

SKRIPSI

**PEMANFAATAN ABU SERBUK HASIL
PENGGERGAJIAN KAYU SEBAGAI TAMBAHAN
FILLER PADA CAMPURAN PERKERASAN JALAN
JENIS HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING
COURSE*)**

oleh

ANDY JUNESTIN SIMANJUNTAK
NIM. DAB 113 118



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2020**

SKRIPSI

**PEMANFAATAN ABU SERBUK HASIL
PENGGERGAJIAN KAYU SEBAGAI TAMBAHAN
FILLER PADA CAMPURAN PERKERASAN JALAN
JENIS HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING
COURSE*)**

oleh

ANDY JUNESTIN SIMANJUNTAK

NIM. DAB 113 118

Disetujui untuk diajukan dalam Ujian Skripsi

Pembimbing I



Ir. DESRIANTOMY, M.T.
NIP. 19621223 199002 1 001

Pembimbing II



Dr. SUTAN P. SILITONGA,
S.T.P., S.T., M.T.
NIP. 19770303 200501 1 004

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

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

PRAKATA

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, dipanjatkan atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan dapat berguna sebagaimana semestinya.

Skripsi dengan judul “**PEMANFAATAN ABU SERBUK HASIL PENGGERGAJIAN KAYU SEBAGAI TAMBAHAN FILLER PADA CAMPURAN PERKERASAN JALAN JENIS HES WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*)**” disusun sebagai salah satu syarat yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan studi pada Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini tidak pernah lupa diucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak **Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dan Dosen Pembimbing Akademik.
2. Ibu **Frieda, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak **Dr. Sutan Parasian Silitonga, STP., S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak **Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Teknik Universitas Palangka Raya.

5. Bapak **Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T.** selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Ibu **Veronika Happy P, S.T., M.T.** selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Bapak **Robby, S.T., M.T** selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak **Ir. Desriantomy, M.T** selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
9. Bapak **Dr. Sutan P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
10. Bapak **Salonten, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas I Tugas Akhir.
11. Bapak **Ir. Supiyan, M.T.** selaku Dosen Pembahas II Tugas Akhir.
12. Ibu **Ina Elvina, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas III Tugas Akhir.
13. 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 diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang sifatnya membangun demi perbaikan dimasa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, November 2020

ANDY J. SIMANJUNTAK
NIM. DAB 113 118

RINGKASAN

PEMANFAATAN ABU SERBUK HASIL PENGGERGAJIAN KAYU SEBAGAI TAMBAHAN FILLER PADA CAMPURAN PERKERASAN JALAN JENIS HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*), Andy Junestin Simanjuntak, 2020,

Jurusan/Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih adalah menaikkan mutu campuran beraspal dengan cara memperbaiki atau meningkatkan mutu aspal (bitumen). Penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan aditif dalam meningkatkan mutu aspal didasari oleh tersedianya limbah abu serbuk kayu yang sangat melimpah di Indonesia, sehingga selain meningkatkan mutu bitumen penggunaan abu serbuk kayu juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan akibat limbah.

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium yaitu untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan limbah abu serbuk kayu sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal. Penelitian ini berupa pengujian Marshall dengan 2 tahap, yaitu Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang direncanakan dengan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, dan 8%, dan untuk Pengujian Marshall dilakukan dengan menggunakan KAO yang diperoleh dari pengujian tahap I dengan penambahan bahan tambah limbah abu serbuk kayu dengan variasi kadar 1,5%, 3%, 4,5% untuk lama perendaman 30 menit.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall didapat KAO sebesar 7,65% . Kadar penambahan limbah abu serbuk kayu yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi yaitu pada kadar penambahan limbah abu serbuk kayu sebesar 1,8% dari berat total agregat, nilai stabilitas mengalami kenaikan dari tanpa penambahan abu serbuk kayu dan dengan penambahan abu serbuk kayu naik sebesar 67,44 kg, nilai *flow* naik sebesar 0,20 mm, sedangkan nilai *Vim* mengalami penurunan dari tanpa penambahan abu serbuk kayu dan dengan penambahan abu serbuk kayu sebesar 0,16, rongga terisi aspal (VFB) naik sebesar 4,14% hasil bagi Marshall naik sebesar 4,98 kg/mm dan berat isi naik sebesar 0,03% gram/cm³ .

Kata kunci: HRS-WC, *Abu Serbuk Kayu*, Parameter Marshall

SUMMARY

THE UTILIZATION OF ASHSAWMILLPOWDER AS A FILLER ADDITION ON THE MIXTURE OF SOLIDITY ROAD IN HRS-WC TYPES (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*), Andy Junestin Simanjuntak,
2020, Civil Engineering Program/Department, Engineering Faculty, Palangkaraya University

One of the efforts to reduce road damage due to excessive loads is to increase the quality of the asphalt mixture by improving or increasing the quality of asphalt (bitumen). The use of sawdustash as an additive in improving the quality of asphalt is based on the abundant availability of sawdustash waste in Indonesia, so that in addition to increasing the quality of bitumen, the use of sawdustash can also reduce environmental damage due to waste.

The research method was used laboratory test methods, which is to determine how the use of sawdustash waste as an additional ingredient in the asphalt mixture. This research is in the form of marshall testing with 2 stages, namely the Marshall test to get the value of the Optimum Asphalt Content (KAO) which is planned with variations in asphalt content of 6%, 6.5%, 7%, 7.5%, and 8%, and Marshall testing was carried out using KAO obtained from testing phase I with the addition of added material for sawdustash waste with variations in levels of 1,5%, 3%, 4,5%, for 30 minutes.

Based on the results of the Marshall I test, it was found that KAO was 7.65%. The level of addition of sawdustash waste that met all the requirements of the specifications, namely the level of adding sawdustash waste by 1,8% of the weight of agregate total, the stability value increased by from the value of the stability value increased from without the addition of sawdustash and with the addition of sawdustash increased by 67,44 kg, the flow value increased by 0.20 mm, the cavity in the mixture (VIM) decreased by 0,16%, the cavity filled with asphalt (VFB) increased by 4.14%, Marshall quotient increased by 4,98 kg / mm and the weight of the contents increased by 0.03% gram / cm³.

Keywords: HRS-WC, *Suwdust Ash*, Marshall Parameters

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	i
RINGKASAN	iii
SUMMARY	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lokasi Penelitian	5
1.7 Lokasi Pengambilan Material	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkerasan Jalan	11
2.2 Lapis Permukaan	13
2.3 Campuran Aspal Panas	16
2.4 Karakteristik Hot Rollrd Sheet (HRS)	17
2.5 Bahan Penyusun Campuran Beton Aspal	20
2.5.1 Agregat	20
2.5.2 Aspal	23
2.6 Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus (HRS-WC)	26
2.7 Membuat Design <i>Mix Formula</i>	30
2.8 Metode Perencanaan Campuran Lataston Lapis Aus (<i>Hot Rolled Sheet Wearing-Course</i>)	31

2.9	Abu Serbuk Kayu	34
2.10	Pengujian Campuran Metode <i>Marshall</i>	34
2.11	Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu.....	39

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Umum	43
3.2	Langkah-langkah Penelitian	43
3.3	Pengambilan Bahan	44
3.4	Pengambilan data Sampel.....	44
3.5	Bahan Penelitian	45
3.6	Alat-alat Penelitian	45
3.6.1	Alat untuk Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat.....	45
3.6.2	Alat Pengujian Aspal	49
3.6.3	Alat Pembuatan dan Pemeriksaan Benda Uji.....	54
3.7	Waktu dan Tempat Pengujian	56
3.8	Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat	56
3.8.1	Pemeriksaan Gradasi Agregat.....	56
3.8.2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat.....	57
3.8.3	Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	61
3.9	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	62
3.10	Pengujian Abu Serbuk Kayu.....	63
3.10.1	Pengujian Analisis Saringan.....	63
3.11	Penentuan Proporsi Campuran terhadap Total Agregat.....	65
3.12	Pembuatan Benda Uji.....	66
3.13	Pemeriksaan Benda Uji (<i>Tes Marshall</i>).....	69
3.14	Bagan Alir Penelitian.....	71

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium	73
4.2	Pengujian Sifat-sifat Fisik Agregat	73
4.3	Perencanaan Campuran	74
4.4	Pengujian Aspal	80
4.5	Pengujian Marshall	81
4.6	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal	85
4.7	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu	94

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	109

DAFTAR TABEL

		Halaman
2.1	Ketentuan Agregat Kasar	20
2.2	Ketentuan Agregat Halus	22
2.3	Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70	25
2.4	Spesifikasi Gradasi Agregat untuk <i>HRS-WC</i>	26
2.5	Persyaratan Sifat-sifat Campuran Lataston	29
3.1	Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	68
4.1	Hasil Analisa Saringan Masing-masing Agregat	73
4.2	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Masing-masing Agregat	74
4.3	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal	74
4.4	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Trial and Error I	75
4.5	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Trial and Error II.....	76
4.6	Rencana Komposisi Campuran.....	79
4.7	Hasil Pengujian Aspal	81
4.8	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat.....	82
4.9	Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall	86
4.10	Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum	94
4.11	Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Persentase Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu	95
4.12	Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 menit dalam suhu 60°C.....	95
4.13	Hasil Evaluasi Parameter Marshall pada Abu Serbuk Kayu Maksimum dengan Lama Perendaman 30 menit dalam suhu 60°C	102
4.14	Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran Tanpa Penambahan Abu Serbuk Kayu dan dengan Penambahan Abu Serbuk Kayu Maksimum dengan Lama Perendaman 30 menit suhu 60°C.....	103

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Lokasi Penelitian	5
1.2 Peta Kabupaten Gunung Mas Provinsi Kalimantan Tengah.....	6
1.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Material.....	7
1.4 Dokumentasi Camp PT. Adhi Karya.....	8
1.5 Dokumentasi Situasi Lokasi Pengambilan Material.....	8
1.6 Sketsa Lokasi Pengambilan Material.....	9
1.7 Lokasi Pengambilan Abu Serbuk Kayu.....	10
2.1 Struktur Perkerasan Lentur.....	12
2.2 Lapis Perkerasan Kaku.....	12
2.3 Lapis Perkerasan Komposit.....	13
3.1 Bagan Alir Penelitian.....	72
4.1 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Diagonal</i> (Komposisi I)	75
4.2 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> I (Komposisi II)	76
4.3 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> II (Komposisi III).....	77
4.4 Pengujian Penetrasi Aspal	80
4.5 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal.....	80
4.6 Pengujian Daktilitas Aspal	81
4.7 Grafik Hubungan <i>Stabilitas</i> Terhadap Variasi Kadar Aspal.....	87
4.8 Grafik Hubungan <i>Flow</i> Terhadap Variasi Kadar Aspal	88
4.9 Grafik Hubungan <i>Rongga Udara dalam Campuran (VIM)</i> Terhadap Variasi Kadar Aspal.....	89
4.10 Grafik Hubungan <i>Rongga Terisi Aspal (VFB)</i> Terhadap Variasi Kadar Aspal	90
4.11 Grafik Hubungan <i>Nilai Hasil Bagi Marshall</i> Terhadap Variasi Kadar Aspal.....	91
4.12 Grafik Hubungan <i>Berat Isi</i> Terhadap Kadar Aspal	92
4.13 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO).....	93

4.14	Grafik Hubungan Stabilitas Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	96
4.15	Grafik Hubungan Kelelehan (<i>Flow</i>) Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	97
4.16	Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (VIM) Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	98
4.17	Grafik Hubungan Rongga Udara Terisi Aspal (VFB) Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	99
4.18	Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	100
4.19	Grafik Hubungan Berat Isi Terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C	101
4.20	Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall Terhadap Kadar Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit Dalam Suhu 60°C.....	102

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Hasil Analisis saringan Agregat Kasar 111
Lampiran 2	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar 112
Lampiran 3	Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) 113
Lampiran 4	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) 114
Lampiran 5	Grafik Gabungan Cara Diagonal 115
Lampiran 6	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Trial and Error II..... 116
Lampiran 7	Grafik Gradasi Gabungan Cara Trial and Error II (Komposisi III)..... 117
Lampiran 8	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar..... 118
Lampiran 9	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (Abu Batu)..... 119
Lampiran 10	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (Los Angeles Test) 120
Lampiran 11	Tabel Perhitungan Marshall KAO..... 121
Lampiran 12	Tabel Perhitungan Marshall dengan Variasi Kadar Abu Serbuk Kayu Lama Perendaman 30 Menit 122
Lampiran 13	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Terhadap Air 123
Lampiran 14	Tabel Perhitungan Pengujian Penetrasi Aspal/Bitumen..... 124
Lampiran 15	Tabel Perhitungan Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal..... 125
Lampiran 16	Tabel Perhitungan Pengujian Daktilitas Bahan Aspal..... 126
Lampiran 17	Dokumentasi Penelitian..... 127

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam UU No.23/2004, yang dimaksud dengan *jalan* adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian-bagiannya, termasuk bangunan pelengkap, dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu-lintas, yang berada pada permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (DPU, 2009:3).

Menurut Saodang (2005:1), definisi perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu-lintas yang merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Lalu-lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, sehingga dapat dikatakan urat nadi suatu konstruksi jalan. Material utama pembentuk lapisan perkerasan jalan adalah agregat, yaitu 90-95% dari berat campuran perkerasan (Sukirman, 2003). Salah satu jenis campuran perkerasan lentur yaitu Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) bergradasi senjang dengan kadar aspal yang tinggi. Lataston sebagai lapis aus, dikenal dengan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*.

Lataston *HRS-WC* merupakan campuran aspal panas bergradasi senjang terdiri dari Agregat kasar, sedang, halus serta bahan pengisi (*Filler*). Campuran ini disebut campuran aspal panas (*Hot Mix Asphalt*) karena dicampur dalam keadaan panas. Campuran tersebut banyak digunakan dilapangan sebagai lapis permukaan jalan. Komposisi campuran untuk material bahan pengisi (*filler*) dibutuhkan yaitu 6 % s/d 10 % dari berat campuran perkerasan.

Abu serbuk kayu merupakan limbah industri penggergajian kayu yang tersisa setelah pembakaran kayu. Kondisi pembakaran mempengaruhi komposisi dan jumlah abu yang tersisa, temperatur yang tinggi akan mengurangi jumlah abu yang dihasilkan. Abu serbuk kayu memiliki ukuran partikel yang sangat halus. Abu serbuk kayu mengandung unsur pozzolan dan bersifat mengeras dan menambah kekuatan jika bereaksi dengan air, oleh karena itu abu serbuk kayu dapat dijadikan sebagai *filler* (Tahir, 2009). Abu serbuk kayu berguna untuk mengisi rongga- rongga dalam campuran beraspal dan sifat saling mengunci antar butir dikarenakan abu serbuk kayu memiliki ukuran butir yang sangat halus dan lolos saringan No. 200. Segi ekonomis abu serbuk kayu lebih murah serta banyak tersedia diberbagai tempat/lokasi. Adapun sumber pengambilan abu serbuk kayu yaitu dari Jl. Pangeran Samudra, CV. Abadi Jaya, Kalimantan Tengah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh abu serbuk kayu pada campuran aspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS)* ditinjau dari karakteristik Marshall, diharapkan dengan bahan ini sebagai *filler* mampu memenuhi kualitas campuran aspal dan juga sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan limbah pabrik atau yang berpotensi merusak lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Apakah Agregat yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS)* dan abu serbuk kayu memenuhi persyaratan spesifikasi?
2. Berapa komposisi campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* nilai kadar aspal optimum (KAO) dan variasi kadar penambahan filler yang digunakan?
3. Berapa kadar penambahan filler maksimum dalam campuran?
4. Berapa nilai karakteristik Marshall tanpa tambahan filler dan dengan tambahan filler maksimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat-sifat agregat yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS)*, sedangkan abu serbuk kayu yang digunakan sebagai tambahan filler telah memenuhi spesifikasi lolos saringan 200.
2. Mengetahui komposisi campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* nilai kadar aspal optimum (KAO) dan variasi kadar penambahan filler yang digunakan.
3. Mengetahui kadar penambahan filler maksimum dalam campuran.
4. Mengetahui nilai karakteristik Marshall tanpa tambahan filler dan dengan tambahan filler maksimum.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pemeriksaan sifat-sifat agregat berdasarkan metode dan standar Bina Marga 2018.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.
3. Bahan tambahan yang digunakan adalah abu serbuk kayu yang sering digunakan sebagai filler dengan spesifikasi lolos saringan 200 sebesar tidak kurang 75%.
4. Kumpulan abu serbuk kayu yang digunakan dalam keadaan kering.

1.5 Manfaat Penelitian

Abu serbuk kayu didapat dari hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data mengenai kualitas agregat dengan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam campuran *HRS-WC* ditinjau terhadap sifat *Marshall*. Mengetahui apakah dengan menggunakan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (*filler*) mampu meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasaan, diharapkan dapat direkomendasikan penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi pada perkerasaan lentur jalan raya.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.



Sumber : GoogleMaps

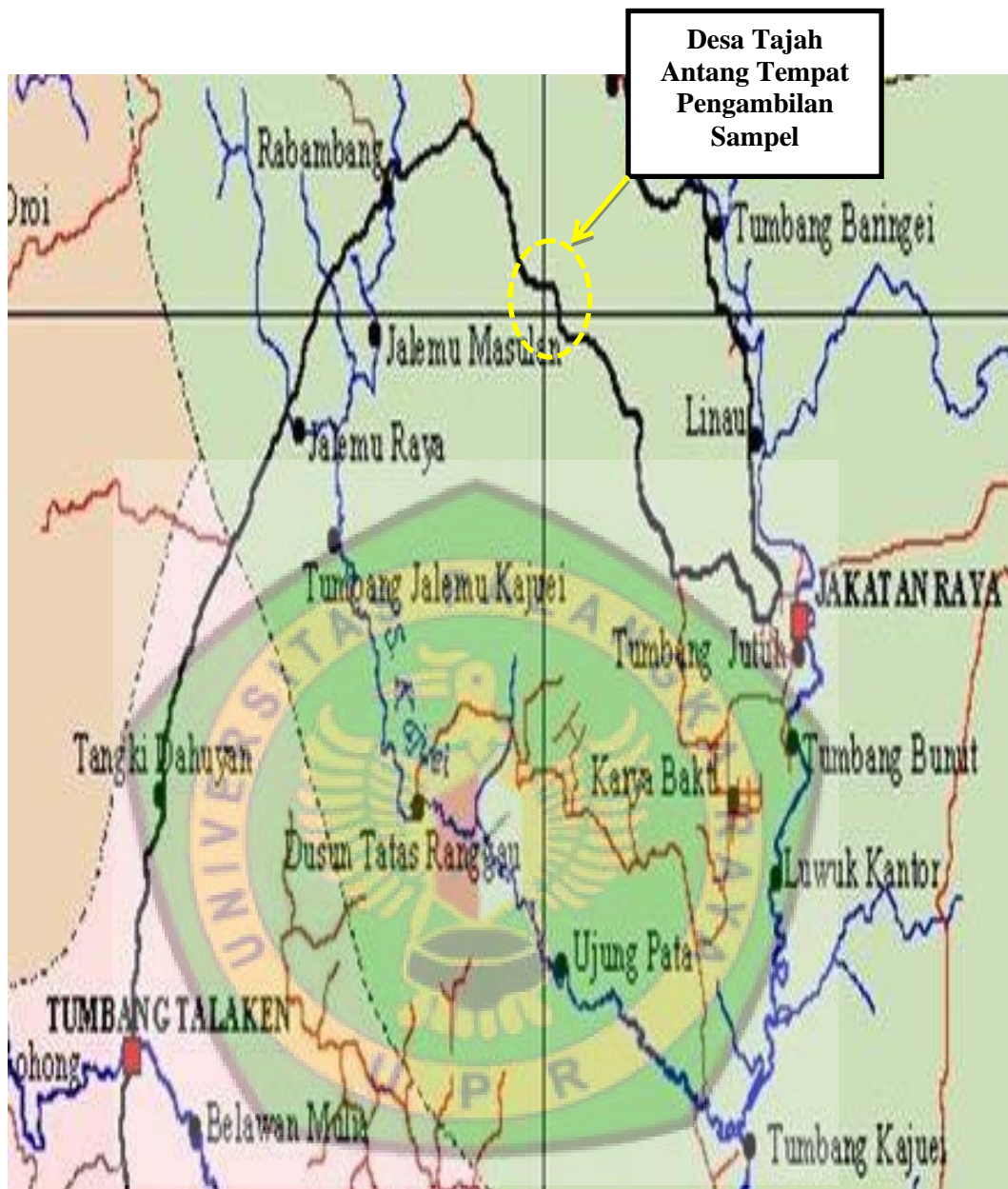
Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

1.7 Lokasi Pengambilan Material

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini di ambil dari Desa Tajah Antang, Kecamatan Rungan Barat, Kabupaten Gunung Mas, Provinsi Kalimantan Tengah.







Kecamatan Rungan Barat ber-ibukota Kecamatan di Rabambang, dengan luas Kecamatan 391 Km^2 dan memiliki 1 Kelurahan serta 10 Desa, termasuk diantaranya Desa Tajah Antang. Desa Tajah Antang kurang lebihnya terletak pada $113,5045^{\circ} \text{ BT } 1,2543^{\circ} \text{ LS}$ dengan topografi dataran berbukit atau 98 m dari Permukaan Air Laut (dpal). Memiliki luas wilayah 20 Km^2 atau 5,12% dari luas Kecamatan Rungan Barat dengan jumlah penduduk 305 jiwa pada Sensus Penduduk Tahun 2018 (BPS Kabupaten Gunung Mas, 2020).

Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.1



Sumber: Peta Administrasi Kabupaten Gunung Mas

Gambar 1.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Material

LEGENDA :	
	Jalan Nasional
	Sungai
	Jalan Provinsi
	Jalan Lokal
	Desa
	Ibu Kota Kecamatan



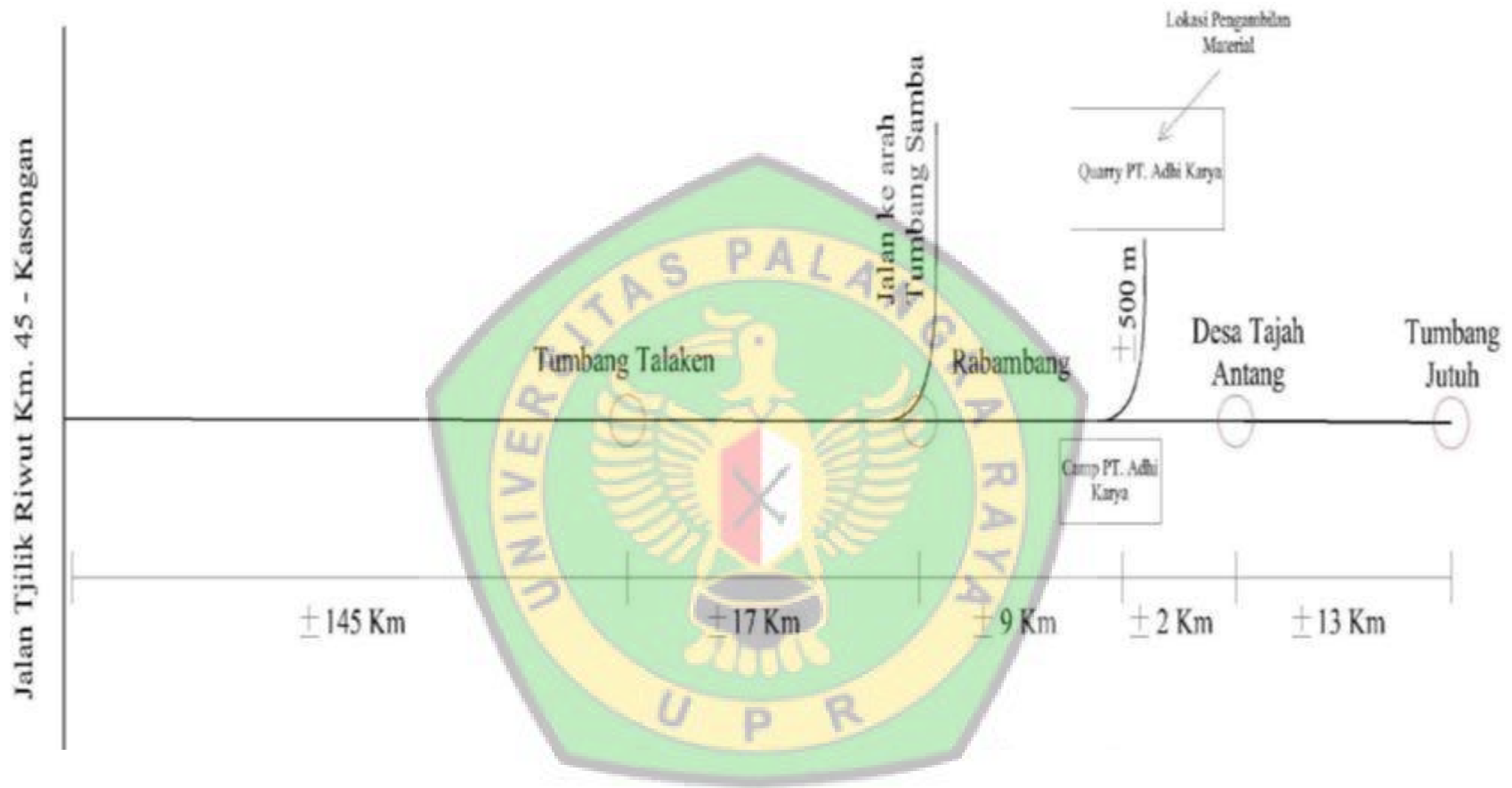
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 1.4 Dokumentasi Camp PT.Adhi Karya

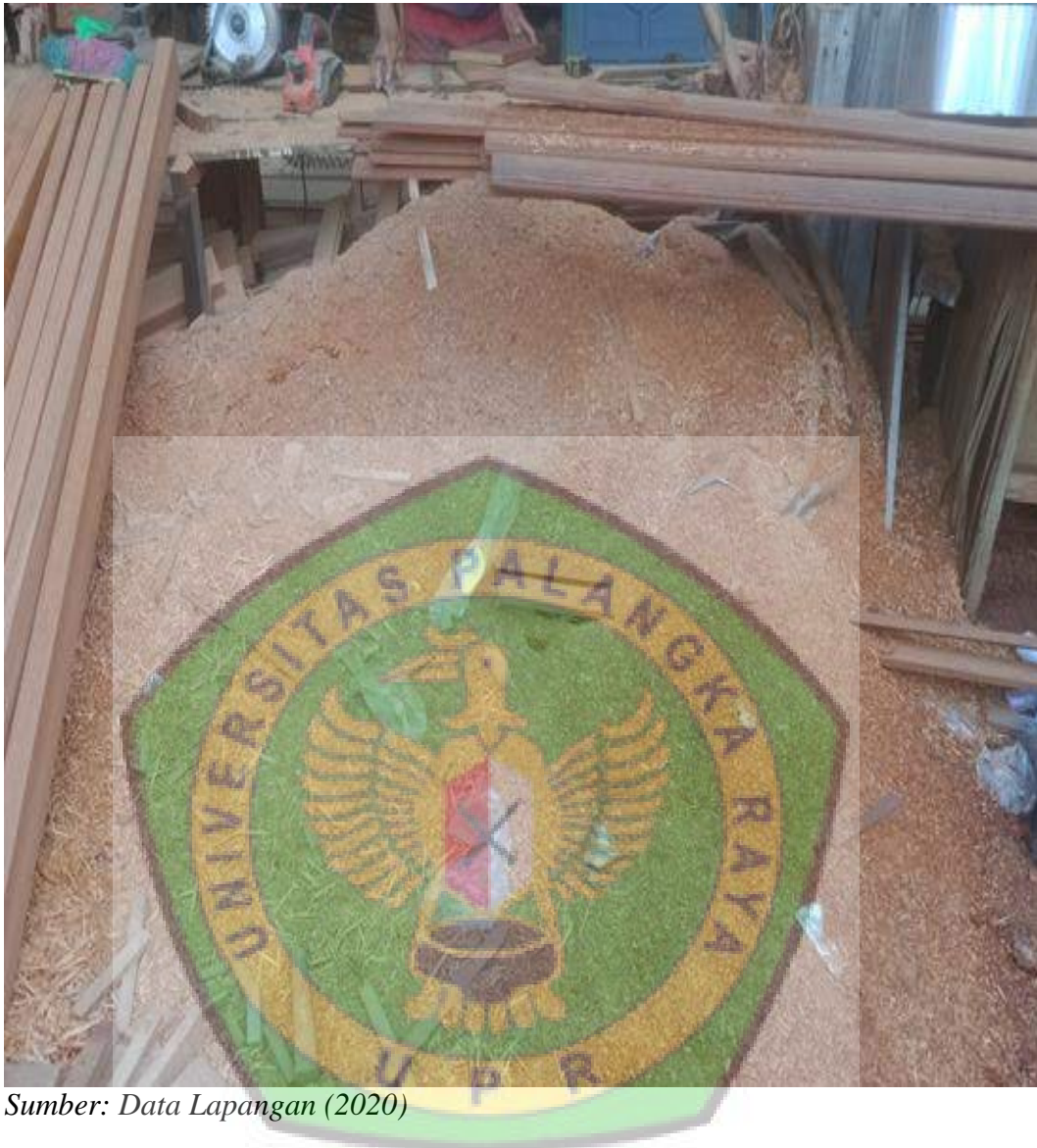


Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 1.5 Dokumentasi Situasi Lokasi Pengambilan Material



Gambar 1.6 Sketsa Lokasi Pengambilan Material



Sumber: Data Lapangan (2020)

Gambar 1.7 Lokasi Pengambilan Abu Serbuk Kayu

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasaan Jalan

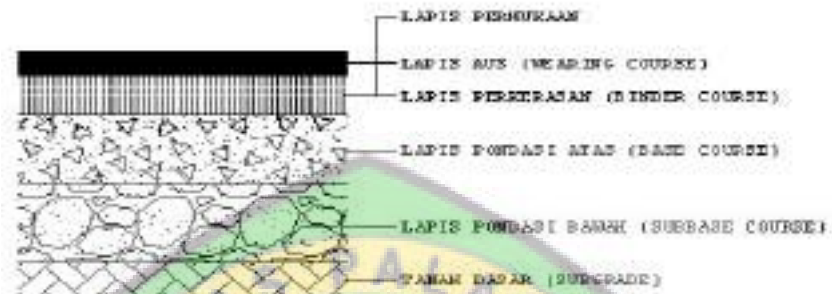
Perkerasaan jalan merupakan lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda kendaraan atau lapis paling atas dari badan jalan. Sukirman (2010), menjelaskan bahwa sejarah perkerasaan jalan sudah dimulai bersama dengan sejarah umat manusia yang selalu berhasrat untuk memenuhi kebutuhan hidup dan saling berkomunikasi dengan sesama. Sedangkan untuk perkerasaan jalan yang menggunakan aspal ditemukan pertama kali di Babylon pada tahun 625 sebelum masehi.

Fungsi utama dari perkerasaan adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah-dasar (*subgrade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasaan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah-dasar.

Menurut Sukirman (2010), Berdasarkan bahan pengikat konstruksi perkerasaan jalan dibedakan atas :

1. Konstruksi perkerasaan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasaan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan perkerasannya bersifat memikul beban lalu lintas ke tanah dasar. Struktur perkerasaan jalan lentur dibuat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapisan aus dan lapis antara. Lapisan dibawahnya yaitu lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan

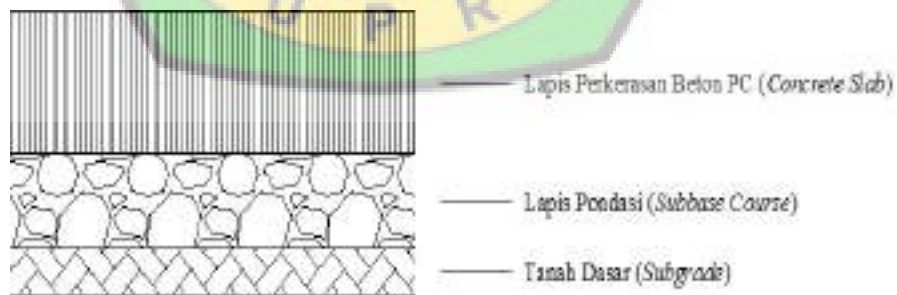
tersebut diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu lintas.



Sumber : (Sukirman, 1999)

Gambar 2.1 Struktur Perkerasaan Lentur

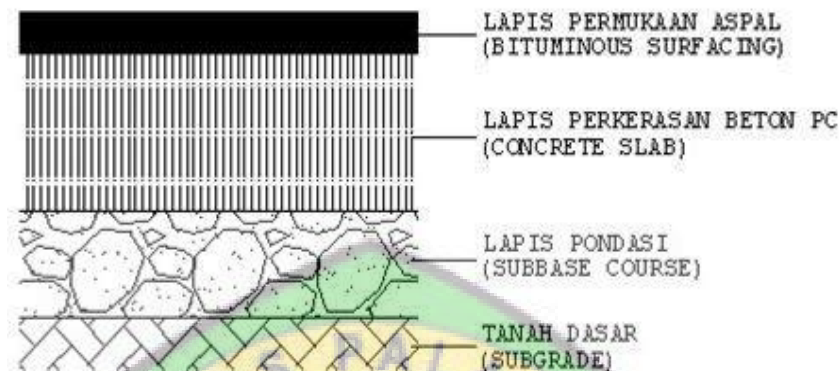
2. Konstruksi perkerasaan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasaan menggunakan semen (Portland cement) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dipikul oleh pelat beton.



Sumber : (Sukirman, 1999)

Gambar 2.2 Lapis Perkerasaan Kaku

3. Konstruksi perkerasaan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasaan kaku yang dikombinasi dengan perkerasaan lentur.



Sumber : (Sukirman, 1999)

Gambar 2.3 Lapis Perkerasaan Komposit

2.2 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai :

1. Lapis perkerasaan penahan beban roda, lapis ini mempunyai stabilitas tinggi dalam menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya yang akan melemahkan lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapis permukaan perkerasaan yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung relatif rendah.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut, pada umumnya lapis permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang

kedap air dengan stabilitas tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain.

1. Lapisan bersifat non-struktural , berfungsi sebagai lapis aus kedap air.

Lapisan ini terdiri dari :

- a. Burtu (Laburan aspal satu lapis), lapis penutup terdiri atas lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
- b. Burda (Laburan aspal dua lapis), lapis penutup terdiri dari lapisan aspal dengan cara disemprotkan diatasnya ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal maksimum 3,5 cm.
- c. Latasir (Lapis Tipis Pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri atas lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal pada 1-2 cm.
- d. Buras (Laburan Aspal), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal, taburan pasir dengan ukuran butir maksimal 3/8 inci.
- e. Latasbum (Lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri atas campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal maksimum 1 cm.
- f. Lataston (Lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Rolled Sheet (HRS)*, merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan

perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas.

Lapis ini memiliki tebal padat antara 2,5-3 cm.

Walaupun jenis lapisan permukaan di atas bersifat non-struktural, lapisan permukaan tersebut dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan dapat menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

2. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda. Lapisan ini terdiri dari :
 - a. Penetrasi macadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri atas agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal satu lapis dengan bervariasi dari 4-10 cm.
 - b. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 3-5 cm.
 - c. Laston (lapis tipis aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.3 Campuran Aspal Panas

1. Lapis Tipis Aspal Pasir (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

Campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A atau B tergantung pada gradasi yang digunakan. Campuran lasasir memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan. Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur (*rutting*), oleh karena itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.

2. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet*)

Lataston mempunyai persyaratan kekakuan sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (AC) yang bergradasi menerus. Lataston terdiri dari dua macam campuran yaitu : Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) dan Lataston Lapis Permukaan (*HRS-Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

3. Lapis Aspal Beton (AC)

Laston lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat dari pada lataston (HRS). Aspal beton (AC) terdiri dari tiga macam campuran yaitu : Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Antara (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm. Lapisan aspal beton banyak digunakan sebagai lapis permukaan jalan yang melayani lalu lintas sedang. Jenis agregat

yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*), sedangkan aspal yang dipakai biasanya dari jenis AC 60/70.

2.4 Karakteristik *Hot Rolled Sheet (HRS)*

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

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan yang menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti, gelombang, alur ataupun bleeding. Kebutuhan stabilitas sangat dipengaruhi oleh jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan dilayani oleh konstruksi jalan tersebut. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan rendah.

2. Durabilitas (Keawetan)

Keawetan merupakan kemampuan beton aspal menerima paparan beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperature.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton (Sukiman S, perkerasan lentur jalan raya, 2003) :

- a. VIM (*Void In the Mineral*) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang mengakibatkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
 - b. VMA (*Void In the Mineral Agregat*) besar sehingga selimut aspal dapat dibuat besar. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka terjadi bleeding cukup besar.
 - c. *Film* aspal atau selimut aspal, *film* aspal yang tebal akan menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi terjadi *bleeding* menjadi tinggi.
3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)
- Kelenturan (*Fleksibilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.
4. Kekesatan atau Tahanan Geser (*Skid Resistance*)
- Tahanan Geser (*Skid Resistance*) merupakan kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga tidak tergelincir atau slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir agregat, luas bidang kontak antara butir atau bentuk butir,

gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

5. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat pepetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

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

6. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Mudah dilaksanakan atau *Workability* merupakan kemampuan beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperature dan gradasi serta kondisi agregat.

2.5 Bahan Penyusun Campuran Beton Aspal

2.5.1 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737–1989-F). Komponen utama agregat dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% berdasarkan persentase volume.

Secara umum agregat dibagi atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

a. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan material yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal terdiri dari material bersih, keras, awet yang bebas dari kotoran. Fungsi agregat kasar pada aspal panas jenis *Hot Rolled Sheet* (HRS) adalah memberikan kepadatan untuk campuran.

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat		Maks. 18%

Tabel 2.1 (lanjutan)

Pengujian			Standar	Nilai
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	Campuran AC	100 Putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
	Modifikasi dan SMA	500 Putaran		Maks. 30%
	Semua Jenis Aspal	100 Putaran		Maks. 8%
	Bergradasi Lainnya	500 Putaran		Maks. 40%
Kelekatan Agregat terhadap Aspal			SNI 2417:2008	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	Lainnya	SNI 7619:2012	95/90 %
	Lainnya			
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	Lainnya	ASTM D4791-10	Maks. 5%
			Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material Lolos Ayakan No. 200			SNI 03- 4142-1996	Maks. 2%

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Departemen Pekerjaan Umum (2018)

b. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah lolos saringan No.4 (4,75 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan memperkokoh sifat saling menguncian (*interlocking*) dari agregat kasar serta mengurangi rongga udara dalam campuran.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.60%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	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 Departemen Pekerjaan Umum (2018)

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*Filler*) merupakan agregat halus yang lolos pada saringan No.200 (0,075 mm) minimum 75%, bersifat non plastis yang diperlukan untuk mendapatkan suatu gradasi rapat. Bahan pengisi dapat berupa semen, kapur terhidrasi, abu batu, maupun abu serbuk gergaji dan bebas dari gumpalan serta diterima setelah pemeriksaan secara visual. *Filler* berguna untuk meningkatkan kepadatan dan stabilitas campuran, mengurangi jumlah rongga udara pada campuran dan menambah titik kontak jumlah butiran.

2.5.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang temperatur ruang berbentuk padat, jika dipanaskan suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi cair sehingga dapat membungkus partikel agregat yang ada pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan. Jika temperatur mulai menurun aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran total, atau 10-15 % berdasarkan volume campuran total. (Sukirman 2003).

Berikut ini sifat-sifat aspal :

- a. 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.
- b. Aspal merupakan bahan yang Termoplastis, 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.
- c. 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 tahan lama (*durable*) dan menjaga campuran tetap dalam kondisi kental yang elastis.

- d. 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 aka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.
- e. 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 dan makin lambat beban yang lewat, maka modulud elastis aspal makin kecil.
- f. Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.
- g. 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.

- h. Persyaratan umum untuk aspal panas harus memenuhi persyaratan seperti ada pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis pengujian	Metoda Pengujian	Tipe Aspal Pen 60-70	Tipe II Aspal	
				Elatomer Sintetis	
				PG 70	PG%
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60-70	Dilaporkan	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/det, 0 kPa °C	SNI 06-6442-2000		70	60
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	3000	
4	Titik Lembek °C	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5	Daktilitas pada 25 °C(cm)	SNI 2432:2011	≥ 100		
6	Titik Nyala °C	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethlene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0		
9	Stabilitas Penyimpanan :Perbedaan Titik Lembek ≥	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011		≤ 2,2	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 06-2441-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI-06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/det ≥ 2,2 kPa (°C)	SNI 06-6442-2000		70	76
13	Penetrasi pada 2°C(% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C(cm)	SNI2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100 C dan tekanan 2,1 Mpa					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sin) pada osilasi 10 rad/det ≤ 5000 kPa (°C)	SNI 06-6442-2000		31	34

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Departemen Pekerjaan Umum (2018)

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

Agregat yang digunakan untuk Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) 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. Menggunakan bahan pengisi *filler* ke dalam campuran.

Spesifikasi gradasi agregat yang digunakan dalam campuran Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Spesifikasi Gradasi Agregat untuk *HRS-WC*

Ukuran Ayakan/Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	HRS-WC
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90-100
3/8"	9,5	75-85

Tabel 2.4 (lanjutan)

Ukuran Ayakan/Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat
ASTM	(mm)	HRS-WC
No.8	2,36	50-72
No.30	0,6	35-60
No.200	0,075	6-10

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Departemen Pekerjaan Umum (2018)

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam campuran Hot Rolled Sheet (HRS) meliputi:

1. Komposisi umum campuran

Campuran lataston lapis pondasi yang menggunakan aspal sebagai pengikat 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 aspal dalam campuran 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*). 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.

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 ke tempat penghamparan harus dalam keadaan rentang komposisi umum dan batas-batas temperatur.

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 mm) \pm 5% berat campuran 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 Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5 Persyaratan Sifat-sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar Aspal Efektif (%)	Min	5,9	5,5
Kadar Aspal Efektif (%)	Maks	1,7	
Jumlah Tumbukan Perbidang		50	
Rongga dalam Campuran (%)	Min	4,0	
	Maks	6,0	
Rongga dalam Agregat VMA (%)	Min	18	17
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	
Pelelehan (mm)	Min	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	

Tabel 2.5 (lanjutan)

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90	
Rongga dalam Campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min	3	

Sumber : Spesifikasi Umum Divisi 6 Departemen Pekerjaan Umum (2018)

2.7 Membuat Design Mix Formula

Kadar aspal total dalam campuran lataston adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat yang mengisi pori antara agregat ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir. Untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Perkiraan awal kadar aspal rancangan dapat diperoleh dari rumus :

$$Pb = 0,035(\% CA) + 0,045(\% FA) + 0,18(\% Filler) + K \quad (2.1)$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal

CA : *Coarse Aggregate* (agregat kasar)

FA : *Fine Aggregate* (agregat halus)

Filler : Bahan pengisi

Konstanta : 2,0 - 3,0 untuk latakton

2.8 Metode Perencanaan Campuran Latakton Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*)

Perencanaan campuran tentunya diperlukan untuk memenuhi spesifikasi, sehingga diharapkan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi kriteria yang baik. Metode perencanaan campuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode Standar Bina Marga. Metode ini dipakai untuk menghitung perkerasan aspal yang digelar diatas *subgrade* yang telah dipadatkan.

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. Cara tersebut adalah:

1. Cara diagonal

Prinsip dan langkah dan 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 dan ujung kiri bawah ke ujung kanan atas.
- d. Sisi vertikal menyatakan persen lolos saringan dengan skala 0 di bawah dan 100 di atas.
- 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 dan 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 dan 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 akan diperoleh dan 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 belum tepat, maka digunakan cara coba-coba (*Trial and Error*), yaitu menentukan terlebih dahulu persentase dan masing-masing agregat (tanpa mengubah persen lolos), kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dan 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.

2. Cara coba-coba (*Trial and Error*)

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

- a. Memahami batas gradasi yang disyaratkan.
- b. Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
- c. Memasukkan persentase lolos saringan, masing-masing jenis agregat ke dalam persentase lolos.
- d. Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom *target value*, yaitu nilai salah satu dan spesifikasi ideal yang disyaratkan.

- e. Mengambil dari 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 tadi.
- f. Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dan ketiga agregat, yang lain dihitung atau digabung dengan persentase yang sama. Sehingga dapat dipergunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas.

2.9 Abu Serbuk Kayu

Jenis serbuk kayu yang dihasilkan merupakan campuran dari beberapa jenis kayu yang didapat dari CV. Abadi Jaya. Serbuk kayu yang akan digunakan dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air yang terdapat dan memudahkan pembakaran. Proses pembakaran tersebut dilakukan secara manual dimana serbuk kayu dimasukkan kedalam drum besi dalam keadaan tertutup dan dilakukan pembakaran untuk menghasilkan abu serbuk kayu. Kemudian hasil pembakaran abu serbuk gergaji tersebut disaring pada saringan no.200 untuk diperoleh ukuran butir yang halus.

2.10 Pengujian Campuran Metode Marshall

Pengujian marshall merupakan suatu metode pengujian untuk mengukur ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Nilai stabilitas minimal sebesar 600 kg dan nilai *flow* minimal 2,4 mm (Spesifikasi Bina Marga 2018).

Sifat-sifat campuran beton aspal dilihat dari parameter-parameter pengujian karakteristik marshall antara lain :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut.

2. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga durabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pematatan. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washbording*) dan alur (*ruting*)

3. Kepadatan (*Density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatan semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pematatan yang baik, jumlah pematatan

maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal, dan penambahan bahan aditif dalam campuran.

Nilai kepadatan/*density* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

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

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 dalam campuran (*Void in Mix*, VIM)

VIM (*Void in Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai Vim yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya.

Nilai Vim yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

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

VIM = Rongga udara dalam campuran padat (%).

Gmm= Berat jenis maksimum campuran (gr/cc).

Gmb = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc).

5. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan keelehan yang digunakan untuk pendekatan terhadap nilai kekakuan atau kelenturan campuran. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan. Nilai MQ yang terlalu rendah dapat berakibat alur dan bleeding.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{MS}{MF}$$

(2.5)

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = *Marshall Stability* (kg)

MF = *Flow Marshall* (mm)

6. Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Bitumen, VFB*)

VFB (*Void Filled With Bitument*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFB dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFB berpengaruh pada sifat kededapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran

Nilai VFB dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VFB = \left(\frac{100 - (VMA - VIM)}{VMA} \right) \quad (2.6)$$

7. 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.

$$Gmm = \frac{100}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pa}{Ga}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Ps = Kadar agregat, % terhadap berat aspal beton padat

Pa = Kadar aspal, % terhadap berat aspal beton padat

Gse = Berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal beton padat.

Ga = Berat jenis aspal

8. Berat jenis bulk aspal beton padat (Gmb)

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

$$Gmb = \frac{Bk}{Bssd - Ba} \quad (2.8)$$

Keterangan:

Gmb = Berat jenis bulk dari aspal beton padat

Bk = Berat kering aspal beton

Bssd = Berat kering permukaan dari aspal beton yang telah didapatkan,

Ba = Berat aspal beton padat di dalam air

2.11 Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan limbah abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal, sebenarnya telah ada beberapa penelitian terdahulu yang cukup erat kaitannya dengan penelitian ini.

Penelitian-penelitian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Sugeha (2018) dalam penelitian Tugas Akhir berjudul **“Penggunaan Pasir Tailing Sisa Galian Tambang Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Abu Serbuk Kayu Sebagai Bahan Tambah (Additive)”**. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium transportasi dan jalan raya jurusan teknik sipil, universitas Tanjung Pura dan di laboratorium unit pengujian mutu dan pengembangan jasa konstruksi (UPMPJK) Dinas PU Prov. Kalbar, dengan tujuan meninjau dampak dari perbandingan antara kedua

campuran dengan menggunakan filler Abu serbuk kayu dan Semen Portland dalam campuran split mastic asphalt. Untuk kedua bahan pengisi tersebut masing-masing dibuat benda uji sebanyak 15 buah, dengan kadar aspal rentang 5-7% dan benda uji direndam selama 30 s/d 40 menit dengan suhu air 60°C bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar Aspal optimum dari kedua campuran tersebut. Dari hasil pengujian kedua campuran dengan filler yang berbeda, ternyata hasil yang di dapat memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Ternyata dari hasil kedua campuran dengan filler berbeda menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda namun dari hasil tersebut semuanya masih memenuhi standar spesifikasi umum 2010 dinas pekerjaan umum direktorat jendral bina marga. Hasil akhir menunjukkan bahwa dengan menggunakan *filler* Abu serbuk kayu ternyata tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan campuran. Dan dari hasil kadar Aspal optimum yang didapat dengan menggunakan filler abu serbuk kayu memiliki hasil yg lebih rendah 6,55% dari *filler* pembanding yaitu 6,85%. Pada kadar Aspal 6,5%, untuk campuran Aspal dengan *filler* abu serbuk kayu dan Semen Portland semua parameter masuk dalam spesifikasi. Hasil Analisa dapat dilihat pada kadar Aspal tersebut campuran dengan *filler* abu serbuk kayu memiliki Nilai stabilitas sebesar 1585,0 Kg, Flow 3,8 mm, VIM 4,3%, VFB 76,3%, VMA 18,0%, dan MQ 420,7. Hasil Analisa dengan filler Semen Portland pada kadar Aspal yang sama didapat hasil stabilitas sebesar 1399,2 Kg, Flow 3,6 mm, VIM 4,7%, VFB 76,0%, VMA 19,5% dan MQ sebesar 395,7 Kg. Abu serbuk kayu dapat dijadikan alternatif untuk penggunaannya sebagai *filler* karena karakteristik laston yang dihasilkan

hampir sama dengan *filler* yang biasa dipakai yaitu Semen Portland, dimana nilai-nilai yang dihasilkan masuk dalam spesifikasi. Meskipun penggunaan *filler* dari abu serbuk kayu mampu memberikan karakteristik Laston yang lebih baik, namun penggunaannya dilapangan harus dipertimbangkan mengingat abu serbuk kayu adalah limbah kimia.

2. Zulfhazli (2016) dalam penelitian Tugas Akhir berjudul “**Analisis Karakteristik Marshall Campuran HRS-WC Menggunakan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu Jati**”. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium jalan raya jurusan/program studi teknik sipil fakultas teknik, universitas Malikussaleh, Tujuannya dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan nilai Parameter Marshall akibat pengaruh penggunaan Abu serbuk kayu sebagai pengganti *filler* dengan beberapa variasi campuran. Metode penelitian menggunakan Metode Marshall dengan rujukan Spesifikasi Bina Marga tahun 2010. Hasil penelitian menggambarkan nilai Flow pada campuran aspal mengalami peningkatan pada variasi 25% abu serbuk kayu dengan nilai sebesar 3,30 mm dan kemudian meningkat sebesar 0,91% menjadi 3,33 mm pada variasi 50%, kemudian terus meningkat seiring bertambahnya kadar abu serbuk kayu dalam campuran, hal ini disebabkan nilai VIM dapat menerima kadar abu serbuk kayu bertambah dan rongga dalam campuran bertambah licin. Sedangkan nilai stabilitas pada campuran aspal mengalami penurunan dimulai pada kadar 25% abu serbuk kayu nilai stabilitas sebesar 1431 kg kemudian menurun sebesar 70,79% pada kadar 50% abu serbuk kayu sebesar 1418 kg nilai stabilitas mengalami penurunan seiring bertambahnya

kadar abu serbuk kayu dalam campuran. Hal ini disebabkan oleh menurunnya penggunaan butiran abu serbuk kayu yang mengakibatkan film aspal menjadi tebal, sehingga fungsi aspal sebagai pengikat berubah menjadi pelicin dan menurunnya nilai stabilitas, dapat disimpulkan bahwa semakin besar komposisi abu serbuk kayu dapat meningkatkan Flow namun menurunkan stabilitas campuran.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu menganalisis penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam lapisan Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheett-Wearing Course*). Dalam penelitian di Laboratorium diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap proporsi campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheett-Wearing Course*) yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji untuk dilakukan uji *Marshall* sehingga diketahui karakteristik campuran.

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah persiapan alat untuk pelaksanaan di Laboratorium dan persiapan material seperti agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 60/70 dan bahan pengisi yang biasa disebut dengan *filler*. Setelah alat dan material sudah disiapkan, langkah selanjutnya melakukan pengujian material untuk memenuhi karakteristik material tersebut, lalu melakukan proporsi agregat untuk memperoleh agregat yang memenuhi spesifikasi. Untuk pengujian bahan pengisi (*filler*) dilakukan pengujian berat jenis saja untuk membuat proporsi campuran.

Berdasarkan proporsi agregat dicari nilai persentase kadar aspal dalam campuran dan dibuat rancangan benda uji. Setelah pembuatan benda uji, maka akan dilanjutkan dengan pengujian karakteristik *Marshall*. Dari hasil pengujian tersebut didapat data serta kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum akan digunakan untuk campuran yang menggunakan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (*filler*). Setelah membuat sampel dan perhitungan karakteristik sampel campuran, maka didapat data yang dapat dianalisis dan ditarik kesimpulan.

3.3 Pengambilan Bahan

Pengambilan material berupa agregat diambil dari stock pile PT. Adhi Karya di Kecamatan Manuhing, Kalimantan Tengah. Sedangkan Abu serbuk kayu diambil dari Jln. Pangeran Samudra CV. Abadi Jaya, Kota Palangka Raya.

3.4 Pengambilan Data Sampel

Pengambilan data dilakukan dengan membuat briket/benda uji sebanyak 30 buah. Benda uji dibagi dalam 2 kali percobaan.

1. Percobaan pertama dibuat 15 briket/benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah briket/benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO). Dalam percobaan pertama, bahan pengisi (*filer*) yang digunakan dalam campuran adalah Abu serbuk kayu.
2. Percobaan kedua, Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat pada percobaan pertama dipergunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 15 buah briket/benda

uji, yang terdiri dari 5 variasi persentase berat abu serbuk kayu terhadap berat agregat yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO). Pembuatan dan pengujian briket/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. Material berupa agregat diambil dari stock pile PT. Adhi Karya di Kecamatan Manuhing, Kalimantan Tengah. Sedangkan abu serbuk kayu diambil dari Jln. Pangeran Samudra, CV. Abadi Jaya, Kota Palangka Raya.
2. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.
3. Bahan pengisi (*filler*) pada percobaan pertama untuk mendapatkan komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi adalah Abu serbuk kayu.
4. Abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi (*filler*) yang akan digunakan pada percobaan ke dua di ambil dari Jln. Pangeran Samudra, CV. Abadi Jaya, Kota Palangka Raya.

3.6 Alat-alat Penelitian

3.6.1 Alat untuk Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

- a. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut :

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dan benda uji, berguna untuk menimbang bahan.
 - 2) Satu set saringan meliputi saringan dengan ukuran 19 mm (3/4”), 12,5 mm (1/2”), 9,5 mm (3/8”), 2,36 mm (No.8), 0,6 mm (No.30), 0,075 mm (No.200).
 - 3) Oven, mesin pengguncang saringan, stopwatch, talam, kuas, sikat, 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 kawat yang berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No.6 atau No.8) dengan kapasitas 5 kg. Keranjang berguna untuk meletakkan sampel dan tempat pengayak dari sisa air.
 - b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, berguna untuk merendam bahan uji.
 - c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang. Berguna untuk menimbang bahan yang akan diuji.
 - d) Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu sampai $((110\pm 5)^{\circ}\text{C})$, dan alat pemisah contoh 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, piknometer dengan kapasitas 500 ml, kerucut terpancung dengan diameter (90 ± 3) . Peralatan yang digunakan diatas berguna untuk pemeriksaan berat jenis. Timbangan untuk menimbang bahan, piknometer untuk mengukur massa jenis atau densitas fluida dan kerucut terpancung untuk mengisi benda uji.
- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 1) kg dengan diameter permukaan (25 ± 3) . Berguna untuk memadatkan benda uji yang dimasukkan kedalam kerucut terpancung.
- c) Saringan No.4, talam, bejana tempat air, oven pengukur suhu, tungku pemanas, (*hot plate*), *stopwatch* dan lap bersih.

c. Pengujian Keausan Agregat

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 pada Agregat Halus

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan kadar lempung pada agregat halus adalah sebagai berikut :

- 1) Tabung *sand equivalent*, beban equivalent dan larutan standar. Berguna untuk mengetahui pemeriksaan agregat halus (abu batu) yaitu dengan memasukkan bahan kedalam tabung *sand equivalent* kemudian dimasukkan larutan standar.
- 2) Talam, saringan No.8, sumbu karet gabus, corong dan stopwatch.
- 3) Talam berfungsi sebagai tempat menaruh sampel, saringan No.8 sebagai pemeriksaan ini untuk agregat yang lolos saringan No.8, karet gabus sebagai penutup tabung *sand equivalent* ketika dikocok dan *stopwatch* berfungsi sebagai pengukur waktu ketika tabung *sand equivalent* dikocok.

e. Pemeriksaan Gradasi Berat Jenis dan Penyerapan *filler*

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi *filler* adalah sebagai berikut :

1. Saringan terdiri dari dua ukuran yang bagian bawah dipasang saringan Nomor 200 (0,075 mm) dan di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm).

2. Wadah untuk mencuci mempunyai kapasitas yang dapat menampung benda uji sehingga pada waktu pengadukan (pelaksanaan pencucian) benda uji dan air pencuci tidak mudah tumpah.
3. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 % dari berat benda uji.
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 - 5)°C.

3.6.2 Pengujian Aspal

1. Uji penetrasi aspal

Peralatan yang digunakan dalam uji penetrasi aspal adalah sebagai berikut :

- 1) Ada dua macam penetrometer yaitu penetrometer manual dan penetrometer otomatis. Perbedaan kedua penetrometer ini terletak pada :
 - i. Pengukur waktu pada penetrometer manual diperlukan stopwatch sedangkan pada penetrometer otomatis tidak diperlukan stopwatch karena pengukur waktu otomatis sudah terangkai dalam alat penetrometer.
 - ii. Saat pengujian tombol pemegang jarum penetrometer manual harus ditekan selama $5 \pm 0,1$ detik sampai waktu yang ditentukan, sedangkan pada tombol pemegang jarum penetrometer otomatis ditekan hanya pada saat permulaan pengujian yang akan berhenti secara otomatis setelah waktu yang ditentukan ($5 \pm 0,1$ detik).

Kedua alat ini terdiri dari :

- a) Alat penetrometer yang dapat melepas pemegang jarum untuk bergerak secara vertikal tanpa gesekan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum ke dalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat.
 - b) Berat pemegang jarum $47,5 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$. Berat total pemegang jarum beserta jarum $50 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat.
 - c) Penetrometer harus dilengkapi dengan *waterpass* untuk memastikan posisi jarum dan pemegang jarum tegak (90) ke permukaan.
 - d) Berat beban $50 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$ dan $100 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$ sehingga dapat digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan.
- 2) Jarum penetrasi
- a) Harus terbuat dari *stainless steel* dan dari bahan yang kuat, *Grade* 440-C atau yang setara, HRC 54 sampai 60.
 - b) Jarum standar memiliki panjang sekitar 50 mm sedangkan jarum panjang memiliki panjang sekitar 60 mm (2,4 in)
 - c) Diameter jarum antara 1,00 mm sampai dengan 1,02 mm
 - d) Ujung jarum berupa kerucut terpancung dengan sudut antara 8,7 dan 9,7
 - e) Ujung jarum harus terletak satu garis dengan sumbu badan jarum

- f) Perbedaan total antara ujung jarum dengan permukaan yang lurus tidak boleh melebihi 0,2 mm
 - g) Diameter ujung kerucut terpancung 0,14 mm sampai 0,16 mm dan terpusat terhadap sumbu jam
 - h) Ujung jarum harus runcing tajam dan halus
 - i) Panjang bagian jarum standar yang tampak harus antara 40 mm sampai 45 mm, sedangkan untuk jarum panjang antara 50 mm sampai 55 mm (1,97-2,17 in)
 - j) Berat jarum harus 2,50 gram \pm 0,05 gram
 - k) Jarum penetrasi yang akan digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria tersebut di atas dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang.
- 3) Cawan benda uji
- Cawan benda uji terbuat dari logam atau gelas yang terbentuk silinder dengan dasar yang rata dan berukuran sebagai berikut :
- a) Untuk pengujian penetrasi dibawah 200 diameter 55 mm tinggi bagian dalam 35 mm
 - b) Untuk pengujian penetrasi antara 200 dan 350 diameter 55 mm-75 mm tinggi bagian dalam 45 mm-70 mm
 - c) Untuk pengujian penetrasi antara 350 dan 500 diameter 55 mm tinggi bagian dalam 70 mm

4) Bak perendam

Terdiri dari bejana dengan isi tidak kurang dari 10 liter dan dapat mempertahankan temperature $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ atau temperature lain dengan ketelitian tidak lebih dari $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bejana atau bak perendam harus dilengkapi dengan pelat dasar berlubang yang terletak tidak kurang dari 50 mm di atas dasar bejana dan tidak kurang dari 100 mm di bawah permukaan air dalam bejana. Apabila pengujian dilakukan di dalam bak perendam maka harus dilengkapi dengan penahan yang cukup kuat untuk dudukan penetrometer. Air perendam dapat ditambah garam apabila diinginkan pengujian pada temperatur rendah.

5) *Transfer dish*

Transfer dish harus mempunyai isi tidak kurang dari 350 ml dan cukup tinggi dapat merendam cawan benda uji ukuran besar. *Transfer dish* harus disertai dudukan, antara lain kaki tiga, agar cawan benda uji tidak bergerak selama pengujian.

6) Pengukur waktu

Untuk penetrometer yang dijalankan secara manual dapat digunakan pengukur waktu apa saja seperti *stopwatch* atau pengatur waktu elektrik yang terkalibrasi dan mempunyai skala terkecil 0,1 detik atau kurang dengan kesalahan tertinggi 0,1 detik untuk setiap 60 detik. Untuk penetrometer otomatis kesalahan tidak boleh lebih dari 0,1 detik.

7) Termometer

Termometer harus dikalibrasi dengan maksimum kesalahan skala tidak melebihi $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau dapat juga digunakan pembagian skala termometer lain yang sama ketelitiannya dan kepekaannya. Termometer harus sesuai dengan SNI 19-6421-2000 *Spesifikasi* standar termometer. Termometer yang digunakan untuk bak perendam harus dikalibrasi secara periodik dengan cara sesuai ASTM E77.

d) Uji daktilitas aspal

Peralatan yang digunakan dalam uji daktilitas aspal adalah sebagai berikut :

- 1) Termometer
- 2) Cetakan daktilitas kuningan
- 3) Bak perendam isi 10 liter, yang menjaga suhu tertentu selama pengujian dengan ketelitian $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan benda uji dapat terendam sekurang-kurangnya 100 m dibawah permukaan air bak tersebut dilengkapi dengan pelat dasar berlubang yang diletakkan 50 mm dari dasar bak perendam untuk meletakkan benda uji.
- 4) Mesin uji ketentuan sebagai berikut :
 - a) Dapat menarik benda uji dengan kecepatan yang tetap
 - b) Dapat menjaga benda uji tetap terendam dan tidak menimbulkan getaran selama pemeriksaan.
- 5) Bahan methyl alkohol atau glycerin teknik

e. Uji Titik Nyala Aspal

Peralatan yang digunakan dalam uji titik nyala aspal adalah sebagai berikut :

- 1) Alat Cleveland open cup terdiri dari : cawan cleveland, pelat pemanas, nyala api penguji, pemanas dan penyangga.
- 2) Termometer dengan rentang pengukuran - 6 °C sampai dengan 400 °C
- 3) Barometer, untuk mengukur tekanan udara
- 4) Aspal
- 5) Pelarut pembersih, umumnya adalah bahan yang mudah terbakar terdiri dari : *acetone, toluol, xylol* dan minyak tanah

3.6.3 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") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung. Berfungsi untuk cetakan benda uji dan pelat alas sebagai alas benda uji.
- 2) Alat pengukur benda.
- 3) Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh beban 45,7 cm. Berfungsi menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pematat terdiri dari balok kayu dan dilapisi dengan pelat baja.

- 5) Oven dengan pengatur suhu, kompor, timbangan, wajan, talam, sendok pengaduk, termometer, 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 bergantung berkapasitas 5 kg. berguna untuk menimbang benda uji.
- 2) Bak perendam (*water bath*), yang dilengkapi dengan pengatur suhu berguna untuk tempat merendam benda uji.
- 3) Alat Marshall dilengkapi dengan
 - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, berguna untuk menekan benda uji agar diketahui nilai tekanannya.
 - 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 Waktu dan Tempat Pengujian

Penelitian ini dilakukan selama ± 2 bulan bertempat di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

3.8 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Pemeriksaan sifat fisik agregat harus dilakukan pada suatu perencanaan campuran yang akan dipergunakan pada lapisan perkerasaan. Agregat dapat digunakan untuk bahan perkerasaan, 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.

3.8.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada metode pemeriksaan gradasi agregat kasar maupun halus menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1968-1990. Peralatan yang digunakan adalah : timbangan, satu set saringan, oven, 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 selama ± 24 jam.

- b. Sampel ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing 1 kg untuk agregat kasar dan agregat halus (abu batu). Khusus untuk kombinasi, sampel ditimbang masing-masing 500 gram.
- c. Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati di atas saringan No.200, agregat yang tetahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.
- d. Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam oven, kemudian didinginkan dalam suhu ruangan.
- e. Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin penguncang saringan selama ± 15 menit, kemudian diamkan selama ± 5 menit.
- f. Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat sampel masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

3.8.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dibagi atas :

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pada pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standart pemeriksaan yaitu SNI 03-1969-2016. 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 1” dan tertahan pada saringan No.8.

Adapun prosedur pelaksanaan dan pemeriksaan ini adalah sebagai berikut

- 1) Timbangan 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 ± 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 ± 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 :

$$\text{Bj.kering Oven (bulk)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (3-1)$$

$$\text{Bj.kering permukaan} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3-2)$$

$$\text{Bj.semua} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (3-3)$$

$$\text{Penyerapan agregat} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3-4)$$

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1970-2016. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh atau *saturated surface dry (SSD)*, berat jenis semu (*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 perendaman 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) Pemeriksaan sampel pada keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan sampel ke dalam kerucut terpancung dalam tiga lapis dan padatkan 25 tumbukan.
- 6) Angkat 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 sampeldan rendam piknometer dalam air dengan suhu 25°C sampai suhu di dalam piknometer menunjukkan 25°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°C selama 24 jam.
- 13) Keluarkan sampel dalam oven, dinginkan kemudian ditimbang (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 :

$$\text{Bj. Kering oven (bulk)} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (3-5)$$

$$\text{Bj.Kering Permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (3-6)$$

$$\text{Bj.semua (apparent)} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (3-7)$$

$$\text{Penyerapan Agregat} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3-8)$$

3.8.3 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-2008.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- b. Keringkan dalam oven selama 24 jam.
- c. Timbang sampel sesuai gradasi atau spesifikasi yang digunakan.
- d. Masukkan sampel ke dalam mesin Los Angeles.
- e. Masukkan bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- f. Putar mesin Los Angeles dengan jumlah putaran 500 kali.
- g. Keluarkan sampel dalam 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 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 :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3-9)$$

Keterangan :

a = berat total sampel semula (500 putaran)

b = berat sampel yang tertahan saringan No.12

3.9 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 :

$$P = Aa + Bb + Cc + Dd \quad (3-11)$$

Keterangan :

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

A, B, C, D = Persen material lolos saringan X untuk agregat A, B, C, D

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

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

Sebagai berikut urutan perencanaan campuran pada penelitian ini :

1. Penentuan proporsi komposisi campuran terhadap total agregat.
2. Dari hasil perhitungan proporsi/komposisi campuran, selanjutnya dilakukan dengan variasi kadar aspal (5 variasi kadar aspal) yaitu berdasarkan kadar aspal yang ditentukan spesifikasi.

3. Membuat briket/benda uji untuk setiap campuran (untuk variasi 1 kadar aspal dibuat 3 buah briket) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat khusus.
4. 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 kelehan (*flow*).

3.10 Pengujian Abu Serbuk Kayu

Pengujian abu serbuk kayu adalah pengujian analisis saringan, berat jenis dan penyerapan filler.

3.10.1 Pengujian Analisis Saringan, Berat Jenis dan Penyerapan *Filler*.

Pengujian analisis saringan, Berat Jenis dan Penyerapan *Filler* terhadap abu serbuk kayu mengacu pada Pengujian saringan filler (SNI-03-4142-1996). Sebagai berikut alat-alat yang diperlukan :

1. Saringan terdiri dari dua ukuran yang bagian bawah dipasang saringan Nomor 200 (0,075 mm) dan di atasnya, saringan Nomor 16 (1,18 mm).
2. Wadah untuk mencuci mempunyai kapasitas yang dapat menampung benda uji sehingga pada waktu pengadukan (pelaksanaan pencucian) benda uji dan air pencuci tidak mudah tumpah.
3. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1 % dari berat benda uji.
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 - 5) °C.

Adapun pelaksanaan pengujiannya sebagai berikut:

1. Timbang wadah tanpa benda uji.
2. Timbang benda uji dan masukan ke dalam wadah.
3. Masukan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam.
4. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisahan sempurna antara butir-butir kasar dan bahan halus yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm). Usahakan bahan halus tersebut melayang di dalam larutan air pencuci sehingga mempermudah memisahkannya.
5. Tuangkan air pencuci dengan segera di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan Nomor 200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
6. Ulangi pekerjaan butir (3), (4) dan (5), sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih.
7. Kembalikan semua benda Uji yang tertahan saringan Nomor 16 (1.18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai mencapai berat tetap, dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh.
8. Hitung persen bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm) dengan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut:

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1) berat kering benda uji awal

$$W3 = W1 - W2 \dots\dots\dots(3-12)$$

2) berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W5 = W4 - W2 \dots\dots\dots(3-13)$$

3) bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W6 = \frac{W3 - W5}{W3} \times 100\% \dots\dots\dots(3-14)$$

Keterangan

W1 = berat kering benda uji + wadah (gram);

W2 = berat wadah (gram);

W3 = berat kering benda uji awal (gram);

W4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

W5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

W6 = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

3.11 Penentuan Proporsi Campuran Terhadap Total Agregat

Data hasil pemeriksaan gradasi agregat yang dilakukan dengan posisi menggunakan analisis 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 memenuhi 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 menggunakan *trial and error*. Hal ini untuk melihat proporsi/komposisi gradasi gabungan agregat apakah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak.

3.12 Pembuatan Benda Uji

Pengujian dilakukan dengan 3 benda uji (briket) dengan kadar aspal rencana. Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

a. Campuran

- 1) Keringkan agregat kasar, agregat sedang, abu batu menggunakan oven pada suhu $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- 2) Masing-masing agregat yang sudah dikeringkan tersebut ditimbang sesuai dengan besarnya persentase (%) besar komposisi. Berat tetap dalam keadaan normal untuk menghasilkan benda uji dengan ketinggian $\pm 6,25$ cm adalah 1.200 gram.

- 3) Agregat campuran dipanaskan dalam panci pemanas di atas api kompor sampai mencapai suhu antara 160°C - 180°C .
 - 4) Aspal dicairkan pada suhu 130°C - 150°C .
 - 5) Kemudian aspal cair dituangkan secara hati-hati sesuai dengan berat yang telah ditetapkan ke dalam panci pencampur.
 - 6) Campuran tersebut diaduk dengan cepat pada suhu $(145\pm 10)^{\circ}\text{C}$ sampai terlihat seluruh permukaan agregat tertutup aspal semua.
- b. Pemadatan benda uji
- 1) Bersihkan cetakan benda uji, oleskan dengan pelumas, diletakkan kertas saring di dasarnya dan bersihkan bagian muka penumbuk.
 - 2) Masukkan campuran ke dalam cetakan benda uji (*mold*), kemudian tusuk-tusuk campuran dengan spatula sebanyak 15 kali pada keliling pinggirnya dan 10 kali pada bagian tengah. Waktu dipadatkan suhu campuran harus dalam batas suhu pemadatan $(140\pm 15)^{\circ}\text{C}$.
 - 3) Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali tumbukan dengan tinggi jatuh 45,7 cm, selama pemadatan tahanlah sumbu palu pemadatan agar selalu tegak lurus pada alat cetakan.
 - 4) Lepaskan keping alas dan leher penyambung, balikan cetakan berisi benda uji dan pasang kembali, kemudian tumbuklah sebanyak 75 kali.
 - 5) Benda uji yang telah cukup dingin dikeluarkan dari *mould* dengan *ejector*.

- 6) Berikan tanda pengenal pada setiap benda uji supaya tidak tertukar.
- 7) Letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- 8) Kemudian benda uji ditimbang beratnya dalam suhu ruang dan beratnya ditetapkan.
- 9) Rendam benda uji di dalam air selama 24 jam.
- 10) Timbang benda uji di dalam air dan beratnya ditetapkan.
- 11) Timbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) dan berat ditetapkan.
- 12) Selanjutnya benda uji direndam dalam bak berisi air panas (*water bath*) dengan suhu 60 selama 30-40 menit.
- 13) Kemudian benda uji ditest dengan alat Marshall.

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 <i>HRS-WC</i> + kadar aspal Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi <i>HRS-WC</i> + kadar aspal Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi <i>HRS-WC</i> + kadar aspal Pb (%)

Pb + 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi <i>HRS-WC</i> + kadar aspal Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0 (%)	3 buah	Campuran agregat spesifikasi <i>HRS-WC</i> + kadar aspal Pb + 1,0 (%)

- a. 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).
- b. Dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan campuran bahan pengisi Abu serbuk kayu.

3.13 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.

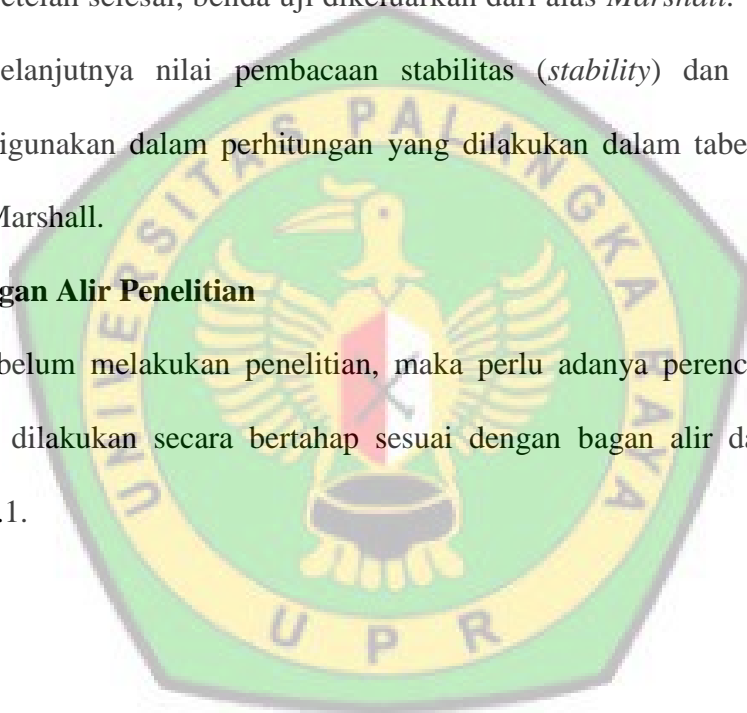
b. Pelaksanaan pengujian

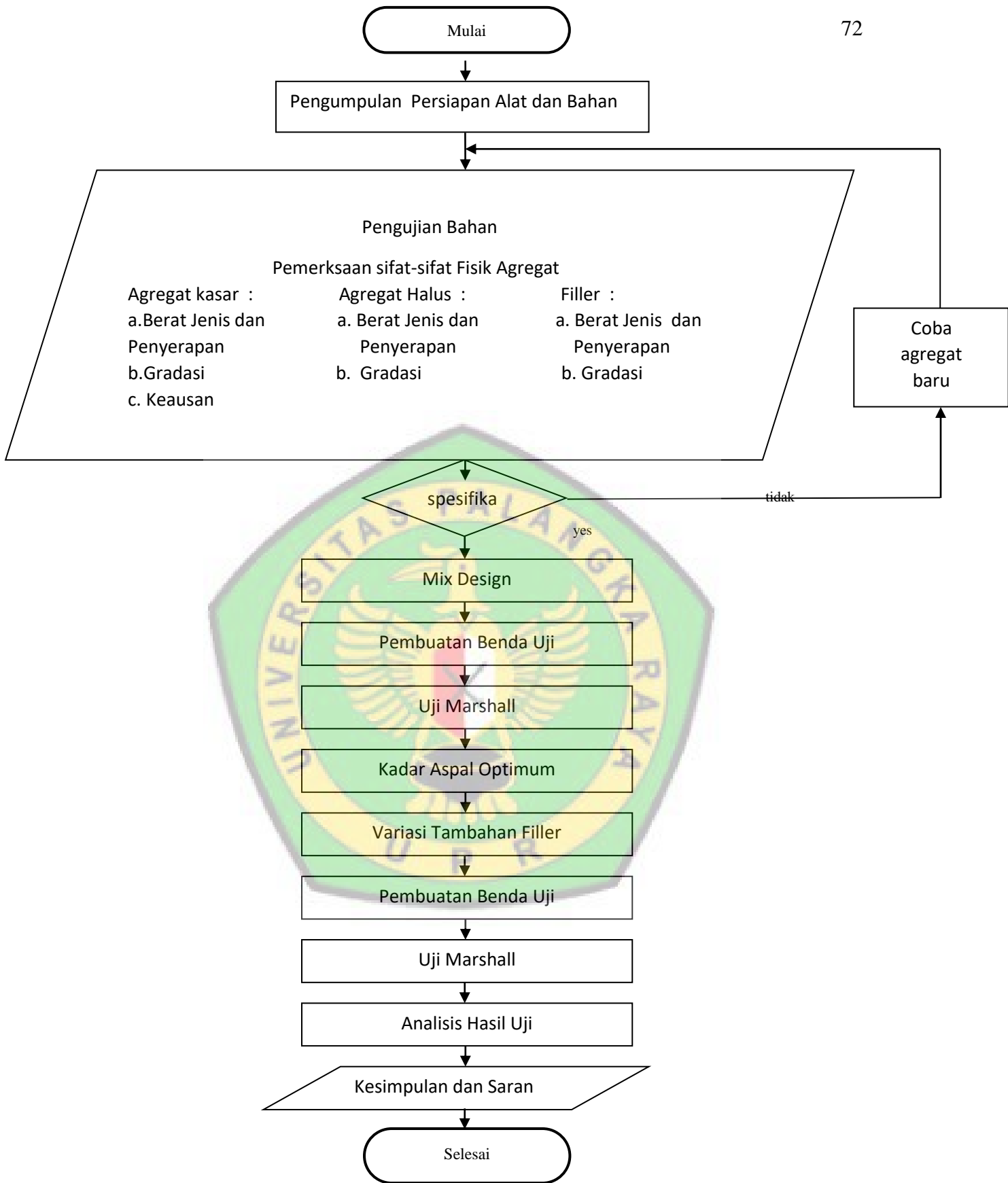
- 1) Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) dengan suhu tetap 60°C selama 30-40 menit.
- 2) Sebelum pengujian, batang penuntun dan permukaan dalam dari kepala penekan diberi pelumas sehingga kepala penekan dapat meluncur bebas dan mempermudah pelepasan benda uji.
- 3) Keluarkan benda uji 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) Naikkan 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.

3.14 Bagan Alir Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, maka perlu adanya perencanaan penelitian. penelitian dilakukan secara bertahap sesuai dengan bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium

Pengujian sifat-sifat campuran aspal panas pada penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penelitian yang dilakukan meliputi pengujian terhadap sifat-sifat fisik agregat dan pengujian terhadap sifat karakteristik Marshall pada campuran aspal menggunakan alat Marshall.

4.2 Pengujian Sifat-sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat-sifat fisik agregat terdiri dari pengujian gradasi agregat, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian keausan (abrasi) agregat kasar dan pengujian agregat halus.

Pemeriksaan gradasi agregat kasar, dan abu batu dilakukan dengan uji analisa saringan yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil Analisa Saringan Masing-masing Agregat

No. Saringan		Persentase Lolos Saringan (%)	
Inch	mm	Agregat Kasar Batu Pecah (CA)	Agregat Halus Abu Batu (FA)
#3/4	19	100,00	100,00
#1/2	12,7	85,47	100,00
#3/8	9,5	51,27	100,00
No.8	2,38	2,47	87,53
No.30	0,60	1,33	55,87
No.200	0,074	0,00	8,15

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2020)

Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat yang berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan keausan (Abrasi) agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Masing-masing Agregat

Pemeriksaan	Agregat Kasar Batu Pecah	Agregat Halus Abu Batu	Spesifikasi
Berat Jenis (gram/cm ³)	2,680	2,740	-
Berat Jenis Kering Permukaan / SSD (gram/cm ³)	2,720	1,920	-
Berat Jenis Semu (gram/cm ³)	2,810	2,740	Min. 2,5%
Penyerapan (%)	1,730	1,920	Max. 3 %
Keausan / Abrasi (%)	27,308	-	Max. 40%
Sand Equivalent (%)	-	-	Min. 50%

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2020)

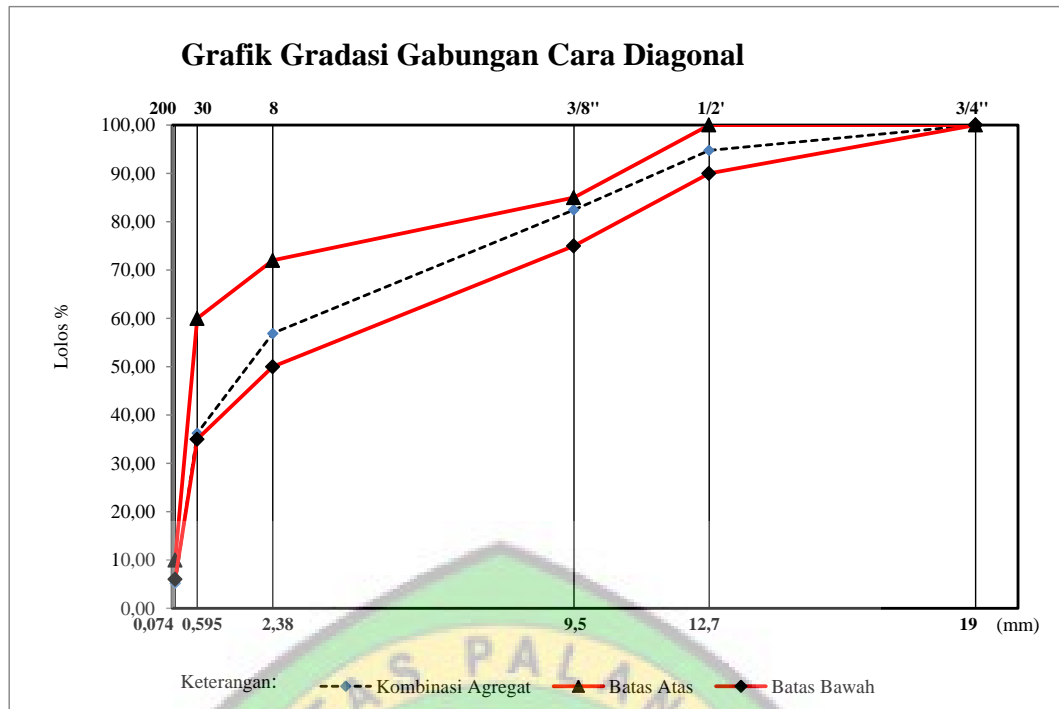
4.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran menggunakan metode *Asphalt Institute*. Perhitungan proporsi agregat kasar dan agregat halus menggunakan cara diagonal (Lampiran 1-5) dan hasil perhitungan gradasi gabungan dapat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal

No. Saringan		Agregat Kasar Batu Pecah		Agregat Halus Abu Batu		Total Kombinasi	Ideal Spec	Spesifikasi
inch	mm	36%		64%				
#3/4	19	100,00	36,00	100,00	64,00	100,00	100	100
#1/2	12.7	85,47	30,77	100,00	64,00	94,62	95	90-100
#3/8	9.5	51,27	18,46	100,00	64,00	81,99	80	75-85
No.8	2.38	2,47	0,89	87,53	56,02	57,45	61	50-72
No.30	0.595	1,33	0,48	55,87	35,76	39,21	47,5	35-60
No.200	0.074	0,00	0,00	8,15	5,22	6,92	8	6-10
Pan	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)



Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

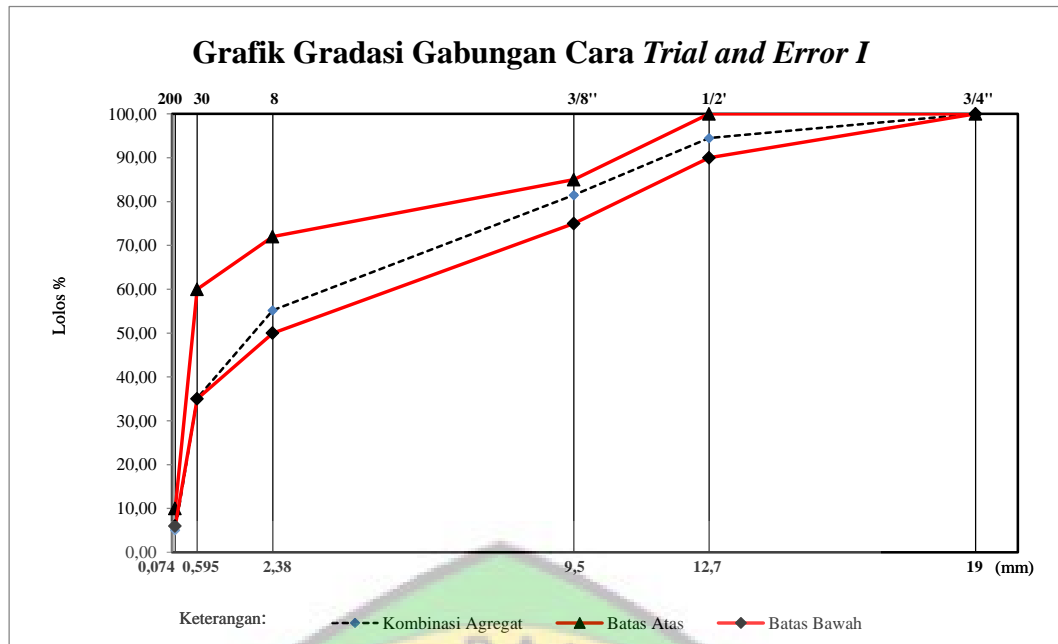
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal (Komposisi I)

Selanjutnya hasil perhitungan komposisi gradasi agregat gabungan dengan cara diagonal yang sudah diperoleh dicoba lagi menggunakan cara *Trial and Error* I untuk melihat spesifikasi ideal nya. Hasil perhitungan untuk komposisi campuran cara *Trial and Error* I dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara *Trial and Error* I

No. Saringan		Agregat Kasar Batu Pecah		Agregat Halus Abu Batu		Total Kombinasi	Ideal Spec	Spesifikasi
inch	mm	38%		62%				
#3/4	19	100,00	38,00	100,00	62,00	100,00	100	100
#1/2	12.7	85,47	32,48	100,00	62,00	94,48	95	90-100
#3/8	9.5	51,27	19,48	100,00	62,00	81,48	80	75-85
No.8	2.38	2,47	0,94	87,53	54,27	55,21	61	50-72
No.30	0.595	1,33	0,51	55,87	34,64	35,15	47,5	35-60
No.200	0.074	0,00	0,00	8,15	5,05	5,05	8	6-10
Pan	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)



Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

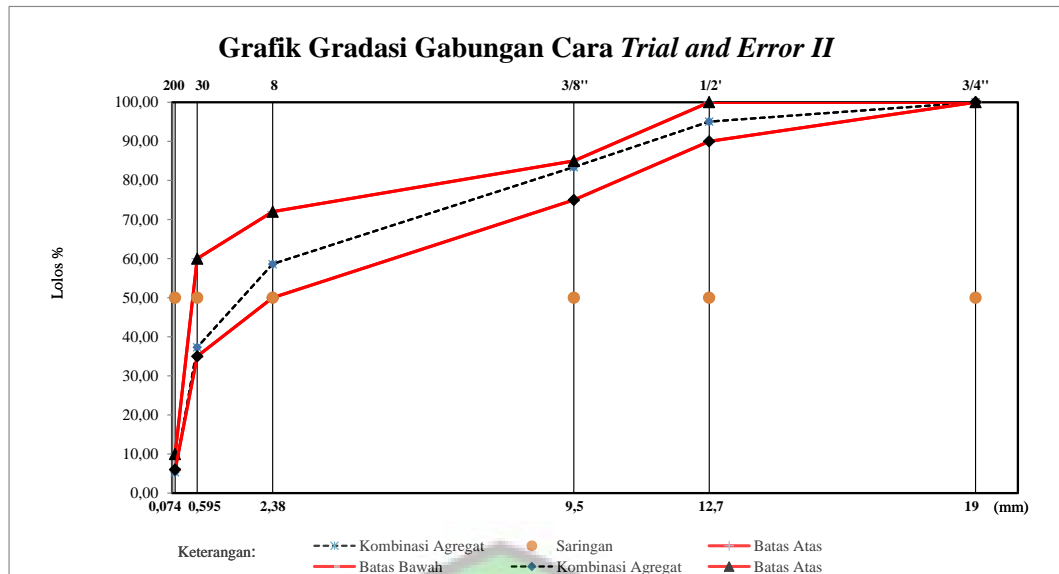
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Gabungan Cara *Trial and Error I* (Komposisi II)

Komposisi gradasi agregat gabungan dengan cara diagonal yang sudah diperoleh dicoba lagi menggunakan cara *Trial and Error II* untuk melihat spesifikasi ideal nya. Hasil perhitungan untuk komposisi campuran cara *Trial and Error II* dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara *Trial and Error II*

No. Saringan		Agregat Kasar Batu Pecah		Agregat Halus Abu Batu		Total Kombinasi	Ideal Spec	Spesifikasi
inch	mm	34%		66%				
#3/4	19	100,00	34,00	100,00	66,00	100,00	100	100
#1/2	12.7	85,47	29,06	100,00	66,00	95,06	95	90-100
#3/8	9.5	51,27	17,43	100,00	66,00	83,43	80	75-85
No.8	2.38	2,47	0,84	87,53	57,77	58,61	61	50-72
No.30	0.595	1,33	0,45	55,87	36,88	37,33	47,5	35-60
No.200	0.074	0,00	0,00	8,15	5,38	5,38	8	6-10
Pan	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)



Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.3 Grafik Gradasi Gabungan Cara Trial and Error II (Komposisi III)

Komposisi campuran yang akan digunakan sebagai komposisi untuk pembuatan benda uji adalah hasil perhitungan gradasi gabungan cara trial and error II (komposisi III) karena nilai total kombinasi cara tersebut lebih mendekati nilai *ideal spec*.

Dari hasil perhitungan komposisi campuran yang sudah didapat, nilai total kombinasi dapat digunakan untuk menentukan perkiraan kadar aspal awal. Perkiraan kadar aspal awal diperoleh dari rumus berikut, yaitu :

$$P_b = 0,035 (\% \text{ CA}) + 0,045 (\% \text{ FA}) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{Konstanta}$$

- Keterangan :
- P_b = Kadar Aspal
 - CA = Agregat Kasar (*Coarse Aggregate*)
 - FA = Agregat Halus (*Fine Aggregate*)
 - Filler = Agregat halus lolos saringan No. 200
 - Konstanta = 2,0 – 3,0 (diambil nilai konstanta = 2,0)

Hasil perhitungan gradasi gabungan cara trial and error II (komposisi III) dapat dilihat pada Tabel 4.3 diperoleh agregat yang lolos saringan No. 8 sebesar 58,61 %. Untuk nilai CA adalah Agregat kasar yang tertahan saringan No.8

$$\begin{aligned} \text{maka nilai CA} &= 100\% - 58,61\% \\ &= 41,39\% \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai FA adalah Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200. Maka nilai FA

$$\begin{aligned} &= 100\% - (\%CA + \% \textit{Filler}) \\ &= 100\% - (41,39\% + 5,38\%) \\ &= 53,23\% \end{aligned}$$

Nilai *Filler* adalah agregat halus lolos saringan No. 200. Dari hasil Kombinasi diperoleh agregat yang lolos saringan No. 200 sebesar 5,38%. Maka nilai *Filler* = 5,38%

$$\begin{aligned} \text{Dengan nilai: CA} &= 41,39\% \\ \text{FA} &= 53,23\% \\ \textit{Filler} &= 5,38\% \end{aligned}$$

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \textit{Filler}) + \text{Konstanta}$$

$$Pb = (0,035 \times 41,39) + (0,045 \times 53,23) + (0,18 \times 5,38) + 2$$

$$Pb = 6,9 \approx 7\%$$

Perhitungan Kadar Aspal tengah yang diperoleh mendekati nilai 7%, yang kemudian diurutkan dua variasi kadar aspal ke bawah dan dua variasi kadar aspal ke atas dengan interval 0,5%. Dari hasil perhitungan perkiraan Kadar Aspal diperoleh lima variasi Kadar Aspal yaitu : 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, dan 8%. Persentase terhadap berat total agregat yang digunakan yaitu 1200 gram.

Perhitungan berat material dan aspal dalam campuran berdasarkan Komposisi yang telah ditetapkan adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan

Kadar Aspal 7 %

- Batu Pecah (CA) 34% = 1200 x 34% = 408 gram
- Abu Batu (FA) 66% = 1200 x 66% = 792 gram +
- Berat Total Agregat** = 1200 gram
- Aspal 7% = $\left(\frac{7}{(100 - 7)}\right) \times 1200$ = 90,323 gram

Berat Total Campuran + Aspal = 1200 gram + 76,60 gram = 1290,323 gram

Perhitungan rencana berat material dan aspal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Rencana Komposisi Campuran

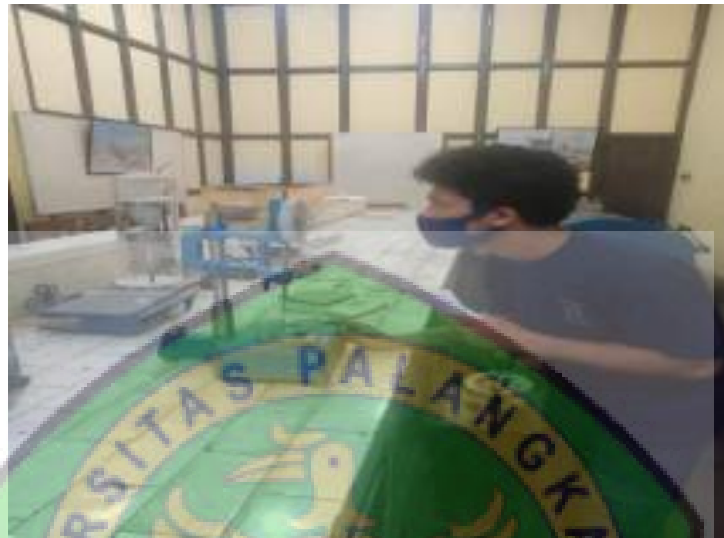
Berat Total Agregat 1200 gram					Variasi Kadar Aspal					Kode Sampel
Agregat Kasar Batu Pecah		Agregat Halus Abu Batu		Berat Total Agregat	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8%	
Berat Kadar Aspal Terhadap Total Campuran										
%	gram	%	Gram	Gram	Gram					
34	408	66	792	1200	76,595	83,423	90,323	97,297	104,349	A

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

Dari hasil gabungan nilai yang di dapat di gunakan komposisi III dengan proporsi agregat kasar 34% dan agregat halus 66% serta variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8%. Sebelumnya komposisi III ini lolos saringan No.200 dengan total kombinasi 5,38% di bawah spesifikasi antara 6%- 10%. Maka dalam hal ini dicoba variasi penambahan filler 1,5 %, 3 %, dan 4,5 % terhadap berat total agregat filler abu serbuk kayu.

4.4 Pengujian Aspal

Pengujian aspal terdiri dari pengujian penetrasi aspal, pengujian titik nyala dan titik bakar aspal dan pengujian daktilitas aspal. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Gambar 4.4 s/d Gambar 4.6 dan Tabel 4.7



Sumber: Dokumentasi Laboratorium (2020)

Gambar 4.4 Pengujian Penetrasi Aspal



Sumber: Dokumentasi Laboratorium (2020)

Gambar 4.5 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



Sumber: Dokumentasi Laboratorium (2020)

Gambar 4.6 Pengujian Daktilitas Aspal

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Aspal

No.	Pemeriksaan	Satuan	Hasil pemeriksaan
1	Penetrasi aspal	0,1 mm	66
2	Titik nyala aspal	°C	298
3	Titik bakar aspal	°C	301
4	Daktilitas aspal	Cm	69,33

Sumber: Hasil Pemeriksaan (2020)

Dari hasil pengujian aspal pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa penetrasi aspal dengan menggunakan alat penetrometer sebesar 66 per 0,1 mm, titik nyala dan titik bakar aspal dengan menggunakan alat *cleveland open cup* didapat titik nyala sebesar 298°C dan titik bakar sebesar 301°C, sedangkan untuk pengujian daktilitas aspal menggunakan alat *Ductility Machine* sebesar 69,33 cm.

4.5 Pengujian Marshall

a. Persiapan Pengujian Marshall

Setelah perhitungan komposisi campuran (*mix design*) maka selanjutnya adalah pembuatan briket atau benda uji. Pembuatan benda uji mengikuti prosedur

pada SNI 06-2489-1991. Jumlah tumbukan yang digunakan adalah 2 x 75 kali tumbukan dengan asumsi jalan digunakan untuk lalu lintas sedang.

Benda uji yang telah dipadatkan, kemudian didiamkan pada suhu ruangan selama 24 jam, kemudian ditimbang dalam suhu ruang dan beratnya ditetapkan. Selanjutnya benda uji tersebut direndam dalam air selama 24 jam, kemudian ditimbang dalam air dan berat ditetapkan. Setelah benda uji diangkat dan dikeringkan sampai mencapai kering permukaan jenuh (SSD), lalu ditimbang dan ditetapkan beratnya.

Sebelum pengujian dengan alat Marshall dilakukan, benda uji direndam terlebih dahulu dalam bak air panas (*water bath*), dengan temperatur 60⁰C selama 30 - 40 menit. Pada tes Marshall diperoleh besaran-besaran seperti stabilitas dalam satuan kg dan *flow* dalam satuan mm.

b. Perhitungan Pengisian Tabel Pengujian Marshall

Sebelum melakukan perhitungan dan menganalisa hasil pengujian Marshall, terlebih dahulu dilakukan perhitungan berat jenis dan penyerapan terhadap total agregat campuran.

Dari hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan terhadap total agregat untuk campuran Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*), diperoleh hasil seperti Tabel 4.8 berikut. Secara lengkap hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan terhadap total agregat dimuat pada (Lampiran 11)

Tabel 4.8 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat

No.	Pemeriksaan	Satuan	Hasil Perhitungan
1	Berat Jenis Bulk (GSB)	(gram/cm ³)	2,718
2	Berat Jenis Semu (GSA)	(gram/cm ³)	2,763
3	Berat Jenis Efektif (GSE)	(gram/cm ³)	2,740

Tabel 4.8 (Lanjutan)

No.	Pemeriksaan	Satuan	Hasil Perhitungan
4	Penyerapan (Pba)	%	0,328

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

Setelah diperoleh nilai-nilai seperti pada Tabel 4.8 di atas, maka selanjutnya dilakukan perhitungan tabel hasil tes Marshall. Berikut contoh perhitungan pengisian tabel tes Marshall untuk briket atau benda uji menggunakan Kode A1.

- a. Kadar aspal terhadap campuran (%) (Kolom A)

$$\text{Kolom A} = 6 \%$$

- b. Kadar aspal terhadap agregat (%) (Kolom B)

$$\text{Kolom B} = \frac{\text{Kolom A}}{100 - \text{Kolom A}} \times 100 = \frac{6}{100 - 6} \times 100 = 6,38 \%$$

- c. Berat benda uji/briket (Kolom C)

$$\text{Kolom C} = 1276,60 \text{ gram}$$

- d. Berat benda uji/briket dalam keadaan jenuh (Kolom D)

$$\text{Kolom D} = 1277,20 \text{ gram}$$

- e. Berat benda uji/briket dalam air (Kolom E)

$$\text{Kolom E} = 726,00 \text{ gram}$$

- f. Isi benda uji (Kolom F)

$$\text{Kolom F} = \text{Kolom D} - \text{Kolom E} = 1277,20 - 726,00 = 551,2 \text{ gram}$$

- g. Berat isi benda uji (Kolom G)

$$\begin{aligned} \text{Kolom G} &= \frac{\text{Kolom C}}{\text{Kolom F}} = \frac{1276,60}{551,2} \\ &= 2,316 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

- h. Berat jenis maksimum teoritis (Kolom H)

$$\text{Kolom H} = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}}}$$

$$\text{Kolom H} = \frac{100}{\frac{(100 - 6,38)}{2,740} + \frac{6,38}{1,089}}$$

$$\text{Kolom H} = 2,499 \text{ gram/cm}^3$$

i. $\text{Kolom I} = \frac{\% \text{ Aspal terhadap campuran (B)} \times \text{Isi benda uji (G)}}{\text{Berat jenis aspal}}$

$$\text{Kolom I} = \frac{6,38 \times 2,316}{1,089}$$

$$= 12,760 \%$$

j. $\text{Kolom J} = \frac{(100 - B) \times G}{\text{Berat jenis agregat}}$

$$= \frac{(100 - 6,38) \times 2,366}{2,740}$$

$$= 79,119\%$$

k. Jumlah kandungan rongga (Kolom K)

$$\text{Kolom} = 100 - \text{Kolom I} - \text{Kolom J}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom K} &= 100 - 12,760 - 79,119 \\ &= 8,120 \% \end{aligned}$$

l. Porsen rongga terhadap agregat (*Void Mixture Aggregate/VMA*) (Kolom L)

$$\begin{aligned} \text{Kolom L} &= 100 - \text{Kolom J} \\ &= 100 - 79,119 \\ &= 20,881 \% \end{aligned}$$

m. Porsen rongga terisi aspal (*Void Filled Bitumen/VFB*) (Kolom M)

$$\text{Kolom M} = 100 \times \frac{\text{Kolom I}}{\text{Kolom L}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom M} &= 100 \times \frac{12,760}{20,881} \\ &= 61,111 \% \end{aligned}$$

n. Porsen rongga terhadap campuran (*Void In Mixture/VIM*) (Kolom N)

$$\begin{aligned} \text{Kolom N} &= 100 - \left(100 \times \frac{\text{Kolom G}}{\text{Kolom H}}\right) \\ &= 100 - \frac{100 \times 2,316}{2,498} \\ &= 7,306 \% \end{aligned}$$

- o. Pembacaan arloji Stabilitas (Kolom O)

$$\text{Kolom O} = 54,00$$

- p. Stabilitas (dengan kalibrasi alat) (Kolom P)

$$\text{Kolom P} = \text{Kolom O} \times \text{Kalibrasi alat} = 54,00 \times 14,452 = 780,408 \text{ kg}$$

- q. Stabilitas (dengan koreksi benda uji) (Kolom Q)

$$\text{Koreksi benda uji} = 1 \text{ (dari kolom S)}$$

$$\text{Kolom Q} = \text{Stabilitas (Kolom P)} \times \text{Koreksi benda uji (Kolom S)}$$

$$\text{Kolom Q} = 780,408 \times 0,89 = 694,563 \text{ kg}$$

- r. Kelelahan Koreksi/Flow (Kolom R)

$$\text{Kolom R} = 3$$

- s. Hasil Bagi Marshall (Kolom T)

$$\text{Kolom T} = \frac{\text{Kolom Q}}{\text{Kolom R}} = \frac{694,536}{3} = 231,521 \text{ kg/mm}$$

4.6 Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal

Karakteristik utama campuran aspal panas yang diperoleh dari pengujian Marshall adalah stabilitas, kelelahan (*flow*), hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFB). Hasil pengujian Marshall terhadap briket/benda uji di Laboratorium menunjukkan tidak semuanya memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Terdapat 5 (lima) karakteristik campuran aspal panas dengan variasi kadar aspal yang telah diuji. Untuk menganalisis hubungan kelima karakteristik campuran dengan variasi kadar aspal, digunakan cara grafik.

Hasil dari pengujian Marshall di Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall

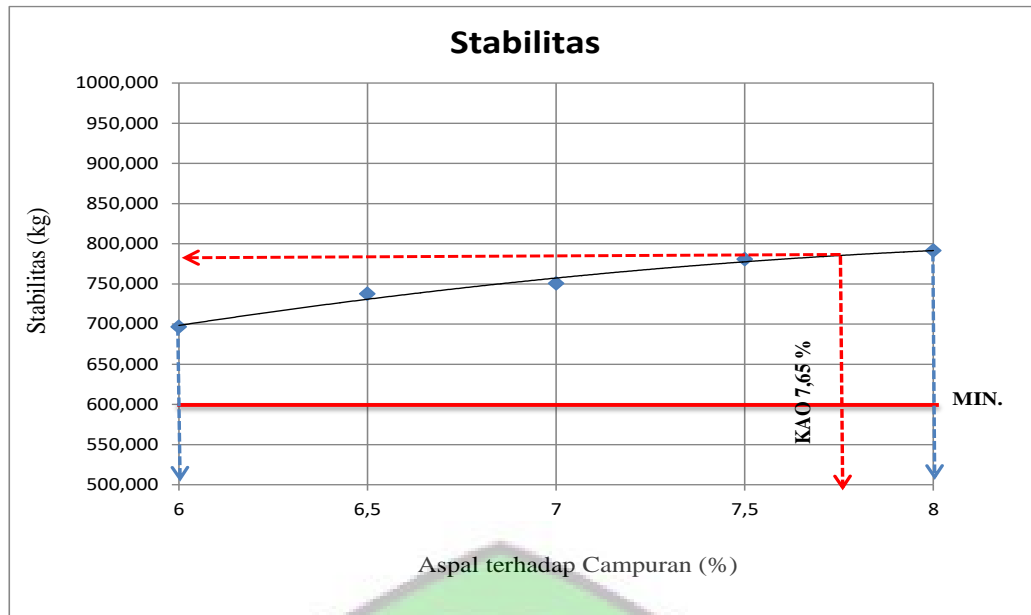
Kadar Aspal (%)	Parameter Karakteristik Marshall						Keterangan
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)	Berat Isi (gram/cm ³)	
6	696,20	3,13	6,91	65,07	222,63	2,33	VIM, VFB, MQ Tidak Memenuhi
6,5	737,44	3,20	6,25	70,35	230,60	2,32	VIM dan MQ Tidak Memenuhi
7	750,30	3,03	5,35	75,04	247,43	2,33	MQ Tidak Memenuhi
7,5	780,31	3,12	4,75	78,48	250,63	2,33	Memenuhi
8	791,30	3,07	4,23	81,41	258,33	2,32	Memenuhi
Spesifikasi	600	≥ 3,00	4 – 6	≥ 68	≥ 250		

Sumber: Hasil Pengujian Marshall (2020)

Hasil pengujian karakteristik Marshall menunjukkan bahwa pada kadar aspal 7,5% dan 8%, memenuhi spesifikasi terhadap semua parameter Marshall, sedangkan pada kadar aspal 6%, 6,5% dan 7% beberapa parameter Marshall pada campuran aspal tersebut tidak memenuhi spesifikasi.

a. Hubungan Stabilitas terhadap Kadar Aspal

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban tanpa terjadi perubahan bentuk. Batas spesifikasi stabilitas untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* minimal 600 kg.



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

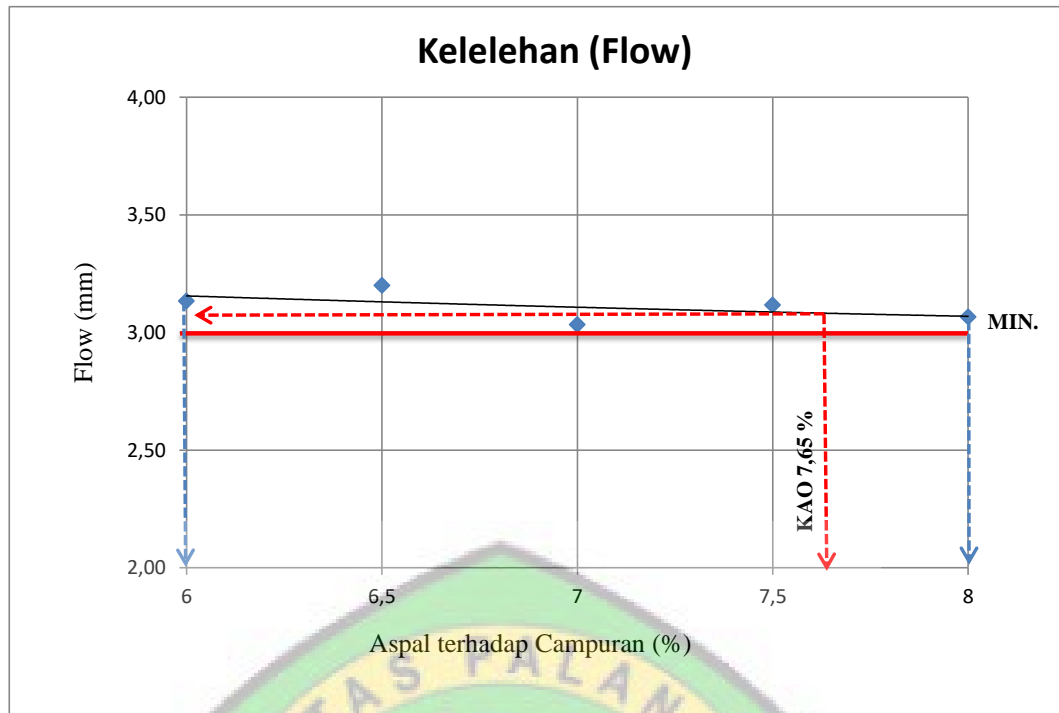
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal

Dari gambar grafik diatas nilai stabilitas tertinggi dicapai pada kadar aspal 8% yaitu 791,30 kg dan Nilai Stabilitas terendah pada kadar aspal 6% yaitu 696,20 kg. Secara keseluruhan nilai stabilitas memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* yaitu minimal sebesar 600 kg.

b. Hubungan Kelelehan (*Flow*) terhadap Variasi Kadar Aspal

Kelelehan (*flow*) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban berulang tanpa terjadi kelelehan yang berupa alur (*ruting*) dan retak. Nilai kelelehan (*flow*) yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* yaitu minimal 3 mm.

Hasil pengujian kelelehan (*flow*) diperoleh dari nilai rata-rata tiga benda uji yang mewakili setiap kadar aspal. Pengaruh nilai kelelehan (*flow*) dengan variasi kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

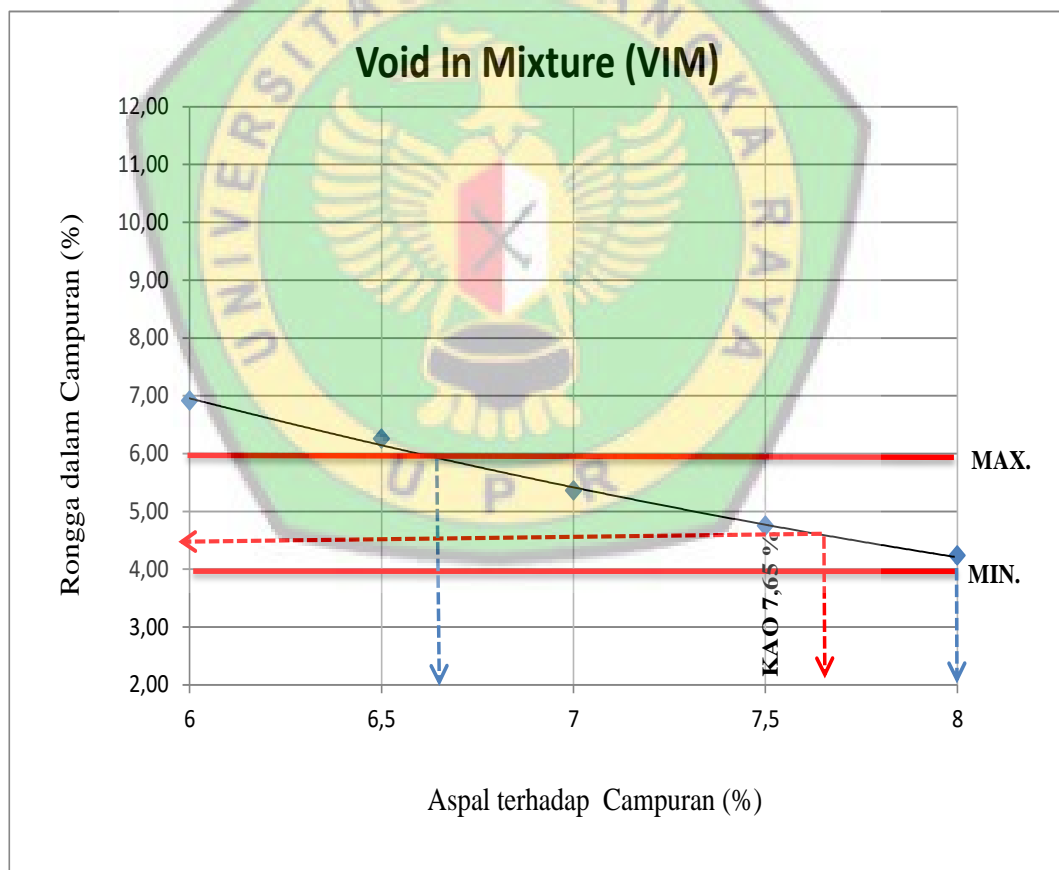
Gambar 4.8 Grafik Hubungan *Flow* terhadap Variasi Kadar Aspal

Dari gambar 4.8 di atas menunjukkan bahwa nilai tertinggi *flow* terjadi pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 3,20 mm dan nilai terendah *flow* terjadi pada kadar aspal 7% yaitu sebesar 3,03 mm. Nilai kelelehan (*flow*) pada kadar aspal 7% hingga 8% memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.

c. **Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (*Void In Mixture/VIM*) terhadap Variasi Kadar Aspal**

Rongga udara dalam campuran (*Void In Mixture/VIM*) merupakan indikator terhadap ketahanan campuran (*durabilitas*). Rongga udara yang cukup akan memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat pemadatan yang berulang yang diakibatkan oleh beban lalu lintas.

Nilai rongga udara dalam campuran (*VIM*) yang dinyatakan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) untuk campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* yaitu 4%-6%. Hasil perhitungan nilai rongga udara dalam campuran (*VIM*) dapat dilihat dalam Gambar 4.9



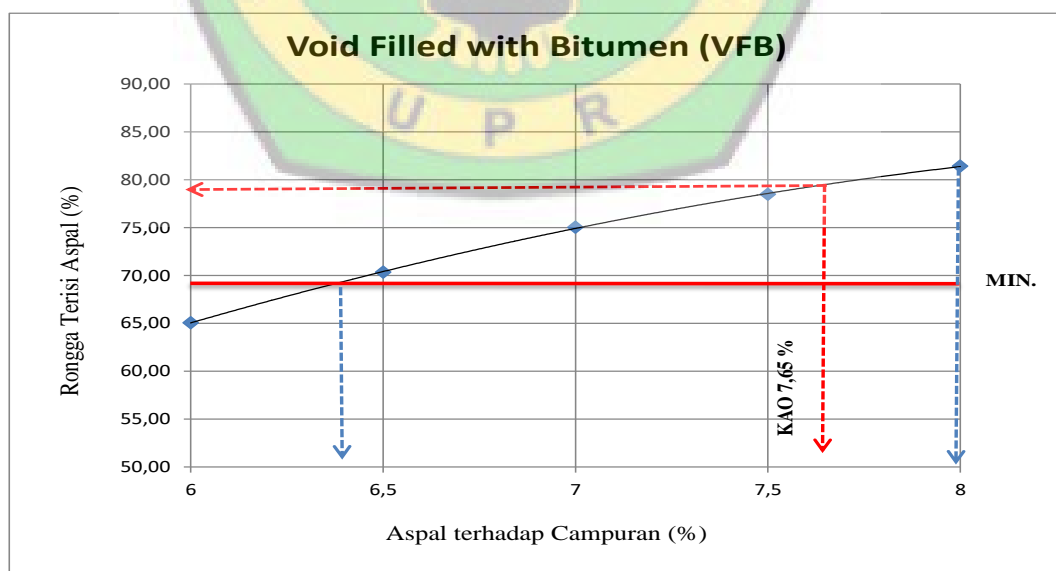
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.9 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (*VIM*) terhadap Variasi Kadar Aspal

Dari Gambar 4.9 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar aspal maka akan menurunkan kadar rongga udara dalam campuran. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya jumlah aspal yang dapat mengisi rongga udara di dalam campuran aspal. Nilai VIM yang memenuhi persyaratan berada pada kadar aspal 7% dan 7,5% sebesar 5,35 dan 4,75.

d. Hubungan Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Bitumen/VFB*) terhadap Variasi Kadar Aspal

Rongga terisi aspal adalah persentase dari rongga antar butir agregat yang terisi aspal. Nilai rongga yang terisi aspal yang terlalu kecil menyebabkan daya lekat antar agregat menjadi berkurang, sehingga mudah lepas dan sangat mempengaruhi *durabilitas* campuran akan tetapi bila rongga terisi aspal terlalu besar memungkinkan terjadinya *bleeding*. Nilai rongga terisi aspal (VFB) yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) untuk *HRS-WC* yaitu minimal 68%. Nilai rongga terisi aspal (VFB) dapat dilihat pada Gambar 4.10 yang merupakan gambar grafik hubungan rongga terisi aspal.



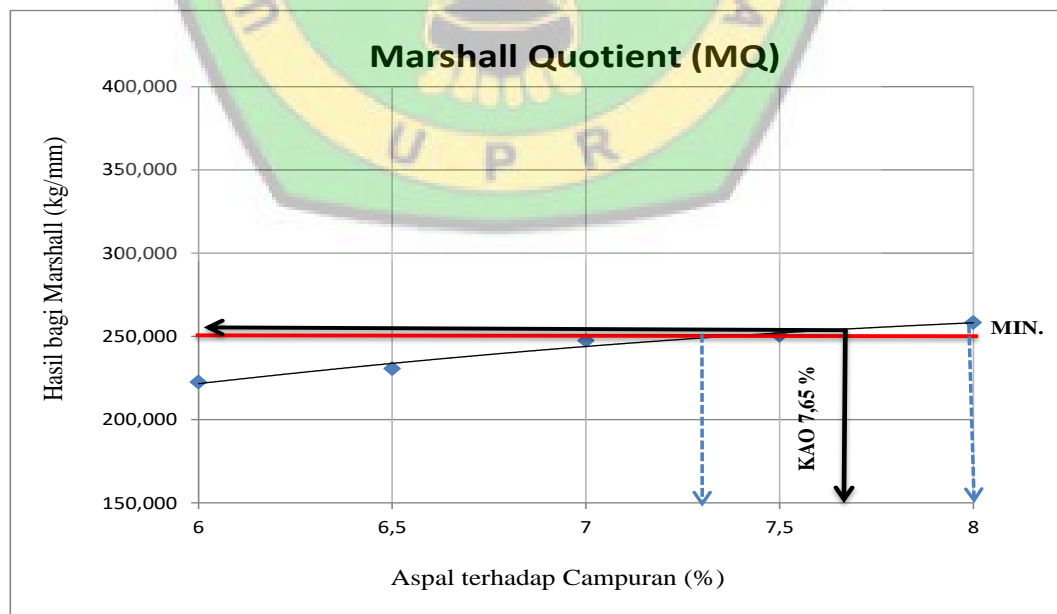
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.10 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (VFB) terhadap variasi kadar aspal

Dari Gambar 4.10 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar aspal maka akan menaikkan kadar rongga terisi aspal dalam campuran. Hal tersebut disebabkan peningkatan jumlah aspal yang mengisi rongga-rongga udara diantara butiran agregat. Nilai VFB tertinggi terjadi pada nilai Kadar Aspal 8% yaitu sebesar 81,41%, sedangkan nilai VFB terendah terjadi pada nilai Kadar Aspal 6% yaitu sebesar 65,07%.

e. Hubungan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*) terhadap Kadar Aspal

Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) merupakan nilai yang diperoleh dari nilai stabilitas dibagi dengan nilai kelelehan (*flow*). Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) yang dinyatakan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) yaitu lebih besar dari 250 kg/mm. Hasil perhitungan nilai *Marshall Quotient* dan hubungannya dengan variasi kadar aspal dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.



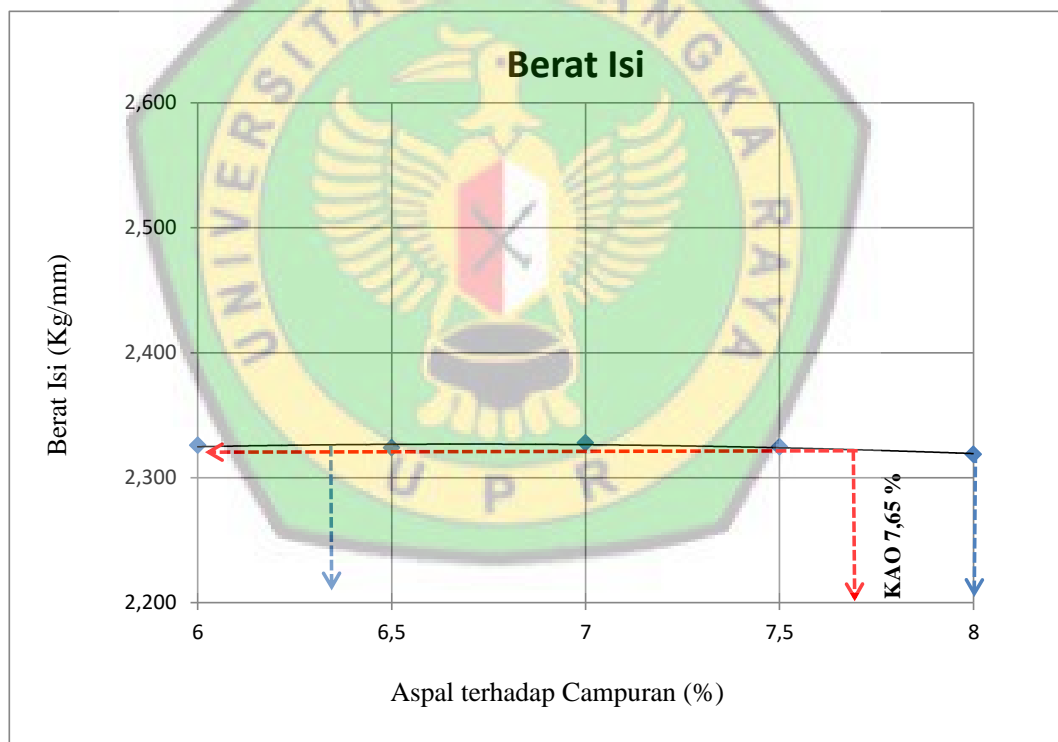
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.11 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Kadar Aspal

Gambar 4.11 menunjukkan nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) tertinggi terjadi pada nilai Kadar Aspal 8%, yaitu sebesar 258,33 kg/mm, sedangkan nilai hasil bagi Marshall terendah terjadi pada nilai Kadar Aspal 6%, yaitu sebesar 222,63 kg/mm.

f. Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Kadar Aspal

Kepadatan merupakan bagian yang paling penting dalam suatu campuran perkerasan, untuk kepadatan tidak mempunyai batasan. Kepadatan yang baik akan memberikan stabilitas yang baik pula pada suatu campuran perkerasan. Hal ini di perlukan untuk menjaga keutuhan dan ketahanan dari campuran perkerasan.



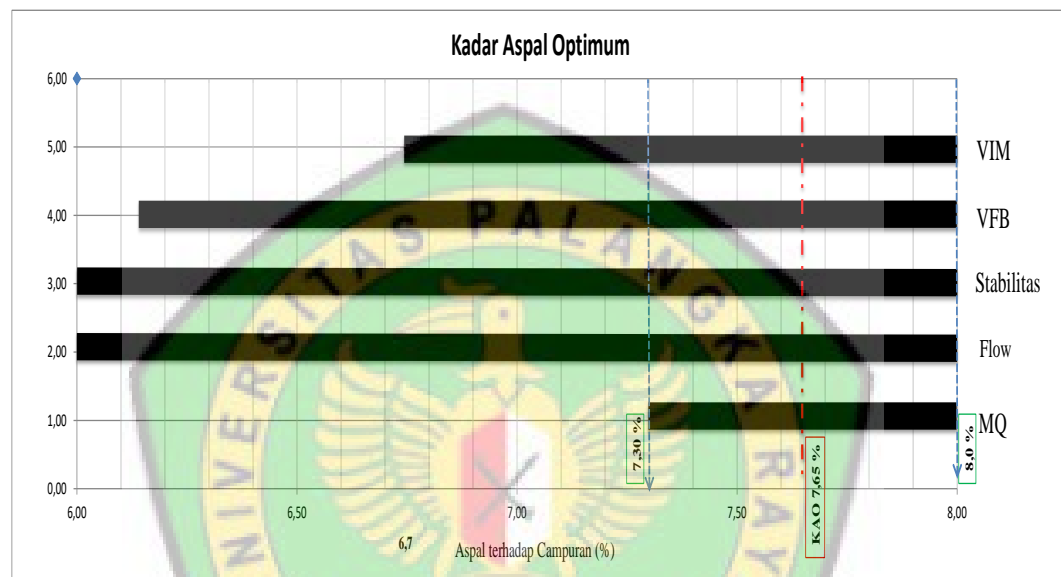
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.12 Grafik Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Kadar Aspal

Gambar 4.12 menunjukkan Nilai tertinggi berat isi terjadi pada nilai Kadar Aspal 7% yaitu sebesar 2,33 gram/cm³, sedangkan nilai berat isi terendah terjadi pada nilai Kadar Aspal 8% yaitu sebesar 2,32 gram/cm³.

Setelah melihat grafik-grafik di atas, maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) secara grafis, yaitu dengan cara memplotkan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi stabilitas, *flow*, VIM dan VIB, *Marshall Quotient* dan Berat Isi.

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada grafik hubungan kadar aspal dengan sifat karakteristik Marshall terhadap kadar aspal seperti berikut pada Gambar 4.13



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.13 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{7,30 + 8}{2} = 7,65 \%$$

Hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall menunjukkan bahwa rentang kadar aspal 7,30% hingga 8% campuran memenuhi semua persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan rentang tersebut diambil nilai tengah rentang yaitu 7,65% sebagai nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Dari hasil pengujian maka didapat hasil nilai parameter Marshall KAO 7,65% dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum

Komposisi Campuran	KAO	Parameter Karakteristik Marshall					
		Stabilitas	Kelelehan (<i>Flow</i>)	Rongga dalam Campuran (VIM)	Rongga Terisi Aspal (VFB)	Hasil Bagi Marshall (MQ)	Berat isi
		(%)	(kg)	(mm)	(%)	(%)	(kg/mm)
I	7,65	1108,01	4	4,45	80,15	275	2,36
Spesifikasi	-	600	≥3	4 - 6	≥68	≥250	

Sumber: Hasil Perhitungan Marshall (2020)

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa nilai parameter karakteristik Marshall dari Kadar Aspal Optimum (KAO) memiliki stabilitas sebesar 1108,01 kg, flow sebesar 4 mm, rongga dalam campuran (VIM) sebesar 4,45%, rongga terisi aspal (VFB) sebesar 80,15% ,hasil bagi Marshall (MQ) 275 kg/mm dan berat isi sebesar 2,36 gr/cm³.

4.7 Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu

Setelah diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan tambah abu serbuk kayu dengan variasi kadar bahan tambah yang sudah direncanakan dengan berat total agregat. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Persentase Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu

Berat Total Agregat	Persentase Tambah Filler Terhadap Total Agregat Abu Serbuk Kayu	Berat Abu Serbuk Kayu terhadap Berat Total Agregat	Kode Sampel
gram	%	gram	
1200	0	0	A
1200	1,5	18,27	B
1200	3	37,11	C
1200	4,5	56,55	D

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

Hasil dari pengujian parameter karakteristik Marshall pada percobaan Marshall II campuran dengan variasi persentase bahan tambah abu serbuk kayu dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 menit dalam suhu 60°C

Abu Serbuk Kayu terhadap Berat Total Agregat (%)	Parameter Karakteristik Marshall						Keterangan
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kg/mm)	Berat Isi (gr/cm ³)	
0,0	1108,01	4	4,45	80,15	275	2,36	Memenuhi
1,5	1122,46	4,10	4,40	80,45	273,82	2,36	Memenuhi
3,0	1156,18	4,13	3,83	82,55	279,76	2,38	VIM tidak Memenuhi
4,5	1175,45	4,20	3,39	84,29	279,98	2,39	VIM tidak Memenuhi
Spesifikasi	600	≥ 3	4 - 6	≥ 68	≥ 250		

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

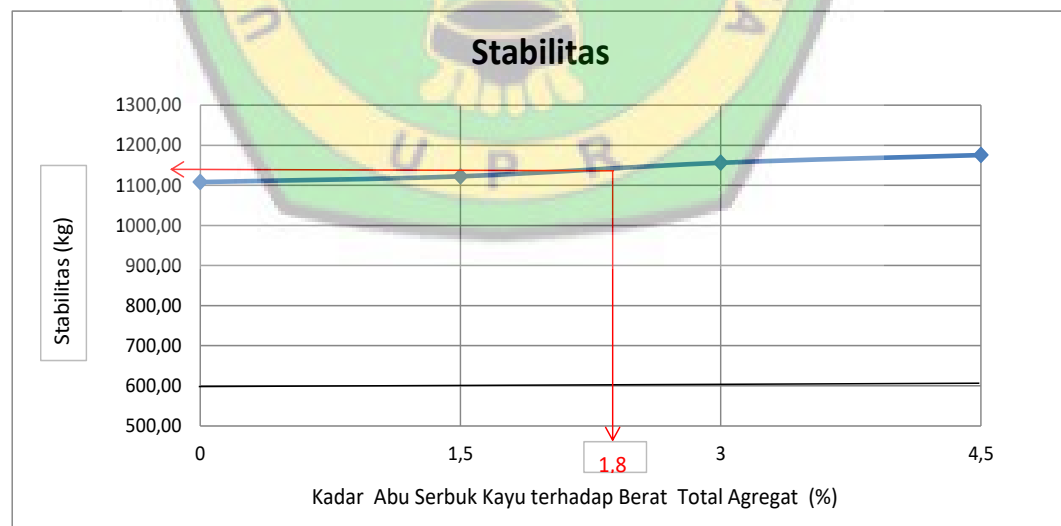
Dari hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit ini menunjukkan bahwa pada penambahan abu serbuk kayu ke dalam campuran pada persentase 0%, dan 1,5% terhadap berat total agregat, campuran aspal tersebut sudah memenuhi Spesifikasi Parameter Marshall pada Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018).

Sedangkan untuk penambahan abu serbuk kayu persentase 3,0% dan 4,5%, nilai parameter karakteristik Marshall dari rongga dalam campuran (VIM) tidak memenuhi Spesifikasi. Nilai rongga dalam campuran (VIM) untuk persentase bahan tambah 3,0% dan 4,5% berturut-turut yaitu sebesar 3,83% dan 3,39%, dibawah nilai yang disyaratkan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) yaitu nilai rongga dalam campuran (VIM) sebesar 4% - 6%.

Dari nilai masing-masing hasil pengujian karakteristik Marshall dengan bahan tambah abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit dalam suhu 60 C maka dibuat grafik sebagai berikut.

a. Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu

Pada Gambar 4.14 berikut akan dilihat pengaruh stabilitas terhadap variasi penambahan kadar abu serbuk kayu.



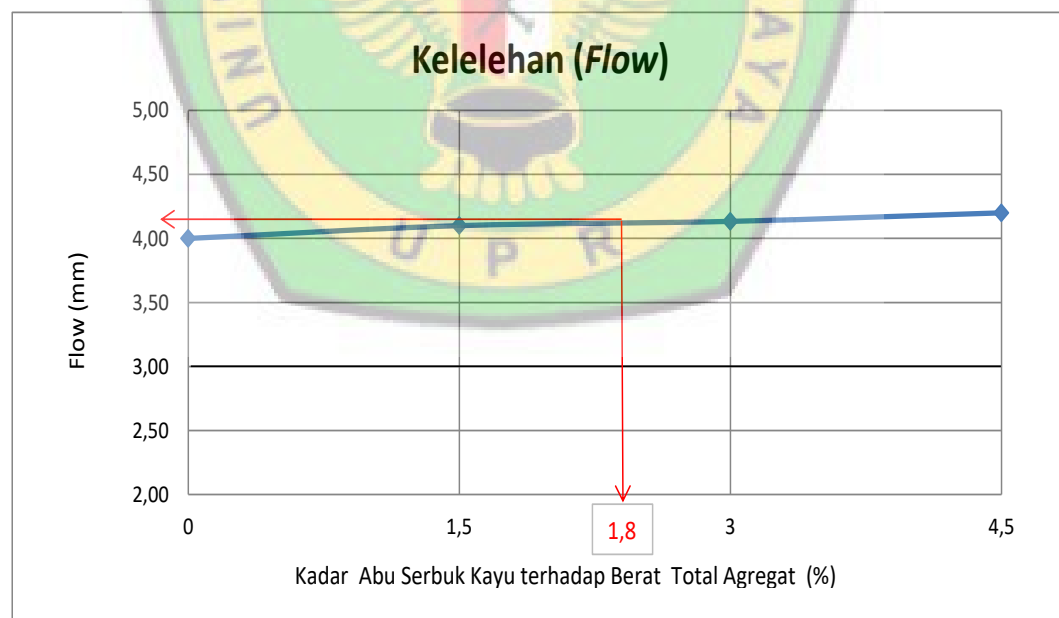
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.14 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Penambahan Kadar Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas yang diperoleh pada percobaan Marshall dengan lama perendaman 30 menit sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018) yaitu minimal sebesar 600 kg. Semakin besar persentase penambahan kadar abu serbuk kayu pada campuran aspal panas, maka nilai stabilitas yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada penambahan kadar abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit sebesar 4,5% dari berat aspal, yaitu sebesar 1175,45 kg.

b. Hubungan Kelelehan (*Flow*) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu

Pada Gambar 4.16 berikut pengaruh parameter kelelehan (*flow*) terhadap variasi penambahan abu serbuk kayu. Dengan lama perendaman 30 menit.



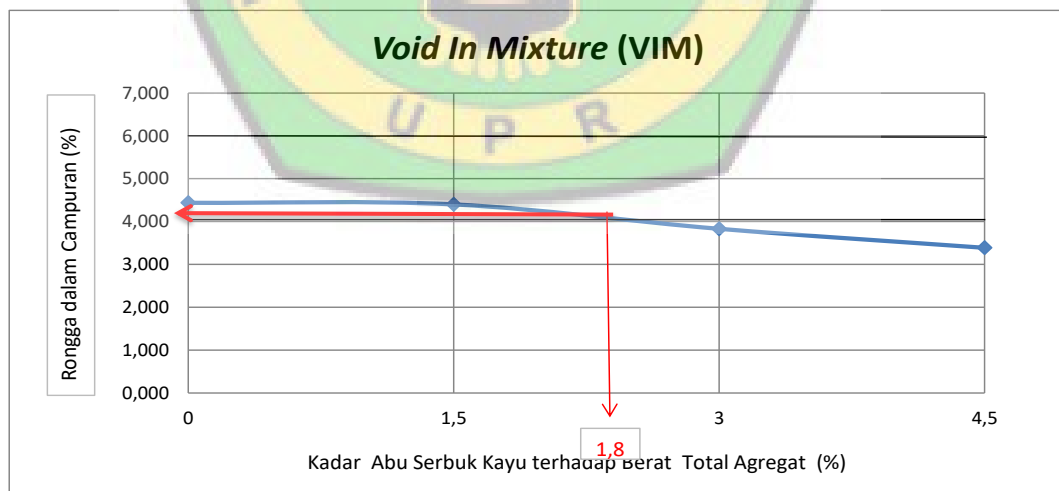
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.15 Grafik Hubungan Kelelehan (*Flow*) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Dari grafik di pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa nilai kelelehan (*flow*) tertinggi pada percobaan Marshall II dengan lama perendaman 30 menit dicapai pada penambahan abu serbuk kayu sebesar 4,5% dari berat aspal, yaitu bernilai 4,20 mm. Untuk nilai kelelehan (*flow*) variasi kadar abu serbuk kayu 0%, 1,5%, 3%, dan 4,5% masih memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu ≥ 3 mm.

c. Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (*Void In Mixture/VIM*) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu

Nilai rongga udara dalam campuran (*VIM*) yang dinyatakan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* yaitu 4%-6%. Pada Gambar 4.18 akan dilihat pengaruh nilai parameter rongga udara dalam campuran (*VIM*) terhadap variasi.



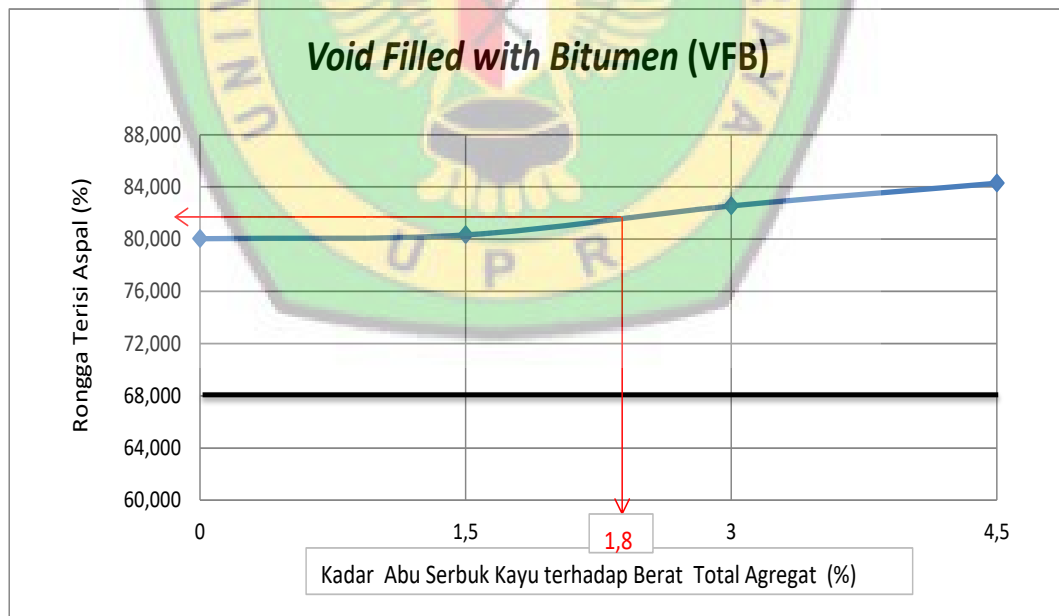
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.16 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (VIM) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Dari grafik di halaman sebelumnya dapat dilihat bahwa nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dengan lama perendaman 30 menit yang memenuhi spesifikasi yaitu pada penambahan abu serbuk kayu dengan kadar persentase 0%, dan 1,5% yang nilainya berturut-turut yaitu 4,45%, dan 4,40% sedangkan untuk penambahan abu serbuk kayu sebesar 3% dan 4,5% tidak memenuhi spesifikasi karena berada di luar bentang syarat spesifikasi, yang nilainya yaitu sebesar 3,83% dan 3,39%. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan abu serbuk kayu pada campuran, maka semakin menurun nilai rongga udara dalam campuran (VIM).

d. Hubungan Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled With Bitumen/VFB*) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu

Pada Gambar 4.20 akan dilihat pengaruh rongga terisi aspal (VFB) terhadap variasi penambahan abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit.



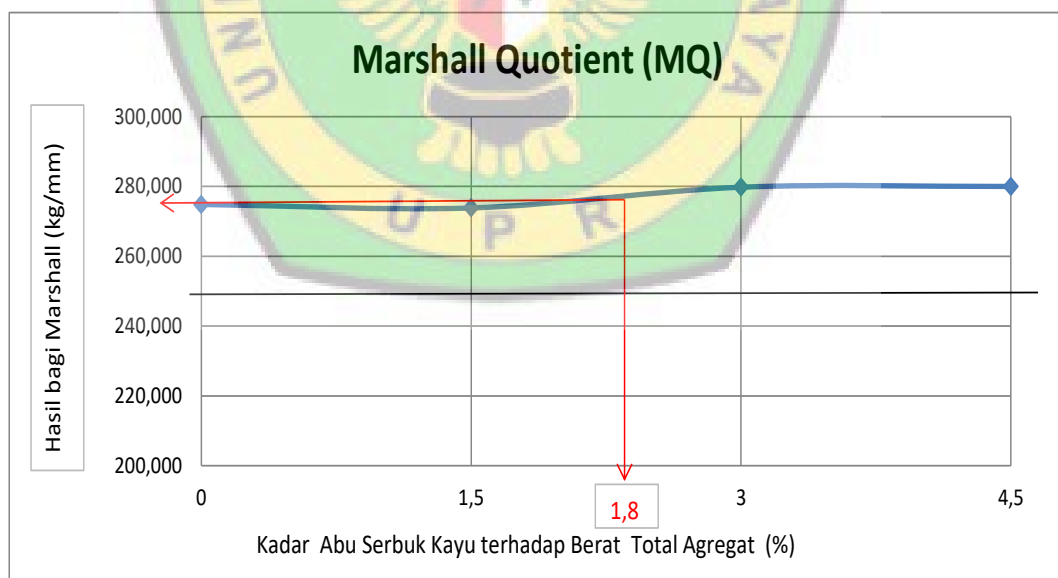
Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.17 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (VFB) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Dari gambar di halaman sebelumnya menunjukkan bahwa nilai rongga terisi aspal (VFB) pada percobaan Marshall II dengan lama perendaman 30 menit sudah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu nilainya $\geq 68\%$. Nilai VFB dengan lama perendaman 30 menit nilai terbesarnya yaitu pada penambahan abu serbuk kayu persentase 4,5% yaitu sebesar 84,29%.

e. **Hubungan Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*) terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu**

Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) yang dinyatakan oleh Spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu ≥ 250 kg/mm. Pada Gambar 4.22 dan 4.23 akan dilihat pengaruh hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) terhadap variasi penambahan abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit.



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.18 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai hasil bagi Marshall (*Marshall*

Quotient) pada percobaan Marshall II dengan lama perendaman 30 menit sudah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Spesifikasi Bina Marga (2018) yaitu nilainya ≥ 250 kg/mm. Nilai hasil bagi Marshall tertinggi pada lama perendaman 30 menit dialami pada penambahan abu serbuk kayu sebesar 4,5% yaitu nilainya 279,98 kg/mm.

f. Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu

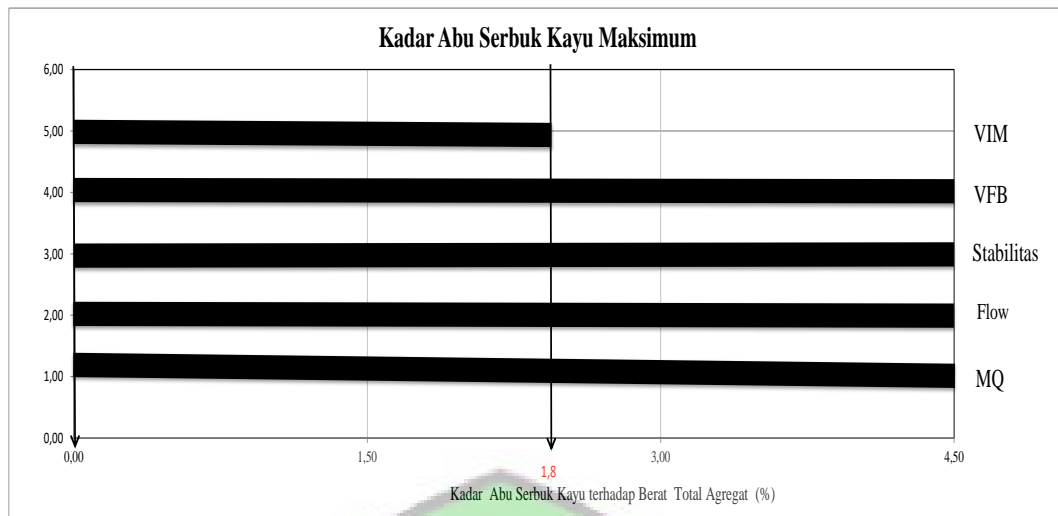
Kepadatan merupakan bagian yang paling penting dalam suatu campuran perkerasan, untuk kepadatan tidak mempunyai batasan. Kepadatan yang baik akan memberikan stabilitas yang baik pula pada suatu campuran perkerasan. Hal ini diperlukan untuk menjaga keutuhan dan ketahanan dari campuran perkerasan.



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.19 Grafik Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Gambar 4.24 menunjukkan nilai berat isi tertinggi dialami pada penambahan abu serbuk kayu sebesar 4,5% dengan lama perendaman 30 menit yaitu sebesar 2,39 gram/cm³.



Sumber : Hasil Perhitungan (2020)

Gambar 4.20 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Penambahan Abu Serbuk Kayu dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

Hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall dengan lama perendaman 30 menit menunjukkan bahwa rentang penambahan abu serbuk kayu persentase 0% hingga 1,8% campuran memenuhi semua persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan rentang tersebut diambil nilai kadar penambahan abu serbuk kayu maksimum dilihat dari nilai parameter Marshall memenuhi semua persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilihat dari nilai stabilitas tertinggi yang memenuhi, yaitu pada kadar penambahan abu serbuk kayu 1,8% sehingga dapat ditetapkan sebagai kadar bahan tambah Optimum, dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.13 Hasil Evaluasi Parameter Marshall pada Abu Serbuk Kayu Maksimum dengan Lama Perendaman 30 Menit dalam suhu 60°C

No.	Karakteristik Marshall	Nilai	Persyaratan	Satuan
1	Stabilitas	1175,45	600	Kg
2	Flow	4,20	≥ 3	Mm
3	VIM	4,45	4-6	%
4	VFB	84,29	≥ 68	%
5	Hasil Bagi Marshall	279,98	≥ 250	Kg/mm
6	Berat Isi	2,39	-	gram/cm ³

Sumber: Hasil Perhitungan (2020)

Dapat dilihat dari table 4.14 bahwa nilai parameter karakteristik Marshall dari Kadar abu serbuk kayu Maksimum dengan lama perendaman 30 menit memiliki stabilitas sebesar 1175,45 kg, *flow* sebesar 4,20 mm, rongga dalam campuran (VIM) sebesar 4,45% ,rongga terisi aspal (VFB) sebesar 84,29% ,hasil bagi Marshall (MQ) sebesar 279,98 kg/mm dan Berat Isi sebesar 2,39 gram/cm³.

Dari hasil pengujian, maka dapat dilihat perbandingan parameter karakteristik Marshall antara campuran aspal tanpa menggunakan bahan tambah abu serbuk kayu dengan sebagai bahan tambah dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.14 Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran Tanpa Penambahan Abu Serbuk Kayu dan dengan Penambahan Abu Serbuk Kayu Maksimum dengan Lama Perendaman 30 menit dalam suhu 60 °C

Komposisi Campuran	Kadar Abu Serbuk Kayu %	Parameter Karakteristik Marshall					
		Stabilitas (kg)	<i>Flow</i> (mm)	Rongga dalam Campuran (%)	Rongga Terisi Aspal (%)	Hasil Bagi Marshall (kg/mm)	Berat Isi (gram/cm ³)
Tanpa Abu Serbuk	0,00	1108,01	4	4,45	80,15	275	2,36
Kadar Abu Serbuk Maksimum	1,8	1175,45	4,20	4,29	84,29	279,98	2,39
Spesifikasi	-	600	≥3	4-6	≥68	≥250	

Sumber: Hasil Perhitungan (2020).

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa penambahan abu serbuk kayu dengan lama perendaman 30 menit sebesar 1,8% dari berat total agregat, nilai stabilitas naik 5,7% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan bahan tambah abu serbuk kayu yaitu mengalami kenaikan sebesar 67,44 kg, nilai *flow* naik sebesar 0,20 mm, sedangkan rongga dalam campuran mengalami penerunan sebesar 0,16%, rongga terisi aspal mengalami kenaikan sebesar 4,14%, hasil bagi

Marshall mengalami kenaikan sebesar 4,98 kg/mm dan berat isi mengalami kenaikan sebesar 0,03% gram/cm³.



1. Persyaratan Proporsi Agregat Kasar Agregat Halus dan Filler

Persyaratan proporsi agregat kasar dan halus adalah saling mengisi dan mengikat satu sama lain dan besarnya perbandingan proporsi tergantung kepada analisis saringan, oleh karena itu ketika menentukan proporsi dilakukan metode diagonal sehingga diperoleh formula gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi atau yang mendekati ideal spec.

Persyaratan filler adalah harus lolos saringan 200, bukan bahan organik, mengisi rongga-rongga dalam campuran.

2. Berikan komentar tentang penelitian ini dibandingkan terhadap penelitian sejenis (berkaitan) terdahulu, sehingga dapat diketahui perbedaan ataupun kesamaannya

Sugeha, dkk (2016) dalam penelitian Tugas Akhir berjudul :

“Penggunaan Pasir Tailing Sisa Galian Tambang Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Split Mastic Asphalt Dengan Abu Serbuk Kayu Sebagai Bahan Tambah (Additive)”.

NO	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Filler Abu Serbuk Kayu	Campuran Split Mastic Asphalt
2	Pembakaran Abu Serbuk Kayu memakai besi drum keadaan tertutup	Menggunakan Pasir Tailing Galian Tambang
3	Nilai parameter karakteristik Marshall mengalami kenaikan, kecuali nilai VIM	Menghitung Nilai Durabilitas

Zulfhazli, dkk (2016) dalam penelitian Tugas Akhir berjudul :

Analisis Karakteristik Marshall Campuran HRS-WC Menggunakan Bahan Tambah Abu Serbuk Kayu Jati”.

NO	PERSAMAAN	PERBEDAAN
1	Campuran HRS-WC	Campuran Split Mastic Asphalt
2	Pembakaran Abu Serbuk Kayu memakai besi drum keadaan tertutup	Menggunakan Pasir Tailing Galian Tambang
3	Nilai parameter karakteristik Marshall mengalami kenaikan, kecuali nilai VIM	Menghitung Nilai Durabilitas



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Material 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, serta keausan agregat kasar memenuhi persyaratan spesifikasi, sedangkan abu serbuk kayu yang digunakan sebagai tambahan filler telah memenuhi spesifikasi lolos saringan 200.
2. Komposisi yang dihasilkan dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* terdiri dari 34% agregat kasar (batu pecah) dan 66% agregat halus (abu batu) dengan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 7,65% dan variasi penambahan filler berupa abu serbuk kayu 1,5%, 3%, dan 4,5%.
3. Kadar penambahan filler maksimum dalam campuran adalah sebesar 1,8%.
4. Nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan tanpa tambahan filler adalah sebesar :

Stabilitas = 1108,01 Kg

Flow = 4 mm

VIM = 4,45 %

VFB = 80,15 %

MQ = 275 Kg/mm

Berat Isi = 2,36 gram/cm³

Sementara itu nilai karakteristik Marshall pada tambahan filler maksimum 1,8% adalah sebesar :

Stabilitas = 1175,45 Kg

Flow = 4,20 mm

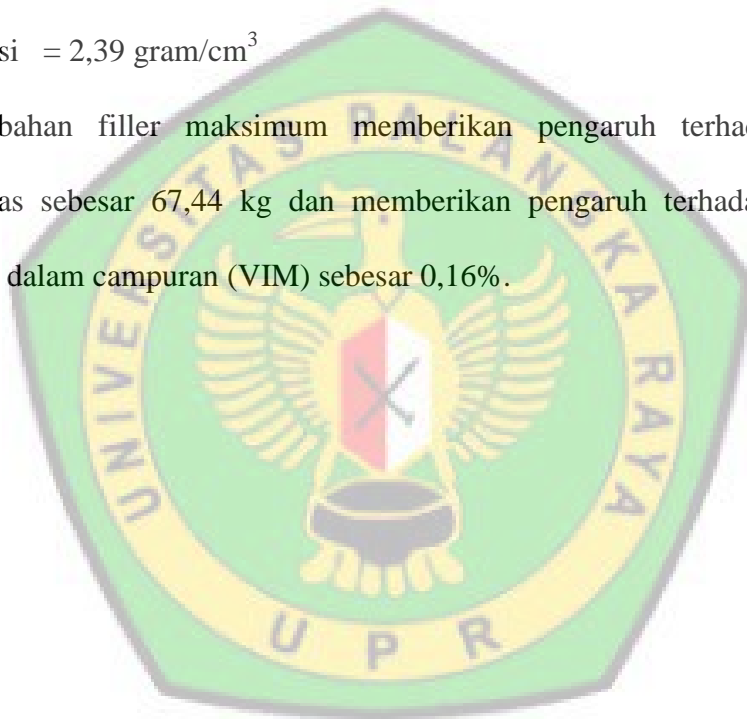
VIM = 4,29 %

VFB = 84,29 %

MQ = 279,98 Kg/mm

Berat Isi = 2,39 gram/cm³

5. Penambahan filler maksimum memberikan pengaruh terhadap naiknya nilai stabilitas sebesar 67,44 kg dan memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai rongga dalam campuran (VIM) sebesar 0,16%.



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. Campuran Abu serbuk kayu yang akan ditambahkan pada campuran aspal dan agregat, harus sesuai dengan spesifikasi yang digunakan agar dapat diharapkan abu serbuk kayu tercampur merata (lolos saringan 200).



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Devisi 6.3 Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.*
- Desriantomy. 2007. *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya.*
Palangka Raya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Sugeha 2018. *Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Laston.*
Jurnal Teknik Sipil Universitas Tanjung Pura.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya.*
- Nova: Bandung. Sukirman, S. 2003. *Beton Campuran Aspal Panas.* Granit: Jakarta.
- Zulhazli, 2016. *Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AcBc.*
teknik sipil fakultas teknik universitas Malikussaleh.

