kelelehan plastis (*flow*).

## 2.9 Perencanaan Campuran Pembentukan Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*)

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan komposisi campuran yang memenuhi spesifikasi, menghasilkan campuran yang memenuhi kinerja yang baik dari agregat yang tersedia. Campuran beton aspal pada umumnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan aspal. Bahan tambah (*filler*) akan diperlukan bila agregat (pasir dan batuan) yang dipakai tidak cukup mengandung bahan halus (fraksi abu) yang dibutuhkan untuk sifat campuran aspal tersebut agar memenuhi standar persyaratan pengujian *Marshall*

### 1. Pengujian Material

Sebelum merencanakan campuran aspal, terlebih dahulu harus dilaksanakan pengujian material agregat kasar, halus, *filler* dan aspal. Sifat-sifat material yang digunakan harus memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

### 2. Penentuan Gradasi Agregat

Gradasi masing-masing jenis agregat (kasar, halus, dan *filler*) mungkin saja ditentukan dalam spesifikasi suatu jenis campuran aspal panas. Demikian pula 36 gradasi agregat gabungannya. Gradasi agregat gabungan bisa diperoleh dengan mencampurkan (*blending*) agregat kasar, halus dan mineral pengisi (*filler*). Teknik mencampur (*blending*) agregat dapat dilaksanakan secara analitis maupun secara grafis.

Perencanaan gradasi agregat untuk campuran aspal di laboratorium, bisa dilaksanakan tanpa memblending agregat, yaitu berdasarkan gradasi ideal (batas tengah) spesifikasi gradasi agregat gabungan yang ditentukan. Masing - masing ukuran butir agregat diperoleh dengan mengayak agregat sesuai ukuran ayakan yang ditentukan. Kemudian proporsi agregat dicari berdasarkan kumulatif persentase lolos gradasi ideal.

### 3. Estimasi Kadar Aspal Awal

Untuk menentukan kadar aspal awal terdapat beberapa pendekatan, yaitu dengan formula sebagai berikut :

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

Keterangan :  $P_b$  = % kadar aspal awal terhadap berat total campuran

$\%CA$  = % agregat kasar (*coarse aggregate*) terhadap berat total agregat

$\%FA$  = % agregat halus (*fine aggregate*) terhadap berat total agregat

$\%FF$  = % *filler* terhadap berat total agregat

$K$  = Nilai konstanta kira-kira 2,0 sampai 3,0 untuk lataston.

### 4. Kriteria Perencanaan Campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*)

Ada beberapa kriteria campuran Lataston Lapis Aus yang menjadi acuan bagi para perencana dalam melakukan perencanaan, yaitu:

#### a. Sifat-sifat campuran

Sifat-sifat campuran beton aspal jenis Lataston atau *HRS* harus memenuhi batas-batas rencana seperti pada tabel 2.8 berikut:

**Tabel 2.7 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston**

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	17	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90	

Sumber: Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

b. Gradasi Agregat Gabungan Campuran

Persyaratan gradasi agregat gabungan campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet–Wearing Course*) umumnya harus berada dalam batas spesifikasi yang disyaratkan, seperti pada tabel 2.9 berikut:

**Tabel 2.8 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal**

Ukuran Saringan		HRS–Wearing Course
(mm)	(Inci)	
37,5	1,5	-
25	1	-
19	$\frac{3}{4}$	100
12,5	$\frac{1}{2}$	90-100
9,5	$\frac{3}{8}$	75-85
2,36	No. 8	50-72
0,6	No. 30	35-60
0,075	No. 200	6-10

Sumber: Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

## 2.10 Serbuk Ban Sebagai Bahan Aditif pada Campuran Aspal

Shukla (2014), modifikasi campuran aspal beton dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti memodifikasi pengikat dengan menggunakan polimer, remah karet dan lain – lain yang dapat memperkuat campuran dari aspal beton. Penguat serat digunakan sebagai penghalang celah, bukan sebagai penguat dari elemen, yang berfungsi untuk membawa beban tarik serta untuk mencegah pembentuk dan penyebaran keretakan.

Ban adalah bagian penting dari kendaraan darat, dan digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidak teraturan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Sebagian besar ban yang ada sekarang, terutama yang di gunakan untuk kendaraan bermotor.

Pada tahun 1845 Thompson dan Dunlop menciptakan ban atau pada waktu itu disebut ban hidup alias ban rongga udara. Sehingga Thompson dan Dunlop disebut Bapak Ban. Dengan perkembangan teknologi Charles Kingston Welch menemukan ban dalam, sementara William Erskine Bartlett menemukan ban luar.

Kini para produsen ban semakin berlomba untuk memproduksi ban yang memiliki kualitas baik dan berteknologi tinggi agar dapat beradaptasi dengan kondisi jalan segenas apapun. Disamping itu konstruksi dipacu dengan cepat di jalan yang licin, kendaraan tetap nyaman dan tidak selip, namun para produsen tidak memikirkan limbah ban bekas, sehingga sampai saat ini hanya dimanfaatkan sebagai kerajinan sandal, tempat sampah, dan sebagainya.

1. Bagian – bagian ban

- a. *Tread* adalah bagian telapak ban yang berfungsi untuk melindungi ban luar dari benturan, tusukan objek dari luar yang dapat merusak ban. *Tread* dibuat banyak pola yang disebut *Pattern*.
- b. *Breaker* dan *Belt* adalah bagian lapisan benang (pada ban biasa terbuat dari tekstil, sedangkan pada ban radial terbuat dari kawat) yang diletakkan di antara *tread* dan *casing*. Berfungsi untuk melindungi serta meredam benturan yang terjadi pada *Tread* agar tidak langsung diserap oleh *Casing*.
- c. *Casing* adalah lapisan benang pembentuk ban dan merupakan rangka dari ban yang menampung udara bertekanan tinggi agar dapat menyangga ban.
- d. *Bead* adalah bundelan kawat yang disatukan oleh karet yang keras dan berfungsi seperti angkur yang melekat pada *vleg*.

Bagian ban yang bernama *Tread* sebagai pelapis ban bermotor, lapisan ini berbentuk lembaran karet yang lunak sehingga mudah untuk dibentuk. Karet padat bahan ban ini mempunyai sifat elastisitas yang kemungkinan besar dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal, karena sifatnya sama seperti karet alam. Karena lapisan karet ini masih berbentuk padat maka di dalam percobaan di laboratorium karet dicairkan dengan cara dicampur aspal pada saat penggorengan aspal.

Campuran dari karet padat bahan ban terdiri dari :

- a. 14% karet alami

- b. 27% karet sintetis
- c. 10% minyak
- d. 28% karbon - hitam / jelaga (*carbo black*)
- e. 13% bahan pengisi lain
- f. 4% bahan - bahan petrokimia
- g. 4% serat organik

### 2.11 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (*stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Nilai stabilitas minimal sebesar 600 kg dan nilai *flow* minimal 3 mm (Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2018). Pengujian marshall dilakukan setelah benda uji direndam didalam water bath terlebih dahulu.

Aspal beton dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan tambah yang dicampur secara merata pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk beton aspal padat. Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian karakteristik marshall antara lain:

#### 1. Stabilitas Marshall

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk

menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

## 2. *Flow* (Kelelehan)

*Flow* adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya *deformasi*. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial *flow* biasanya dalam satuan mm (millimeter). Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

## 3. *Density* (Kepadatan)

*Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan

mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Nilai kepadatan/*density* dihitung dengan rumus berikut:

$$g = c / f \dots\dots\dots (2.2)$$

$$f = d - e \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

#### 4. Rongga Udara (VIM)

VIM adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat naiknya suhu udara. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Rongga udara dalam campuran ( $V_a$ ) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat

yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = \left( 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \% \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

G<sub>mm</sub> = Berat jenis maksimum campuran.

G<sub>mb</sub> = Berat jenis curah campuran padat.

#### 5. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan keelehan. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan sedangkan nilai MQ yang terlalu rendah dapat berakibat alur dan bleeding. Semakin besar nilai MQ berarti campuran aspal semakin kaku dan kurang lentur sehingga mudah retak sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur dan plastis sehingga mudah mengalami perubahan bentuk saat menerima beban lalu lintas yang tinggi.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

#### 6. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif

(tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = \left( 100 \times \frac{Gmb - Ps}{Gsb} \right) \% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

VMA = Rongga dalam agregat mineral

Gsb = Berat jenis curah agregat

Ps = Agregat, persen berat total campuran

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

#### 7. *Void Filled With Asphalt* (VFA)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan bleeding. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film

aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$VFA = \left( \frac{100-(VMA-VIM)}{VMA} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

VFA = Volume rongga antar butir agregat yang terisi aspal persentase dari VMA.

VMA = Rongga dalam agregat mineral

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

#### 8. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan sisa dianalisis dari data-data hasil pengujian terhadap sifat-sifat mekanik benda uji (*stabilitas* dan *flow*) dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama diuji stabilitas Marshallnya dengan perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan kelompok kedua diuji setelah perendamannya pada suhu 60°C selama T2. Kemudian ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Marshallnya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

S<sub>1</sub> = Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 menit

S<sub>2</sub> = Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 menit

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

9. Berat jenis maksimum aspal beton yang belum didapatkan (Gmm)

Berat jenis maksimum dari campuran aspal beton yang belum didapatkan (Gmm) adalah berat jenis campuran aspal beton tanpa pori/udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

$P_s$  = Kadar agregat, % terhadap berat aspal beton padat

$P_a$  = kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %

$G_{se}$  = Berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal beton padat.

$G_a$  = Berat jenis aspal

10. Berat jenis bulk aspal beton padat (Gmb)

Berat jenis bulk dari aspal beton padat (Gmb) dapat diukur dengan mempergunakan:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

$G_{mb}$  = Berat jenis bulk dari aspal beton padat

$B_k$  = Berat kering aspal beton

$B_{ssd}$  = Berat kering permukaan dari aspal beton yang telah didapatkan,

$B_a$  = Berat aspal beton padat di dalam air

## 2.12 Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Harmadhana (2016), melakukan penelitian untuk mengetahui nilai campuran aspal konvensional pen 60/70 dan pengaruh tambahan *crumb rubber* berupa ban karet bekas yang dicampurkan dengan dengan aspal pen 60/70. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan menggunakan standart gradasi aspal porus spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA). Nilai karakteristik campuran aspal porus yang ditinjau yaitu, *stability*, *flow*, *cantabro loss*, dan *asphalt flow down*, dengan menggunakan variasi kadar aspal 4,5%, 4,75%, 5%, 5,25%, 5,5% dan juga digunakan variasi kadar *crumb rubber* 3,5%, 4,5%, 5,5%, dan 6,5%. Penggunaan aspal konvensional penetrasi 60/70 tidak mampu memenuhi seluruh persyaratan yang ditetapkan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA). Nilai stabilitas maksimum pada kadar aspal 5,5% tanpa penambahan ban karet sebesar 327 kg (tidak memenuhi standar nilai stabilitas minimum yaitu 500 kg) dan kadar aspal optimum (KAO) didapat sebesar 5,1%. Sedangkan pada aspal yang di tambah dengan ban karet sebanyak 3,5%, 4,5%, 5,5% dan 6,5%, terjadi peningkatan nilai stabilitas masing-masing adalah 486 kg, 496 kg, 645 kg, dan 533 kg. Penggunaan ban karet dapat meningkatkan nilai stabilitas sehingga memenuhi persyaratan yang ada. Proporsi penambahan ban karet pada nilai 5,5% menghasilkan efek yang paling baik.

Limbah ban karet juga dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk jenis campuran aspal yang lain, seperti penelitian yang dilakukan oleh Darunifah (2007) tentang pengaruh penambahan karet padat terhadap karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet - Wearing Course* (HRS-WC). Penelitian tersebut menjelaskan

bahwa kinerja campuran agregat aspal pada konstruksi perkerasan jalan dicoba untuk ditingkatkan dengan cara memodifikasi campuran aspal sehingga didapatkan perubahan sifat campuran aspal, khususnya pada prestasi dan titik lembeknya dengan menambahkan bahan tambahan karet padat bahan vulkanisir sehingga diharapkan pada penelitian ini bisa mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur 9 dan keelastisitasannya. Penelitian dilakukan dengan jalan membandingkan beberapa campuran aspal yang menggunakan beberapa variasi kadar karet pada aspal ( 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa KAO yang dipakai (7,1%) sangat memengaruhi hasil dari nilai *Density*, VMA, VIM, Flow, Stabilitas, MQ dan IRS. Camuran HRS-WC dengan berbagai modifikasi prosentase karet pada aspal mampu meningkatkan serta mempertahankan kerapatannya, ikatan antar agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat semakin kuat sehingga dapat menahan beban lalu lintas yang berat tanpa terjadi *bledding*, keawetannya meningkat, elastisitas aspal meningkat dan semakin fleksibel. Penambahan karet pada aspal belum tentu menghasilkan kualitas campuran aspal yang jelek. Untuk jenis campuran HRS-WC dengan variasi kadar karet pada aspal akan menghasilkan nilai struktural campuran aspal yang lebih baik sewaktu kadar aspal 7,1% dengan penambahan karet pada aspal sebesar 2%.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah cara untuk memperoleh hasil dari penelitian secara keseluruhan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental yaitu, metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan untuk mendapatkan data dan selanjutnya diolah untuk mendapatkan hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada.

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk menganalisis penggunaan serbuk ban bekas sebagai bahan tambah pada aspal dalam lapisan Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*). Dalam penelitian di Laboratorium diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap proporsi perencanaan campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*) yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji (*briket*) untuk dilakukan uji Marshall sehingga diketahui karakteristik campuran tersebut.

#### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.

### 3.3 Pengambilan Material

Pengambilan material berupa agregat kasar dan abu batu berada di Jalan Bukit Tunggal km. 36, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya. Untuk agregat halus pengambilan material berada di Jalan Poros UPT km. 38, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya.

### 3.4 Pengambilan Data Sampel

Pengambilan data dilakukan dengan membuat benda uji (*briket*) sebanyak 30 buah dalam 2 kali percobaan. Percobaan pertama dibuat 15 benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Percobaan kedua, Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat pada percobaan pertama digunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 15 buah benda uji, yang terdiri dari 5 variasi persentase berat serbuk ban bekas terhadap berat aspal yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO). Tiap variasi persentase berat serbuk ban dibuat 3 buah benda uji. Pembuatan dan pengujian benda uji ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

### 3.5 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Pengambilan material berupa agregat kasar dan abu batu berada di Jalan Bukit Tunggal km. 36, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya. Untuk agregat halus pengambilan material berada di Jalan Poros UPT km. 38, Bukit Batu, Tangkiling, Kota Palangka Raya.
2. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.
3. Bahan tambah (*Additive*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk ban luar yang berasal dari limbah/bahan bekas pakai dari kendaraan bermotor yang berada di Kota Palangka Raya.

### 3.6 Alat-Alat Penelitian

1. Alat Untuk Mengukur Sifat Fisik Agregat

- a. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut :

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,2%, untuk menimbang bahan yang akan diuji.
- 2) Satu set saringan meliputi saringan dengan ukuran 19 mm (3/4"), 12,5 mm (1/2"), 9,5 mm (3/8"), No.8, No.30, No.200.
- 3) *Oven*, mesin pengguncang saringan, *stopwatch*, talam-talam, kuas, sendok, dan alat-alat lainnya.

b. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

1) Berat jenis dan penyerapan agregat kasar Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a) Keranjang yang berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No.6 atau No.8) dengan kapasitas  $\pm 5$  Kg, keranjang digunakan untuk meletakkan sampel dan tempat pengayak agregat dari sisa air.
- b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, sebagai tempat merendam benda uji.
- c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang, untuk menimbang bahan yang akan diuji.
- d) *Oven* yang dilengkapi dengan pengatur suhu sampai  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
- e) Alat pemisah contoh dan saringan No.8.

2) Berat jenis dan penyerapan agregat halus Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut :

- a) Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih digunakan untuk menimbang bahan, *piknometer* dengan kapasitas 500 ml digunakan untuk mengukur massa jenis atau *densitas fluida*. kerucut terpancung dengan diameter  $(90 \pm 3)$  mm digunakan untuk mengisi benda uji.
- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat  $(340 \pm 1)$  kg dengan diameter permukaan penumbukan  $(25 \pm 3)$  mm.

berguna untuk memadatkan benda uji yang dimasukan kedalam kerucut terpancung.

c) Saringan No.8, talam, bejana tempat air, *oven* pengukur suhu, tungku pemanas (*hot plate*), *stopwatch*, dan lap bersih.

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar Peralatan yang digunakan dalam pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut :

1) Mesin *los angeles* dan bola-bola dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400 gram sampai dengan 440 gram sebanyak 11 buah. Bertujuan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12 terhadap berat semula dalam persen.

2) Saringan No.12 dan saringan-saringan lainnya. Berguna untuk menyaring bahan sesuai dengan ketentuan lolos saringan.

3) Timbangan dan *oven* dengan pengaturan suhu. Berguna untuk menimbang bahan dan *oven* berguna sebagai pengering benda uji sampai suhu yang sudah ditentukan.

d. Pemeriksaan Kadar Lempung pada Agregat Halus Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan kadar lempung pada agregat halus sebagai berikut :

1) Tabung *sand equivalent*, beban *equivalen* dan larutan standar. Berguna untuk mengetahui kadar lempung yaitu dengan memasukan bahan kedalam tabung *sand equivalent* kemudian dimasukkan larutan standar.

2) Talam, saringan No.8, sumbut karet gabus, corong dan *stopwatch*.

Talam berfungsi sebagai tempat menaruh sampel, saringan No.8, karet gabus berfungsi sebagai penutup tabung *sand equivalent* ketika dikocok dan *stopwatch* berfungsi sebagai pengukur waktu ketika tabung *sand equivalent* dikocok.

## 2. Alat Pembuatan dan Pemeriksaan Benda Uji

a. Pembuatan Benda Uji Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Sejumlah cetakan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm (4 inci) dan tinggi 7,5 cm (3 inci) lengkap dengan pelat atas dan leher sambung. Berfungsi untuk cetakan benda uji dan pelat alas sebagai alas benda uji.
- 2) Alat pengukur benda
- 3) Penumbuk yang memiliki permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh benda 45,7 cm. berfungsi menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pematat terdiri dari balok kayu yang dilapisi dengan pelat baja.
- 5) *Oven* dengan pengatur suhu, kompor, timbangan, wajan, talam-talam, sendok pengaduk, *thermometer*, kertas saring dan sarung tangan.

b. Pemeriksaan Benda Uji Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Timbangan yang dilengkapi dengan keranjang penggantung berkapasitas 5 kg. berguna untuk menimbang beda uji.
- 2) Bak perendam (*water bath*), yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Berguna untuk tempat merendam benda uji.
- 3) Alat *Marshall* yang dilengkapi dengan :
  - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung. Berguna untuk menekan benda uji agar diketahui nilai tekannya.
  - b. Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2.500 kg atau 5.000 pound dilengkapi dengan arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm. digunakan untuk mengukur nilai stabilitas.
  - c. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 beserta kelengkapannya. Berguna untuk mengukur tingkat kelelahan benda uji.

### 3.7 Cara Penelitian

#### 1. Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat

Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat halus dilakukan pada suatu perencanaan campuran yang akan dipergunakan pada lapisan perkerasan. Agregat dapat digunakan untuk bahan perkerasan, apabila telah melalui pemeriksaan dan memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Pemeriksaan terhadap agregat tersebut dilakukan untuk memperoleh data yang akan digunakan pada perencanaan campuran, data yang diperlukan dalam

perencanaan campuran meliputi : data gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, keausan agregat dan kadar lempung yang terkandung dalam agregat.

## 2. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada metode pemeriksaan gradasi agregat kasar maupun halus menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1968-1190. Peralatan yang digunakan adalah : timbangan, satu set saringan, *oven*, alat pemisah contoh, mesin pengguncang saringan, stopwatch, talam, kuas sikat, sendok dan lain-lain.

Adapun langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut :

- a. Sampel dikeringkan dalam *oven* dengan suhu 110°C sampai berat tetap.
- b. Sampel ditimbang sesuai kebutuhan (masing-masing 1 kg untuk agregat kasar dan halus).
- c. Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati diatas saringan No. 200, agregat yang tertahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.
- d. Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam *oven* dengan suhu 110°C.
- e. Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang saringan selama 15 menit.
- f. Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat sampel pada masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

### 3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dibagi atas :

#### a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1969-1190. Pemeriksaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan berat jenis kering *oven* (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan jenuh atau *saturated surface dry* (SSD), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan agregat kasar. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan ukuran 1 inchi dan tertahan saringan No. 8.

Adapun prosedur pelaksanaan dan pemeriksaan ini adalah sebagai berikut :

- 1) Timbang sampel kering *oven* seberat 5 kg.
- 2) Cuci sampel sampai bersih dengan hati-hati supaya tidak ada yang terbang.
- 3) Keringkan sampel dalam *oven* dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 24$  jam.
- 4) Keluarkan sampel dan dinginkan selama 1-3 jam pada suhu ruangan, kemudian timbang dan catat beratnya sebagai (Bk).
- 5) Rendam sampel dalam air selama  $\pm 24$  jam.
- 6) Keluarkan sampel dari dalam air, kemudian keringkan sampel sampai kering permukaan jenuh.
- 7) Timbang sampel kering permukaan jenuh dan catat beratnya sebagai (Bj).
- 8) Timbang sampel dalam air dan catat beratnya sebagai (Ba).

Perhitungan berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$Bj. \text{ Kering Oven (Bulk)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Bj. \text{ Kering Permukaan (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - B} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Bj. \text{ Semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{Penyerapan agregat} = \frac{Bj - B}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1970-1190. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh atau *saturated surface dry* (SSD), berat jenis semua (*apparent*) dan penyerapan air agregat halus. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan No.8.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

- 1) Timbang sampel kering oven sebanyak 1 kg.
- 2) Rendam sampel dalam air selama 24 jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati supaya butiran tidak ada yang hilang.
- 4) Hamparkan sampel di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balik sampel. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.

- 5) Periksa sampel pada keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan sampel ke dalam kerucut terpancung dalam tiga lapis dan padatkan 25 tumbukan.
- 6) Angka kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila sampel mengalami keruntuhan akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 7) Timbang sampel seberat 500 gram dan masukan ke dalam *piknometer*.
- 8) Isi *piknometer* dengan air suling sampai sampel terendam seluruhnya.
- 9) Letakkan *piknometer* di atas pelat pemanas (*hot plate*) kemudian didihkan selama 10 menit untuk mengeluarkan udara yang terserap di dalam sampel.
- 10) Dinginkan *piknometer* yang berisi sampel dan rendam *piknometer* dalam air dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  sampai suhu dalam *piknometer* menunjukkan  $25^{\circ}\text{C}$ .
- 11) Tambahkan air suling sampai tanda batas kalibrasi dan keringkan bagian luar *piknometer* dengan lap bersih, kemudian timbang *piknometer* yang berisi sampel dan air suling (Bt).
- 12) Keluarkan sampel dan keringkan dalam *oven* dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- 13) Keluarkan sampel dalam *oven*, dinginkan kemudian timbang (Bk).
- 14) Isi *piknometer* dengan air suling sampai batas *kalibrasi* dan timbang (B).

Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Bj. Kering Oven (bulk)} = \frac{BK}{B+500-Bt} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$\text{Bj. Kering Permukaan (SSD)} = \frac{500}{B+500-Bt} \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\text{Bj. Semu (apparent)} = \frac{BK}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\text{Penyerapan Agregat} = \frac{500-B}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.8)$$

#### 4. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-1991.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- b. Keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Timbang sampel sesuai gradasi atau spesifikasi yang digunakan.
- d. Masukkan sampel ke dalam mesin Los Angeles.
- e. Masukkan bola-bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- f. Putar mesin Los Angeles dengan jumlah putaran 500 kali.
- g. Keluarkan sampel dengan molen, kemudian saring dengan saringan No. 12.
- h. Material yang lolos saringan No. 12 dibuang, sedangkan material yang tertahan saringan No. 12 langsung dicuci sampai bersih, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.

- i. Keluarkan sampel dari dalam *oven* dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

Dari hasil percobaan ini, nilai keausan agregat kasar dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

a = berat total sampel semula (5000 gram)

b = berat sampel yang tertahan saringan No. 12

#### 5. Pemeriksaan Kadar Lempung Agregat Halus

Pemeriksaan yang dilakukan untuk menentukan kadar lempung yang dikandung oleh agregat yang lolos saringan No. 8, sesuai dengan prosedur AASHTO T.176-73 (1982), dengan menggunakan tabung *sand equivalent*.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Ambil sampel (pasir) sebanyak 85 ml kemudian keringkan di dalam *oven* dengan suhu 110°C dan dinginkan pada suhu ruang.
- b. Isi tabung *sand equivalent* dengan larutan standar setinggi 5 *strip* (skala tabung *sand equivalent*), kemudian masukkan sampel ke dalam tabung *sand equivalent*, ketuk-ketuk beberapa saat kemudian diamkan selama 10 menit.
- c. Tutup tabung *sand equivalent* dengan penutup karet atau kayu gabus, kemudian dimiringkan sampai arah hampir mendatar dan kocok sebanyak 90 gerakan sejauh 20 cm pada arah mendatar.

- d. Masukkan lagi larutan standar melalui selang ke dalam tabung sampai setinggi skala 15, kemudian diamkan selama 20 menit.
- e. Baca skala pembacaan lumpur.
- f. Masukkan beban *sand equivalent* secara perlahan-lahan sampai beban tersebut berhenti.
- g. Baca skala setelah pembebanan.

Perhitungan untuk nilai *sand equivalent* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai sand equivalent} = \frac{\text{Skala Pasir}}{\text{Skala Lempung}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.10)$$

### 3.8 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan campuran menggunakan Metode *Marshall* yang bertitik tolak pada stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu yang menjadi dasar dari perencanaan ini adalah gradasi agregat campuran. Kadar optimum ditentukan dengan melakukan pemeriksaan *Marshall* di Laboratorium terhadap beberapa benda uji dengan membuat variasi kadar aspal sedangkan proporsi gradasi tetap.

Perencanaan campuran agregat dapat dilakukan dengan menggunakan cara grafik atau analitis. Rumus dasar pencampuran adalah :

$$P = Aa + Bb + Cc + Dd \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :

A, B, C, D = Persen material lolos saringan X dari kombinasi A, B, C, D

a, b, c, d = Proporsi Agregat A, B, C, D dalam campuran

$$a + b + c + d = 1$$

Adapun urutan perencanaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan proporsi komposisi campuran terhadap total agregat.
  - b. Dari hasil perhitungan proporsi/komposisi campuran, selanjutnya dilakukan dengan variasi kadar aspal (5 variasi kadar aspal) yaitu berdasarkan kadar aspal yang telah ditentukan pada spesifikasi teknis.
  - c. Membuat benda uji (*briket*) untuk setiap campuran (untuk 1 variasi kadar aspal dibuat 3 buah *briket*) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat khusus.
  - d. Pemeriksaan benda uji meliputi : keadaan campuran, berat isi campuran, besarnya pori/rongga dalam campuran (*Voids in mixture* atau VIM), besarnya pori/rongga yang terisi aspal (*Voids Filled Bitumen* atau VFB). Kekuatan (*stability*) campuran dan besarnya keelehan (*flow*).
1. Penentuan Proporsi Campuran terhadap Total Agregat  
Data hasil pemeriksaan gradasi agregat yang dilakukan dengan menggunakan analisa saringan akan digunakan untuk merencanakan komposisi campuran agregat yang memenuhi persyaratan. Dalam penelitian ini, ada dua cara perhitungan yang digunakan dalam menentukan proporsi/komposisi campuran, yaitu :
    - a. Cara Diagonal, yaitu berupa perhitungan secara grafis dengan bantuan diagonal untuk menentukan komposisi campuran.

b. Cara Coba-coba (*Trial and Error*), yaitu secara analitis dengan cara memperkirakan komposisi campuran yang selanjutnya dihitung kombinasi gradasi dari agregat campuran. Apabila kombinasi gradasi masuk pada spesifikasi yang telah ditentukan, maka komposisi yang dicoba dapat digunakan untuk proporsi/komposisi campuran yang akan diteliti. Dalam menentukan proporsi/komposisi campuran, perhitungan awal dilakukan dengan menggunakan cara diagonal. Selanjutnya dari hasil komposisi yang didapat tersebut dikontrol kembali dengan menggunakan cara *Trial and Error*. Hal ini dilakukan adalah untuk melihat proporsi/komposisi gradasi gabungan agregat apakah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak.

2. Pembuatan Benda Uji dengan Bahan Tambah Serbuk Ban

Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

a. Benda Uji dan Kadar Aspal Awal

Menyiapkan benda uji *Marshall* pada kadar aspal sebagai berikut :

- 1) Kadar Aspal (Pb) – 1,0 %
- 2) Kadar Aspal (Pb) – 0,5 %
- 3) Kadar Aspal (Pb)
- 4) Kadar Aspal (Pb) + 0,5 %
- 5) Kadar Aspal (Pb) + 1,0 %

Dimana nilai Pb dapat dicari dengan menggunakan rumus 2.1, dan setiap variasi kadar aspal rencana di atas dibuat 3 (tiga) buah benda uji

(briket) yang digunakan untuk penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).

**Tabel 3.1 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum**

Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji	Keterangan
Pb – 1,0 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal Pb (%)
Pb + 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal Pb + 1,0 (%)
<b>Jumlah</b>		<b>15 Buah</b>

- b. Pencampuran bahan dilakukan secara manual dengan diaduk di atas wajan yang dipanaskan. Dilanjutkan proses pemadatan standar terhadap sampel sebanyak 2 x 75 kali tumbukan (satu sisi atas dan satu sisi bawah) dengan suhu pemadatan  $(140 \pm 15)^\circ\text{C}$ . Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan tinggi standar  $\pm 6,25$  cm dan diameter  $\pm 20,16$  cm. diamkan benda uji selama 24 jam pada suhu ruangan.
- c. Dari pembuatan benda uji dengan kadar aspal awal sesuai perhitungan Pb didapatkan nilai kadar aspal dan nilai VIM (*Void In Mix*). Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall sehingga didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO).
- d. Dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan campuran menggunakan bahan tambah serbuk ban dengan variasi persentase 2%, 4%, 6%, 8% dan

10% terhadap persentase Kadar Aspal Optimum (KAO). Dengan Cara sebagai berikut :

1. Ban luar dari kendaraan bermotor dipotong menjadi beberapa bagian dengan ukuran  $\pm 10$  cm.
2. Ban kemudian diparut manual sehingga menjadi serbuk menggunakan alat pamarut kelapa.
3. Ban yang telah menjadi serbuk disaring menggunakan saringan No. 8 agar ukuran serbuk yang terlalu besar tidak ikut tercampur.
4. Kemudian lelehkan terlebih dahulu serbuk ban dan disusul dengan aspal hingga benar - benar leleh lalu campurkan bersamaan dengan agregat yang telah dipanaskan. Setelah itu dilanjutkan dengan uji *marshall* kembali menggunakan kadar aspal optimum sebanyak 3 (tiga) buah benda uji (*briket*) tiap variasi persentase bahan tambahannya.

**Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Menggunakan Bahan Tambah Serbuk Ban**

Persentase Bahan Tambah Serbuk Ban	Jumlah Benda Uji	Keterangan
2%	3 Buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal optimum + 2 % Serbuk Ban
4%	3 Buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal optimum + 4 % Serbuk Ban
6%	3 Buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal optimum + 6 % Serbuk Ban
8%	3 Buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal optimum + 8 % Serbuk Ban
10%	3 Buah	Campuran agregat spesifikasi HRS-WC + kadar aspal optimum + 10 % Serbuk Ban
<b>Jumlah</b>		<b>15 Buah</b>

### 3. Pemeriksaan Benda Uji (Tes *Marshall*)

Pemeriksaan benda uji dengan tes Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran agregat dan variasi kadar aspal.

Adapun urutan pelaksanaan tes marshall adalah sebagai berikut :

#### a. Persiapan pengujian

- 1) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
- 2) Timbanglah benda uji yang sebelumnya dibiarkan selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering di udara.
- 3) Rendam benda uji dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- 4) Setelah direndam selama 24 jam, timbanglah benda uji tersebut untuk mendapatkan berat dalam air.
- 5) Selanjutnya benda uji diangkat dan dilap, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat dalam keadaan kering permukaan jenuh.

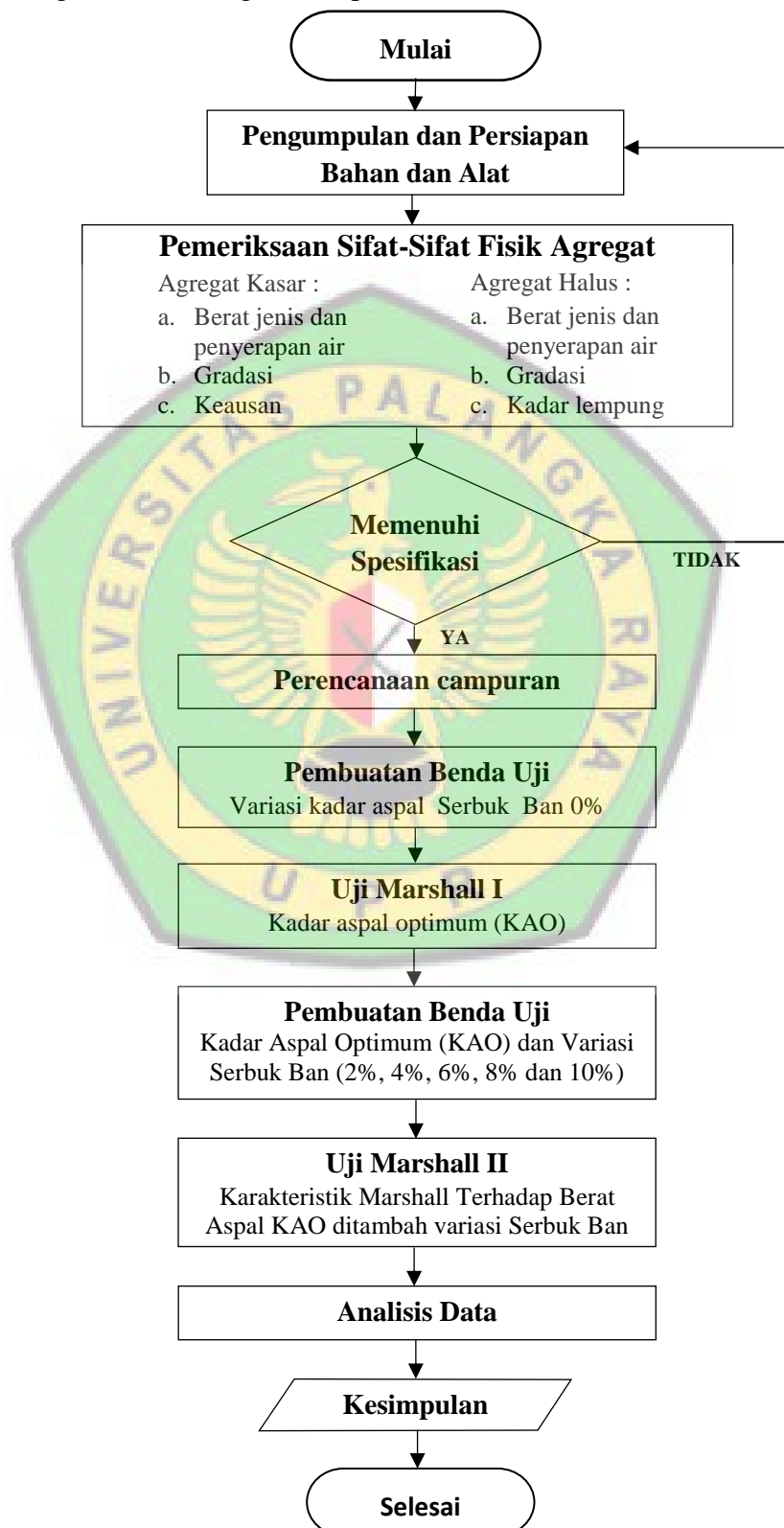
#### b. Pelaksanaan Pengujian

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendaman (*water bath*) dengan suhu tetap 60°C selama 30-40 menit.
- 2) Sebelum pengujian, batang penuntun dan permukaan dalam dari kepala penekan diberi pelumas sehingga kepala penekan dapat meluncur bebas dan mempermudah pelepasan benda uji.
- 3) Keluarkan benda uji dari bak perendam dan segera letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan. Perlu diketahui bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 menit.

- 4) Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- 5) Pasang arloji pengukur kelelahan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- 6) Naikan kepala penekan beserta benda uji hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan maksimum tercapai.
- 7) Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai.
- 8) Catat angka pembacaan pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai dan angka pembacaan kelelahan (*flow*) pada saat pembebanan maksimum tercapai.
- 9) Setelah selesai, benda uji dikeluarkan dari alas Marshall.
- 10) Selanjutnya nilai pembacaan stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) digunakan dalam perhitungan yang dilakukan dalam tabel perhitungan tes *Marshall*.

### 3.9 Bagan Alir Penelitian

Guna mempermudah pemahaman mengenai proses alur penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 Bagan Alir penelitian.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, pada “Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Pada Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* untuk Perkerasan Jalan Raya” dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Agregat penyusun dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat berupa pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis dan penyerapan, dan keausan agregat kasar semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi.
2. Komposisi yang dihasilkan dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* terdiri dari 34% agregat kasar, 22% abu batu dan 44% Pasir.
3. Hasil penelitian terhadap Parameter Marshall dengan variasi kadar aspal 6,5%, 7,0%, 7,5%, 8,0% dan 8,5% diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,78%.
4. Hasil penelitian terhadap Parameter Karakteristik Marshall menggunakan komposisi campuran yang sama dan Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,78% dengan bahan tambah serbuk ban variasi kadar bahan tambah serbuk ban sebesar 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat aspal yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO), dihasilkan nilai Karakteristik Parameter Marshall sebagai berikut:

- a. Nilai stabilitas untuk semua variasi kadar bahan tambah serbuk ban memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada penambahan kadar serbuk ban 8% yaitu sebesar 1473,458 kg. Nilai Stabilitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan penambahan persentase kadar serbuk ban sampai 8%.
- b. Rongga dalam agregat (VMA) nilai tertinggi rongga dalam agregat (VMA) terjadi pada penambahan kadar serbuk ban 10% yaitu sebesar 21,75% dan nilai terendah rongga dalam agregat (VMA) terjadi pada kadar serbuk ban 6% yaitu sebesar 19,12%. Nilai rongga dalam agregat (VMA) yang dihasilkan meningkat dengan penambahan persentase kadar serbuk ban sampai 10%.
- c. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) untuk variasi kadar bahan serbuk ban 4%, 6% dan 8% yang nilainya berturut-turut yaitu 4,43%, 3,37% dan 3,33%. Sedangkan untuk penambahan kadar serbuk ban sebesar 2% dan 10% tidak memenuhi spesifikasi karena berada di luar bentang syarat spesifikasi, yang nilainya yaitu sebesar 5,27% dan 2,46%. Dari trend paramter karakteristik marshall dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan kadar serbuk ban pada campuran, maka akan menurunkan nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dibandingkan dengan belum tercampur bahan tambah. Hal ini terjadi karena adanya serbuk ban sebagai bahan tambah pada aspal, sehingga bahan perekat mengisi dan memperkecil rongga dalam campuran (VIM) dan meningkatkan daya rekat pada campuran.

- d. Nilai rongga terisi aspal (VFB) untuk variasi bahan tambah serbuk ban dengan persentase 4%, 6%, 8% dan 10% yang nilainya berturut-turut yaitu 74,00%, 79,32%, 85,37% dan 91,85%. Sedangkan untuk variasi bahan tambah serbuk ban presentase sebesar 2% tidak memenuhi spesifikasi karena berada di luar bentang syarat spesifikasi, yang nilainya yaitu sebesar 67,29%.
- e. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) untuk semua variasi kadar bahan tambah serbuk ban memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) tertinggi terdapat pada penambahan kadar serbuk ban 8% yaitu sebesar 338,873 kg/mm dan nilai terendah terdapat pada penambahan kadar serbuk ban 2% yaitu sebesar 276,263 kg/mm.

Berdasarkan nilai parameter karakteristik marshall yang memenuhi semua spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu kadar serbuk ban dengan variasi 4%, 6%, dan 8%.

5. Perbandingan antara nilai parameter karakteristik Marshall campuran tanpa serbuk ban dengan menggunakan bahan tambah serbuk ban, kadar variasi terbaik adalah 8% dari berat aspal KAO yang memiliki nilai stabilitas tinggi yaitu 1473,458 kg, nilai rongga dalam agregat (VMA) kecil yaitu 20,95%, rongga dalam campuran (VIM) kecil yaitu 3,33%, rongga terisi aspal (VFB) tinggi yaitu 85,37%, hasil bagi Marshall (MQ) tinggi yaitu 338,873 kg/mm.
6. Dengan menambahkan serbuk ban bekas pada variasi 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% pada *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*, memiliki fungsi yang cukup efektif. Campuran tersebut dapat meningkatkan ketahanan beban

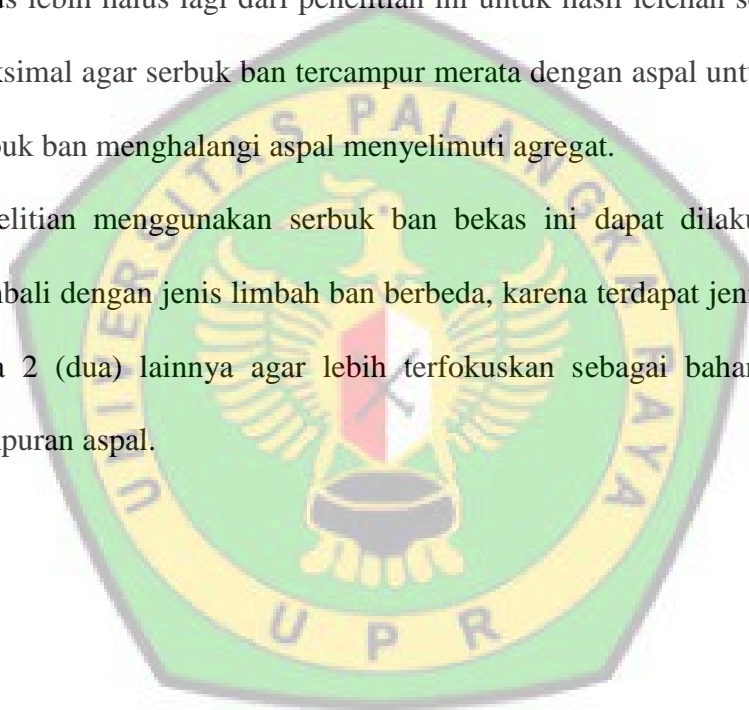
lalu lintas, membuat aspal lebih kuat dibandingkan dengan tidak mencampurnya karena variasi tersebut memiliki nilai stabilitas cenderung meningkat, terutama pada variasi 8% yang memiliki nilai stabilitas, VIM, VMA, VFB, dan MQ yang baik dan seimbang, namun nilai stabilitas campuran serbuk ban bekas pada variasi 10% cenderung turun dan VIM yang tidak memenuhi spesifikasi, itu menandakan bahwa jika campuran tersebut terlalu banyak, maka akan menimbulkan dampak negatif yang akan membuat kekuatan aspal menjadi menurun. Terutama ketika aspal tersebut harus menahan beban yang berat.



## 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini bisa dikembangkan kembali dengan menggunakan agregat dari lokasi yang berbeda khususnya di Kalimantan Tengah untuk meningkatkan potensi Sumber Daya Alam yang ada.
2. Ukuran serbuk ban yang akan ditambahkan pada campuran aspal dan agregat harus lebih halus lagi dari penelitian ini untuk hasil lelehan serbuk ban yang maksimal agar serbuk ban tercampur merata dengan aspal untuk menghindari serbuk ban menghalangi aspal menyelimuti agregat.
3. Penelitian menggunakan serbuk ban bekas ini dapat dilakukan penelitian kembali dengan jenis limbah ban berbeda, karena terdapat jenis ban kendaraan roda 2 (dua) lainnya agar lebih terfokuskan sebagai bahan tambah pada campuran aspal.



## DAFTAR PUSTAKA

- AASSTHO. 1990. *Standard Specification of Transportation Material and Method of Sampling and Testing*, 15<sup>th</sup> ed, ASSTHO, Washinton, DC.
- Anggi Pinandita, Mahesa. 2017. *Pengaruh Limbah Karet Ban Sebagai Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall Pada Jenis Perkerasan Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) Kelas B*. Purwokerto : Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Aprina, dkk. 2005. *Karakteristik Marshal Dan Evaluasi Kadar Aspal Optimum Campuran Hot Rolled Sheet Dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Substitusi*. Skripsi. Program strata 1. Program studi teknik sipil ITB.
- Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. 2019. "Perkembangan Jumlah Kendaraan bermotor Menurut jenis Tahun 1949-2017".
- Bina Marga. 2009. "Spesifikasi Umum 2009 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan". Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum 2010 (revisi 2) Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Direktprat Jendral Bina Marga*. Departemen Pekerjaan Umum. Yogyakarta.
- Darunifah, N. 2007. "Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Couse (HRS – WC)".
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. "Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya/SNI No.1737-1989-F". Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. "Petunjuk Pemeriksaan Lapisan Aspal Beton (Laston) No. 13/PT/B/2010". Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Harmadhana, S. 2016. *Kajian Karakteristik Laboratorium Aspal Porus Dengan Menggunakan Crumb Rubber Sebagai Bahan Tambahan*. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Kennedy, T.W. 2000. *Characterization of Asphalt Paving Technology*, Volume 46, Page 132-15. San Antonio. Texas. USA.

Kurniati, Kelly. 2004. *Karakteristik Campuran Beton Aspal Dengan Substitusi Ban Bekas Sebagai Agregat*. Tesis Megister. Program Studi Teknik Sipil Bidang Rekayasa Transportasi. ITB.

Shukla. 2014. *Pengertian Karet Ban Dan Bagian-Bagian Dari Ban*. Jakarta.

Sukirman, S.1992. *“Perkerasan Lentur Jalan Raya”*. Bandung.

Sukirman, S.1999. *“Perkerasan Lentur Jalan Raya”*. Bandung.

Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*. Jakarta.

Suprpto. 2000. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta.

