

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT DARI  
MUARA TEWEH DAN SUNGAI LUNUK TERHADAP  
DURABILITAS CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-  
WEARING COURSE* (HRS-WC)**

oleh

**GIDEON**  
NIM. DAB 113 034



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

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT DARI MUARA  
TEWEH DAN SUNGAI LUNUK TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN  
*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)***


oleh

GIDEON  
NIM. DAB 113 034


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

Palangka Raya, Desember 2020

Pembimbing I

  
MURNIATI, S.T., M.T.  
NIP. 19760111 200501 2 002

Pembimbing II

  
DESI RIANI, S.T., M.T.  
NIP. 19791201 200501 2 001

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

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

**STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT DARI MUARA  
TEWEH DAN SUNGAI LUNUK TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN  
HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)**

**SKRIPSI**

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

oleh





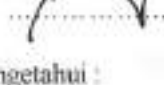
**GIDEON**  
NIM. DAB 113 034

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

Hari/Tanggal : Selasa / 22 Desember 2020  
Waktu : 11.00 – 13.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji :

1. MURNIATI, S.T., M.T.  
NIP. 19760111 200501 2 002
2. DESI RIANI, S.T., M.T.  
NIP. 19791201 200501 2 001
3. SALONTEN, S.T., M.T.  
NIP. 19771203 200212 1 002
4. ROBBY, S.T., M.T.  
NIP. 19730326 199903 1 003
5. Ir. LAUFRIED, M.T.  
NIP. 19560722 198810 1 001

  
..... ( Ketua/Pembimbing I )  
  
..... ( Sekretaris/Pembimbing II )  
  
..... ( Anggota )  
  
..... ( Anggota )  
  
..... ( Anggota )

Mengetahui :

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,

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



## BIODATA MAHASISWA

### Data Pribadi

Nama : GIDEON  
NIM : DAB 113 034  
Tempat, Tgl lahir : Palangkaraya, 28 Maret 1996  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : Kristen Protestan  
Pekerjaan : Mahasiswa  
Alamat : Jl. Kalingu 1 No. 15 Palangkaraya  
Alamat Asal : Jl. Kalingu 1 No. 15 Palangkaraya  
Email : gtundjan@gmail.com  
No. HP/WA : 0823 5827 4744  
Facebook :-  
Instagram : gideontundjan  
Nama Ayah : Menteng Robintoro (Alm)  
Pekerjaan Ayah : PNS  
Alamat : Jl. Kalingu 1 No. 15 Palangkaraya  
No. Hp :-  
Nama Ibu : Mimie  
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga  
Alamat : Jl. Kalingu 1 No. 15 Palangkaraya  
No. Hp : 0812 5137 9693



### Riwayat Pendidikan

- TK : TK Pertiwi (2001)
- SD : SDN 7 Panarung (2001-2007)
- SLTP : SMPN 1 Palangkaraya (2007-2010)
- SLTA : SMAN 1 Palangkaraya (2010-2013)
- S-1 : Mulai Mengikuti Perkuliahan Program Strata-1 Pada Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangkaraya Bulan Agustus Tahun 2013

Palangka Raya, 28 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,

GIDEON  
NIM. DAB 113 034

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat pendapat ataupun karya yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terdapat plagiat ataupun pelanggaran Hak Cipta yang secara sengaja saya lakukan di dalam Skripsi/Naskah Ilmiah ini, saya siap menerima sanksi sesuai undang-undang yang berlaku dan siap dicabut gelar sarjana yang saya peroleh.

Palangka Raya, 28 Desember 2020



GIDEON

NIM. DAB 113 034

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji Syukur Kepada Tuhan Yesus Kristus karena atas izin dan penyertaan yang diberikan skripsi dengan Judul Studi Perbandingan Penggunaan Agregat Dari Muara Teweh Dan Sungai Lunuk Terhadap Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) ini dapat diselesaikan. Saya ucapkan terima kasih juga kepada Orang Tua, Kaka, Adik dan Keluarga saya yang terus memberikan dorongan, semangat dan motivasi untuk saya dalam proses menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih juga kepada Ibu Murniati, S.T., M.T dan Ibu Desi Riani, S.T., M.T. yang memberikan bimbingan dengan baik selama proses penyusunan skripsi ini. Begitu pula kepada Bapak Salonten, S.T., M.T., Bapak Robby, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Laufried, M.T. selaku dosen pembahas karena berkat saran dan masukan yang diberikan sehingga skripsi ini dapat tersusun sebagaimana mestinya. Terima kasih juga kepada Bapak Ir. Supiyan, M.T. selaku dosen pembimbing Akedemik dan juga Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Prodi Teknik Sipil telah memberikan program mukim kepada mahasiswa Angkatan 2013 sehingga dapat memberikan dorongan lebih untuk kami dapat menyelesaikan skripsi. Tidak lupa saya ucapkan terima kasih juga kepada Staf Jurusan Prodi Teknik Sipil yang telah membantu dalam urusan administrasi sehingga skripsi dapat diselesaikan tepat waktu. Semoga kebaikan Bapak-Ibu yang telah membantu Saya dalam menuju Sarjana dapat berbuah menjadi kebaikan pula dimasa yang akan datang.

Terima kasih banyak Saya ucapkan kepada teman kelompok belajar dan teman berjuang dalam menempuh proses menjadi Sarjana Ayu Bebeb, Tulus Luoyi, Denis Dota, Dede Photographer, Ingra Pitbull, Nadia Cakes, Nidya PU, Satria Bekasi, Wildan BJ, Ruzi Pagatan, Saleh Cringe, Rizal EZ, Andri Andre Tachibana Bersaudara, Aboy Pengarak, Dino Ketua No Job, Rawo MRK, Pulung BO, Yoga Fun City, Yoga Megapro, Emon orang gunung, Harry Fiver, Tunang Fakboy, Willy Bocil Hunter, Novry Sakera, Yakub Helcurt, Yeka Graffity, Ebri PU, Hendro Crepes, Doni cuk, Yonas Body Builder, Uciha Roy, Alan panutan, Johandy sahabat MRK, Tara sahabat air, Nisa Mukim Jek, Uje Maharani, Gian Sambal, Mardian Barber, Usop Ka'i dan Rizky deby. Yang terakhir Saya ucapkan terima kasih kepada seluruh Angkatan 2013, terima kasih karena telah berjuang bersama.

Semoga semua hal yang telah terjadi sampai dengan hari ini dan seterusnya selalu menjadi pembelajaran dan kenangan yang manis untuk kita semua, Tuhan Yesus Memberkati kita semua, Amin.

## **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 “**STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT DARI MUARA TEWEH DAN SUNGAI LUNUK TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC)***” 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. Ibu **Murniati, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
8. Ibu **Desi Riani, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
9. Bapak **Salonten, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas I Tugas Akhir.
10. Bapak **Robby, S.T., M.T.** selaku Dosen Pembahas II Tugas Akhir.
11. Bapak **Ir. Laufried, M.T.** selaku Dosen Pembahas III Tugas Akhir.
12. 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, Desember 2020

**GIDEON**  
NIM. DAB 113 034

## RINGKASAN

**STUDI PERBANDINGAN PENGGUNAAN AGREGAT DARI MUARA TEWEH DAN SUNGAI LUNUK TERHADAP DURABILITAS CAMPURAN *HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE* (HRS-WC), Gideon, 2020, Jurusan/Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.**

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan. Pada saat musim hujan tiba, tidak sedikit jalan-jalan yang ada di Indonesia terendam oleh air akibat banjir. Hal ini dapat mempengaruhi ketahanan atau keawetan jalan (durabilitas). Mengingat kebutuhan akan material yang besar seiring dengan banyaknya pembangunan jalan di Provinsi Kalimantan Tengah, diharapkan adanya banyak sumber material alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan campuran pembentuk HRS-WC yang teruji ketahanan dan keawetan nya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan agregat dari lokasi yang berbeda terhadap durabilitas campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* dengan melakukan variasi lama rendaman dengan waktu 30 menit, 60 menit, 12 jam dan 24 jam. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan agregat dengan variasi lama rendaman pada karakteristik campuran (HRS-WC) dengan menggunakan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan Agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan variasi kadar aspal berdasarkan uji *Marshall* pada komposisi I, menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,4%. Pada uji *Marshall* komposisi II, menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,85%. Berdasarkan variasi lama rendaman didapatkan nilai stabilitas tertinggi pada rendaman 30 menit dengan menggunakan KAO pada komposisi I sebesar 1018 kg, sedangkan pada komposisi II sebesar 1064,653 kg. Nilai parameter *Marshall* yang dihasilkan yaitu *Void In Mixture* (VIM), *Void Filled with Bitumen* (VFB), stabilitas, *flow*, berat isi dan *Marshall Quotient* (MQ) pada komposisi I dan komposisi II dengan variasi lama rendaman masih memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Dari hasil penelitian ini didapat nilai durabilitas pada campuran HRS-WC komposisi I yaitu sebesar 95,530% yang diambil dari nilai *Retained Marshall Stability* (RMS) pada rendaman terlama (24 jam), sedangkan pada campuran HRS-WC komposisi II yaitu sebesar 95,348%. Hasil pengujian durabilitas pada komposisi I dan komposisi II masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan Bina Marga Tahun 2018 yaitu sebesar  $\geq 90\%$ . Pada penelitian ini lama rendaman sangat berpengaruh pada nilai stabilitas dan durabilitas campuran HRS-WC.

**Kata kunci:** *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*, Kadar Aspal Optimum, Parameter *Marshall*, Variasi Lama Rendaman, Durabilitas.

## SUMMARY

**COMPARATIVE STUDY OF AGGREGATE USAGE FROM MUARA TEWEH AND SUNGAI LUNUK TO DURABILITY OF HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC) MIXTURE, Gideon, 2020, Civil Engineering Program/Department, Engineering Faculty, Palangkaraya University.**

Road pavements in Indonesia are generally damaged. During the rainy season, many roads in Indonesia are inundated by water due to flooding. This can affect the durability or durability of the road. Given the large need for materials along with the many road developments in Central Kalimantan Province, it is hoped that there will be many alternative material sources that can be used as a mixture to form HRS-WC that has been tested for stability and durability.

This study aims to determine how the effect of using aggregates from different locations on the durability of the mixture *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* by varying the length of soaking with 30 minutes, 60 minutes, 12 hours and 24 hours. To determine the effect of the use of aggregates with variations in the length of immersion on the characteristics of the mixture (HRS-WC) using aggregates from Muara Teweh, Barito Utara Regency and Aggregate from Sungai Lunuk, Murung Raya Regency.

The results showed that the characteristics of the mixture *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) with variations in asphalt content based on the test *Marshall* on composition I, resulting in an Optimum Asphalt Content (KAO) of 7.4%. In the test *Marshall* composition II, produces an Optimum Asphalt Content (KAO) of 6.85%. Based on the variation of immersion time, the highest stability value was obtained for 30 minutes of immersion using KAO in composition I of 1018 kg, while in composition II it was 1064.653 kg. The resulting Marshall parameter values are *Void In Mixture* (VIM), *Void Filled with Bitumen* (VFB), stability, *flow*, weight and *Marshall Quotient* (MQ) in composition I and composition II with variations of immersion time still meeting the specifications of Bina Marga 2018. From the results of this study, the durability value in the composition I HRS-WC mixture was 95.530% which was taken from the *Retained Marshall Stability* (RMS) value in the longest immersion (24 hours), while the composition II HRS-WC mixture was 95.348%. The results of durability testing in composition I and composition II still meet the requirements set by Highways in 2018, namely  $\geq 90\%$ . In this study, the immersion time greatly influenced the stability and durability of the HRS-WC mixture.

**Kata kunci:** Hot Rolled Sheet – Wearing Course, Optimum Asphalt Content, Marshall Parameters, Immersion Length Variation, Durability.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>PRAKATA</b> .....	i
<b>RINGKASAN</b> .....	iii
<b>SUMMARY</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Durabilitas .....	9
2.2 Perkerasan Jalan .....	10
2.3 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponenennya .....	10
2.4 Fungsi Lapis Perkersan .....	12
2.5 Jenis Campuran Beton Aspal .....	14
2.6 Lataston (Lapis Aspal Beton) .....	15
2.7 Bahan Penyusun Campuran Beton Aspal.....	16
2.8 Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus ( <i>HRS-WC</i> ) .....	23
2.9 Metode Perencanaan Campuran .....	26

2.10	Metode <i>Marshall</i> .....	32
2.11	Rumus Campuran Rancangan ( <i>Design Mix Formula</i> ) .....	36
2.12	Proses Pembuatan <i>HRS-WC</i> di Lapangan .....	37
2.13	Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu.....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Umum .....	44
3.2	Pengambilan material .....	44
3.3	Pengambilan data Sampel .....	44
3.4	Bahan Penelitian .....	45
3.5	Alat-alat Penelitian .....	45
3.6	Cara Penelitian .....	64
3.7	Bagan Alir Penelitian .....	83
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>		
4.1	Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium .....	84
4.2	Pengujian Sifat Fisik Agregat .....	84
4.3	Perencanaan Campuran .....	87
4.4	Pengujian Aspal .....	94
4.5	Pengujian Marshall .....	96
4.6	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal .....	100
4.7	Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Lama Rendaman 30 menit, 1 jam, 12 jam dan 24 jam .....	118
4.8	Analisis Hasil Pengujian Durabilitas dengan Variasi Lama Rendaman .....	132
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	140
5.2	Saran .....	144

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Ketentuan Agregat Kasar ..... 16
2.2	Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin Untuk Campuran Beraspal ..... 17
2.3	Ketentuan Agregat Halus ..... 19
2.4	Ketentuan Untuk Aspal Keras ..... 22
2.5	Spesifikasi Gradasi Agregat Untuk HRS-WC ..... 23
2.6	Persyaratan Sifat Campuran HRS-WC..... 25
4.1	Hasil Analisis Saringan Masing-masing Agregat ..... 85
4.2	Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Masing-masing Agregat ..... 85
4.3	Klasifikasi Agregat Kasar dan Agregat Halus..... 86
4.4	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal Komposisi I ..... 87
4.5	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal Komposisi II ..... 90
4.6	Rencana Komposisi Campuran ..... 93
4.7	Hasil Pengujian Aspal ..... 96
4.8	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat ... 97
4.9	Hasil Pengujian Parameter Marshall Komposisi I dengan Variasi Kadar Aspal ..... 101
4.10	Hasil Pengujian Parameter Marshall Komposisi II dengan Variasi Kadar Aspal ..... 102
4.11	Hasil Evaluasi Parameter Marshall pada KAO Komposisi I ..... 116
4.12	Hasil Evaluasi Parameter Marshall pada KAO Komposisi II ..... 118
4.13	Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Lama Rendaman 30 Menit, 1 Jam, 12 jam dan 24 jam Untuk Komposisi I ..... 118
4.14	Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Lama Rendaman 30 Menit, 1 Jam, 12 jam dan 24 jam Untuk Komposisi II ..... 119

4.15	Hasil Pengujian Parameter Marshall pada KAO Komposisi I dengan Variasi Lama Perendaman .....	119
4.16	Hasil Pengujian Parameter Marshall pada KAO Komposisi II dengan Variasi Lama Perendaman .....	120
4.17	Nilai IKS dan Indeks Durabilitas Masing-Masing Lama Perendaman Marshall Komposisi I .....	133
4.18	Nilai IKS dan Indeks Durabilitas Masing-Masing Lama Perendaman Marshall Komposisi II .....	133

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1	Peta Provinsi Kalimantan Tengah..... 6
1.2	Lokasi Pengambilan Material Dari Muara Teweh ..... 7
1.3	Lokasi Pengambilan Material Dari Sungai Lunuk ..... 7
2.1	Komponen Perkerasan Lentur ..... 11
2.2	Komponen Perkerasan Kaku ..... 11
2.3	Komponen Perkerasan Komposit..... 12
3.1	Bagan alir penelitian ..... 83
4.1	Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal Komposisi I..... 87
4.2	Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal Komposisi II ..... 91
4.3	Pengujian Penetrasi Aspal..... 94
4.4	Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal ..... 95
4.5	Pengujian Daktilitas Aspal..... 95
4.6	Pengujian Marshall..... 101
4.7	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I ..... 103
4.8	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II..... 104
4.9	Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I..... 105
4.10	Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II ..... 106
4.11	Grafik Hubungan VIM dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I..... 107
4.12	Grafik Hubungan VIM dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II..... 108
4.13	Grafik Hubungan VFB dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I..... 110
4.14	Grafik Hubungan VFB dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II..... 111
4.15	Grafik Hubungan Berat Isi dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I. 112
4.16	Grafik Hubungan Berat Isi dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II..... 113
4.17	Grafik Hubungan MQ dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I ..... 114

4.18	Grafik Hubungan MQ dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi II.....	115
4.19	Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall Terhadap KAO Komposisi I.....	116
4.20	Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall Terhadap KAO Komposisi II.....	117
4.21	Grafik Hubungan VIM dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	121
4.22	Grafik Hubungan VIM dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	122
4.23	Grafik Hubungan VFB dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	123
4.24	Grafik Hubungan VFB dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	124
4.25	Grafik Hubungan Berat Isi dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	125
4.26	Grafik Hubungan Berat Isi dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	126
4.27	Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	127
4.28	Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	128
4.29	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	129
4.30	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	130
4.31	Grafik Hubungan MQ dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi I.....	131
4.32	Grafik Hubungan MQ dengan Variasi Lama Rendaman pada Komposisi II.....	132
4.33	Grafik Hubungan IKS dengan Variasi Lama Rendaman.....	135
4.34	Grafik Hubungan Indeks Durabilitas Pertama ( $r$ ) dengan Variasi	

	Lama Rendaman.....	136
4.35	Grafik Hubungan Indeks Durabilitas Kedua (a) dengan Variasi Lama Rendaman.....	137
4.36	Grafik Hubungan RMS dengan Variasi Lama Rendaman.....	138
L30.1	Lokasi Pengambilan Material di Muara Teweh .....	175
L30.2	Lokasi Pengambilan Material di Sungai Lunuk.....	175
L30.3	Agregat Kasar dan Agregat Halus Muara Teweh .....	176
L30.4	Agregat Kasar dan Agregat Halus Sungai Lunuk .....	176
L30.5	Penimbangan Agregat .....	177
L30.6	Aspal Dengan Proporsi Rencana.....	177
L30.7	Pengaturan Suhu Agregat untuk Pembuatan Briket.....	178
L30.8	Pencampuran Agregat dengan Aspal .....	178
L30.9	Proses Pemadatan Campuran .....	179
L30.10	Briket Benda uji .....	179
L30.11	Penimbangan Briket .....	180
L30.12	Perendaman Briket .....	180
L30.13	Pengeringan Briket Sesudah di Rendam .....	181
L30.14	Perendaman Briket di dalam <i>Water Bath</i> .....	181
L30.15	Pengujian Benda Uji dengan Alat Marshall.....	182
L30.16	Pencairan Aspal.....	182
L30.17	Perendaman Aspal pada <i>Transfer Dish</i> .....	183
L30.18	Pengujian Penetrasi Aspal dengan Alat Penetrometer .....	183
L30.19	Pengujian titik leleh dan titik bakar aspal dengan alat <i>Claveland Open Cup</i> .....	184
L30.20	Persiapan Pengujian Daktilitas Aspal .....	184
L30.21	Proses pengujian Daktilitas Aspal dengan Menggunakan <i>Ductility Machine</i> .....	185
L30.22	Hasil Pengujian Daktilitas Aspal .....	185

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Hasil Analisis saringan Agregat Kasar Komposisi I..... 146
Lampiran 2	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar Komposisi I 147
Lampiran 3	Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) Komposisi I ..... 148
Lampiran 4	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) Komposisi I ..... 149
Lampiran 5	Grafik Metode Diagonal Komposisi I..... 150
Lampiran 6	Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar Komposisi II..... 151
Lampiran 7	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar Komposisi II ..... 152
Lampiran 8	Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) Komposisi II..... 153
Lampiran 9	Grafik Hasil Analisis Saringan Agregat Halus (Abu Batu) Komposisi II..... 154
Lampiran 10	Grafik Metode Diagonal Komposisi II..... 155
Lampiran 11	Tabel Gradasi Gabungan Metode Diagonal Komposisi I .... 156
Lampiran 12	Tabel Gradasi Gabungan Metode Diagonal Komposisi I .... 157
Lampiran 13	Tabel Gradasi Gabungan Metode Diagonal Komposisi II... 158
Lampiran 14	Tabel Gradasi Gabungan Metode Diagonal Komposisi II... 159
Lampiran 15	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Komposisi I..... 160
Lampiran 16	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Komposisi I..... 161
Lampiran 17	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Komposisi II..... 162
Lampiran 18	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Komposisi II..... 163

Lampiran 19	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Komposisi I.....	164
Lampiran 20	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Komposisi II .....	165
Lampiran 21	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Terhadap Air Komposisi I.....	166
Lampiran 22	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Terhadap Air Komposisi II.....	167
Lampiran 23	Tabel Perhitungan Marshall Komposisi I.....	168
Lampiran 24	Tabel Perhitungan Marshall Komposisi II .....	169
Lampiran 25	Tabel Perhitungan Marshall dengan Variasi Lama Rendaman Komposisi I .....	170
Lampiran 26	Tabel Perhitungan Marshall dengan Variasi Lama Rendaman Komposisi II.....	171
Lampiran 27	Tabel Perhitungan Pengujian Penetrasi Aspal .....	172
Lampiran 28	Tabel Perhitungan Pengujian Titik Leleh dan Titik Bakar Aspal.....	173
Lampiran 29	Tabel Perhitungan Pengujian Daktilitas Aspal.....	174
Lampiran 30	Dokumentasi penelitian.....	175

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan jalan lebih awal (kerusakan dini) antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (*over loading*), temperatur (cuaca), air, dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Pada saat musim hujan tiba, tidak sedikit jalan-jalan yang ada di Indonesia terendam oleh air akibat banjir. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal khususnya masalah ketahanan atau keawetan jalan (durabilitas). Indikasi awal yang dapat dijadikan sebagai hipotesis bahwa semakin lama perkerasan aspal terendam oleh air, maka sifat Durabilitas suatu campuran aspal tersebut juga akan berkurang sehingga lambat laun perkerasan jalan akan lebih cepat getas (rapuh).

Kalimantan Tengah merupakan provinsi yang sedang berkembang dalam pembangunan. Salah satunya prioritas pembangunan yang dilakukan adalah pada bidang infrastruktur. Pembangunan pada bidang infrastruktur dengan membuat prasarana transportasi khususnya jalan raya, yang diharapkan dapat menjadi penunjang perkembangan pemerataan pembangunan dan kemajuan di suatu daerah serta memperlancar arus perekonomian. Mengingat kebutuhan akan material yang besar seiring dengan banyaknya pembangunan jalan di Provinsi Kalimantan Tengah, diharapkan adanya sumber material alternatif sebagai bahan campuran HRS-WC yang teruji ketahanan dan keawetan nya (durabilitas).

Material hendaknya memenuhi syarat-syarat standar mutu yang ditetapkan oleh Bina Marga dengan pertimbangan dari segi ekonomis, ketersediaan sumber daya alam dan kelancaran distribusi. Dalam penelitian Raymondhi (2019) yang berjudul “Analisis Perbandingan Kombinasi Agregat Kasar Dan Agregat Halus Dari Muara Teweh (Kabupaten Barito Utara) Dan Sungai Lunuk (Kabupaten Murung Raya) Pada Campuran HRS-WC” dilakukan pengujian mengenai penggunaan agregat yang berasal dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya dimana agregat di uji spesifikasinya berdasarkan spesifikasi bina marga tahun 2018, kemudian agregat yang telah lolos spesifikasi di kombinasikan lalu digunakan sebagai bahan campuran HRS-WC lalu di uji lagi stabilitas nya.

Maka dalam penelitian ini akan digunakan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya. Penggunaan agregat ini nantinya akan diuji dan dibandingkan untuk melihat karakteristik parameter marshall dan durabilitas yang diharapkan dapat menghasilkan campuran yang optimum dan memenuhi spesifikasi standar sebagai agregat untuk campuran perkerasan HRS-WC.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat dikemukakan beberapa pokok permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan?

2. Bagaimana komposisi yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya?
3. Berapa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan dari masing-masing komposisi tersebut?
4. Berapakah nilai karakteristik Marshall dari komposisi yang direncanakan berdasarkan nilai KAO yang dihasilkan?
5. Berapa nilai durabilitas dari komposisi dan KAO agregat kasar dan halus Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Dalam penelitian ini menggunakan agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.
2. Penelitian dibatasi pada lapis tipis aspal beton (Lataston) lapis aus atau HRS-WC spesifikasi Bina Marga 2018.
3. Penelitian ini bersifat uji laboratorium.
4. Aspal yang digunakan adalah aspal semen penetrasi 60/70.
5. Perencanaan campuran menggunakan metode *Asphalt Institute*.
6. Kinerja campuran diuji menggunakan alat *Marshall Test*.

7. Dalam penelitian ini aspek kimia yang terjadi pada fraksi agregat atau campuran aspal diabaikan.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui sifat-sifat fisik agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya apakah memenuhi spesifikasi yang ditentukan sehingga dapat digunakan pada campuran HRS-WC.
2. Untuk mengetahui proporsi dan komposisi campuran yang dihasilkan agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat kasar dan halus dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.
3. Untuk mengetahui besarnya nilai karakteristik Marshall dari komposisi campuran HRS-WC berdasarkan KAO yang dihasilkan agregat kasar dan halus dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.
4. Untuk mengetahui nilai durabilitas agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengoptimalkan sumber daya alam di daerah, penggunaan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya dalam campuran HRS-WC.
2. Memberikan informasi seberapa besar pengaruh penggunaan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya terhadap durabilitas perkerasan lentur.
3. Untuk menambah pemahaman mengenai perkerasan jalan raya khususnya mengenai penggunaan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya pada campuran HRS-WC.
4. Untuk mengetahui nilai Durabilitas, Indeks kekuatan sisa pada penggunaan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.

### **1.6 Lokasi Penelitian**

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kabupaten Barito Utara dan Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah.



*Sumber: id.wikipedia.org*

**Gambar 1.1 Peta Provinsi Kalimantan Tengah**



Sumber: Google Maps

**Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Material dari Muara Teweh**



*Sumber: Google Maps*

**Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Material dari Sungai Lunuk**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Durabilitas**

Pada lapis permukaan diperlukan untuk dapat menahan keausan yang terjadi akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi menurunnya sifat durabilitas suatu campuran adalah air. Jika suatu lapisan aspal terendam air, maka sifat durabilitasnya dinyatakan dengan parameter indeks kekuatan sisa (Bina Marga, SNI M-58-1990).

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan/stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan perkerasan jalan, sehingga lapisan tersebut dapat bertahan terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan temperatur atau keausan akibat gesekan kendaraan. Durabilitas lapisan dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang cukup akan membungkus aspal secara baik, sehingga lapisan akan kedap air serta lebih mampu menahan keausan. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan akan mengakibatkan durabilitas lapisan menurun (Destarino, 2019).

## 2.2 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman (Hardiyatmo, 2015).

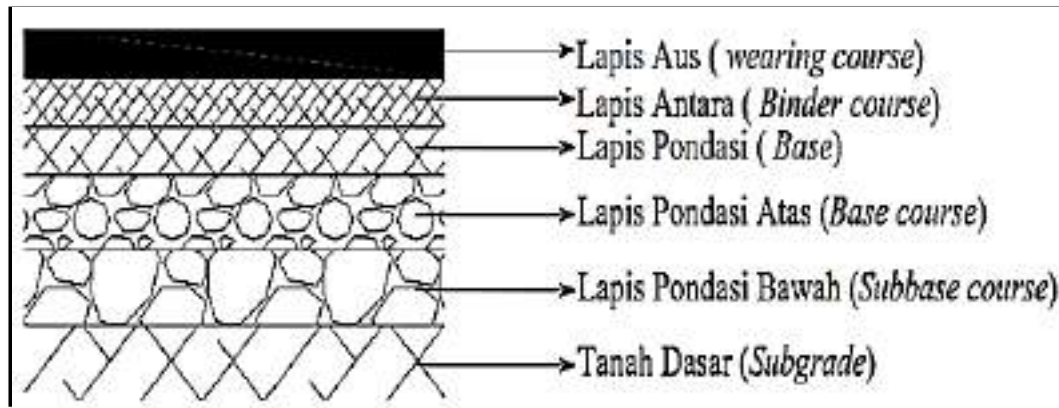
Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Sukirman, 2003).

## 2.3 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Menurut Sukirman (2003) konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri, antara lain:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
  - a. Memakai bahan pengikat aspal.
  - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
  - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).

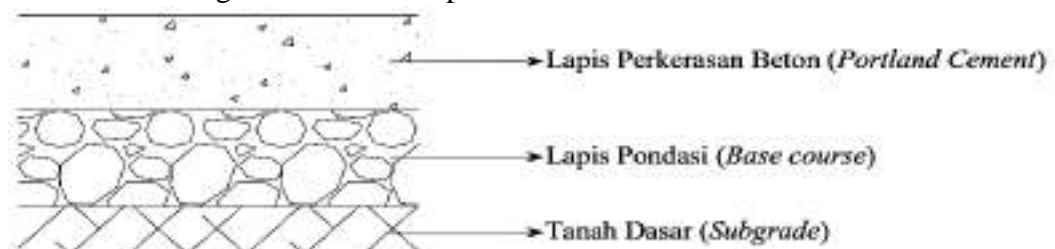
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)



Sumber: Puja Sutrisna (2013)

**Gambar 2.1** Komponen Perkerasan Lentur

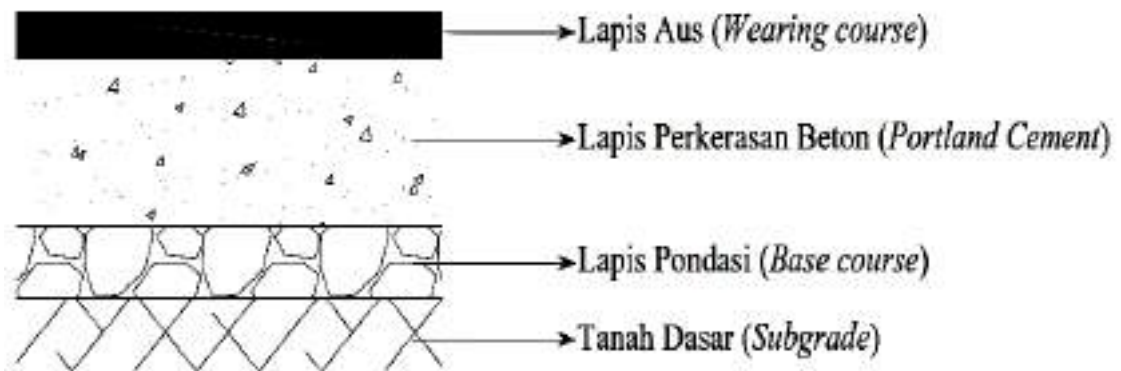
2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
- a. Memakai bahan pengikat semen Portland.
  - b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
  - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
  - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu bersifat sebagai balok di atas permukaan.



Sumber: Puja Sutrisna (2013)

**Gambar 2.2** Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
  - a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
  - b. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Sumber: Puja Sutrisna (2013)

**Gambar 2.3** Komponen Perkerasan Komposit

#### 2.4 Fungsi Lapisan Perkerasan

Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapisan pondasi yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan (Suprpto, 2004).

##### 1. Lapis Permukaan (LP)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

##### a. Struktural

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).

Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural, dalam hal ini mencakup:

- 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah, Lapisan ini memiliki CBR (*California Bearing Ratio*) 80%. Fungsi lapis ini antara lain:

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar, CBR untuk lapisan ini sebesar 22%. Fungsi lapis ini antara lain:

- a. Penyebar beban roda.

- b. Lapis peresapan.
  - c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi atas.
  - d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.
4. Tanah Dasar atau *Subgrade*

Tanah dasar atau *subgrade* adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya. *Subgrade* memiliki CBR sebesar 9%.

## 2.5 Jenis Campuran Beton Aspal

Jenis campuran beton aspal termasuk jenis campuran untuk penyusun perkerasan lentur. Jenis beton aspal dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal dan fungsi beton aspal. Menurut Sukirman (2003) berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*), adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu campuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*), adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu campuran sekitar 60 °C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*), adalah beton yang material pembentuknya dicampur pada suhu ruang, yaitu sekitar 25 °C.

Berdasarkan fungsinya, beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus (HRS-WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan

yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.

2. Beton aspal untuk lapisan pondasi (*HRS-BASE*), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Tidak berhubungan dengan cuaca, tidak perlu memiliki Stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentukan dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus.

## **2.6 Lataston (Lapis tipis aspal beton)**

Lataston adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan *Hot Rolled Sheet (HRS)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Menurut Sukirman (2003) sesuai dengan fungsinya, lataston mempunyai dua macam campuran, yaitu:

- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan *HRS-WC*. Tebal minimum *HRS-WC* adalah 3 cm.
- b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *Hot Rolled Sheet-Base (HRS-Base)*. Tebal minimum *HRS-Base* adalah 3,5 cm.

## **2.7 Bahan Penyusun Campuran Beton Aspal**

### **a. Agregat Kasar**

Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga Devisi 6 tahun 2018 agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.1.
- 2) Fraksi agregat kasar harus terdiri dari batu pecah mesin dan harus disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti yang di tunjukan pada Tabel 2.2.
- 3) Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.3. Angularitas agregat didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.
- 4) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

**Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407;2008	Maks.12%
	magnesium sulfat		Maks 18%

**Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar (Lanjutan)**

Abrasi dengan mesin Los	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417;2008	Maks.6%
		500 putaran		Maks 30%
Mesin Los Angeles	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks 8%
		500 putaran		Maks.40%
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal			SNI 2439;2011	Min 95%
Butir Pecah Pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619;2012	100/90*	
	Lainya		95/90**	
Partikel Pipih Dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks.5%	
	Lainya		Maks.10%	
Material Lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117;2012	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Devisi 6 Bina Marga 2018

**Tabel 2.2 Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampung Dingin untuk Campuran Beraspal**

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin ( <i>cold bin</i> ) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 – 8	8 – 11	11 - 16	16 – 22
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Tipis	Ya	Ya		
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Halus	Ya	Ya	Ya	
<i>Stone Matrix Asphalt</i> – Kasar	Ya	Ya	Ya	Ya
	5 – 10	10 - 14	14 - 22	22 - 30
Lataston Lapis Aus	Ya	Ya		
Lataston Lapis Fondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Aus	Ya	Ya		
Laston Lapis Antara	Ya	Ya	Ya	
Laston Lapis Fondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

Sumber: Spesifikasi Umum Devisi 6 Bina Marga 2018

**b. Agregat Halus**

Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga Devisi 6 tahun 2018 agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Agregat halus dari manapun, harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).
- 2) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir halus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- 3) Agregat pecah halus dan pasir harus di tumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- 4) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak di kehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu, atau digunakan *scalping sreen*. Dalam proses *scalping screen* fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan. Agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan

dengan *vibro scalping screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*. Material tertahan *vibro scalping screen* akan dipecah oleh *secondary crusher*, hasil pengayakannya dapat digunakan sebagai agregat halus. Material lolos *vibro scalping screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.

- 5) Agregat halus harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan pada Tabel 2.3

**Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus**

<b>Pengujian</b>	<b>Metode pengujian</b>	<b>Nilai</b>
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	min.50%
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 Devisi 6 Bina Marga 2018

**c. Bahan Pengisi (*Filler*)**

Berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga Devisi 6 tahun 2018 bahan pengisi (*Filler*) harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh pengawas pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras pen. 60-70.

- 2) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan secara basah sesuai SNI ASTM-C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
- 3) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA (*Split Mastic Asphalt*) tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen.

**d. Gradasi Agregat Gabungan**

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.5. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.5. Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm) (Spesifikasi Bina Marga, 2018).

**e. Aspal**

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphalthenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga

berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri (Kerbs and Walker, 1971).

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal buatan adalah aspal yang merupakan residu distilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang mengandung parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil* (Sukirman, 2003).

Tabel 2.4 Ketentuan Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe Aspal Pen.6 0-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan <sup>(1)</sup>	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) <sup>(3)</sup>	ASTM D2170-10	$\geq 300$	$\leq 3000$	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	$\geq 48$	Dilaporkan <sup>(2)</sup>	
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 100$	-	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	$\geq 232$	$\geq 230$	
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	$\geq 99$	$\geq 99$	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	$\leq 2$	-	
	<b>Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :</b>				
11	Berat yang Hilang(%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis ( $G^*\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	$\geq 54$	$\geq 54$	
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 50$	$\geq 50$	

**Tabel 2.4 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Lanjutan)**

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
	<b>Residu Aspal Segar Setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperature 100°c dan tekanan 2,1 Mpa</b>				
15	Temperatur yang menghasilkan Geser dinamis ( $G \cdot \sin \delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\leq$ 5000 kPa,(°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber: Spesifikasi Umum Devisi 6 Bina Marga 2018

## 2.8 Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus (HRS-WC)

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga (2018) agregat yang digunakan untuk HRS-WC sedapat mungkin memenuhi beberapa hal sebagai berikut:

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

Spesifikasi gradasi agregat yang digunakan dalam campuran HRS-WC dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini:

**Tabel 2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat untuk HRS-WC**

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

Sumber: Spesifikasi Umum Devisi 6 Bina Marga 2018

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam spesifikasi campuran yaitu:

1. Komposisi umum campuran

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

2. Kadar campuran aspal

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

3. Proporsi komponen campuran

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

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. Campuran kerja harus ditetapkan dan kualitas selanjutnya harus dikontrol dari segi fraksi rancangan untuk berbagai agregat.

5. Penerapan formula campuran dan toleransi

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

a. Toleransi komposisi campuran

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

b. Toleransi temperatur

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

6. Sifat campuran yang diperlukan

Bila diuji dengan alat Marshall, campuran HRS-WC harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.6 berikut ini.

**Tabel 2.6 Persyaratan Sifat Campuran HRS-WC**

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%)	Min	4,0	

**Tabel 2.6 Persyaratan Sifat Campuran HRS-WC(Lanjutan)**

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Rongga dalam campuran (%)	Maks		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	18	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90	

Sumber: Spesifikasi Umum Divisi 6 Bina Marga 2018

## 2.9 Metode Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran tentunya diperlukan untuk memenuhi spesifikasi, sehingga diharapkan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi kriteria yang baik dari agregat yang tersedia. Menurut Sukirman (1999) metode perencanaan campuran yang umum di Indonesia adalah:

### 1. Metode Bina Marga

Metode ini dikembangkan untuk kebutuhan di Indonesia oleh CQCMU (*Central Quality Control & Monitoring Unit*) Bina Marga. Perencanaan campuran dengan menggunakan Metode Bina Marga dimulai dari kadar aspal efektif yang tetap sesuai dengan yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Pencampuran agregat yang tersedia di lokasi divariasikan untuk dapat memenuhi syarat rongga udara, tebal selimut aspal dan stabilitas. Jadi, pada metode ini rongga udara dalam campuran merupakan kriteria pokok bersama dengan kadar aspal efektif yang

akhirnya menentukan tebal selimut aspal yang terjadi. Campuran dengan menggunakan metode ini mempunyai sifat durabilitas yang tinggi dan karenanya sering disebut sebagai campuran aspal dengan durabilitas yang tinggi.

## 2. Metode *Asphalt Institute*

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

Dari data analisis 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:

### a. Cara diagonal

Prinsip dan langkah dari cara diagonal adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui gradasi ideal yang akan digunakan dari persyaratan gradasi yang ditentukan.
- 2) Menggambar empat persegi panjang dengan ukuran (10 x 20) cm pada *milimeter block*.

- 3) Membuat garis diagonal dari ujung kiri bawah ke ujung kanan atas. Sisi vertikal menyatakan persen lolos saringan dengan skala 0 di bawah dan 100 di atas.
- 4) Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai ideal tersebut diletakkan pada garis diagonal berupa titik.
- 5) Dari tiap titik pada diagonal ditarik garis vertikal untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
- 6) Digambar grafik gradasi dari masing-masing fraksi yang akan dicampur.
- 7) Untuk menentukan persentase agregat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama pada suatu garis lurus.
- 8) Pada garis tersebut ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat persentase agregat kasar yang diperlukan.
- 9) Langkah 8 dan 9 diulangi untuk mendapatkan persentase agregat halus dan *filler*.

Setelah diperoleh komposisi dari setiap jenis fraksi agregat, dibuat suatu tabel hasil analisis gabungan agregat, dimana persentase masing-masing fraksi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan persentase lolos untuk masing-masing

nomor saringannya. Kemudian dijumlahkan untuk masing-masing nomor saringan lalu dilihat apakah gradasi tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan sesuai jenis campuran yang akan dibuat.

Hasil penggabungan agregat diusahakan mendekati *ideal spec*. Jika melalui grafik diagonal belum tepat, maka digunakan cara coba-coba (*trial and error*), yaitu menentukan terlebih dahulu persentase dari masing-masing agregat (tanpa mengubah persen lolos), kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat. Selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan dilihat apakah hasilnya mendekati nilai *ideal spec*. Selanjutnya dibuat grafik penggabungan agregat dan grafik spesifikasinya, setelah itu dihitung berat masing-masing fraksi yaitu persentase fraksi dikali dengan kapasitas *mould*.

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

b. Cara coba-coba

Prinsip dan langkah dari cara coba-coba adalah sebagai berikut:

- 1) Memahami batas gradasi yang disyaratkan.
- 2) Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.

- 3) Memasukkan persentase lolos saringan, masing-masing jenis batuan ke dalam persentase lolos.
- 4) Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom *target value*, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
- 5) 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.
- 6) Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dari ketiga agregat, yang lain dihitung atau digabung dengan persentase yang sama. Sehingga dapat dipergunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas.

c. Cara grafis

Prinsip dan langkah dari cara grafis adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10) cm sebanyak dua buah pada *milimeter block*.
- 2) Untuk sisi kiri merupakan persen agregat kasar.
- 3) Plot pada garis paling tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.
- 4) Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama.
- 5) Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi.

- 6) Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat.
- 7) Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal.
- 8) Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini, dapat ditentukan persen agregat kasar dan halus.
- 9) Pada bujur sangkar yang ke dua tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan.
- 10) Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan.
- 11) Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat halus serta agregat sedang.
- 12) Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat.
- 13) Tarik garis vertikal dari masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut.
- 14) Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan persentase agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus.

Setelah didapat perbandingan komposisi dari masing-masing agregat maka selanjutnya akan dibuat beberapa contoh campuran dengan variasi kadar aspal. Bruce Marshall mengembangkan suatu metode untuk pembuatan

dan pengujian benda uji. Metode inilah yang akhirnya dikenal dengan istilah “Metode Marshall”.

Pemeriksaan terhadap benda uji (briket) dilakukan dengan alat Marshall untuk menentukan ketahanan/Stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) yang berkapasitas 2.500 kg atau 5.000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur Stabilitas campuran dan terdapat pula arloji lelehan (*flow meter*) untuk mengukur *flow*.

## 2.10 Metode Marshall

Metode Marshall Rancangan campuran berdasarkan Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar Metode Marshall adalah pemeriksaan:

1. Stabilitas (*Stability*).

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan aspal maksimum menahan beban hingga terjadi kelelahan plastis atau perubahan bentuk, seperti gelombang, *bleeding* dan alur.

2. Kelelahan (*Flow*).

Kelelahan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01”. Nilai *flow* juga diperoleh dari hasil pembacaan pada Alat Marshall test sewaktu melakukan Pengujian Marshall.

3. *Voids In Mixture (VIM)*

Rongga di dalam campuran (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal, dinyatakan dalam % volume.

4. *Voids Filled Bitumen (VFB)*

VFB (rongga terisi aspal) adalah bagian dari volume rongga di dalam agregat (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume. dalam satu kg/mm atau kN/mm.

5. Berat isi

Berat isi adalah perbandingan campuran beraspal dalam kepadatan benda uji yang sudah tercampur fraksi-fraksi antar agregat dan kadar aspal.

6. Durabilitas (*Durability*)

Uji durabilitas campuran ini dilakukan dengan meninjau besaran nilai stabilitas pada Uji Marshall setelah dilakukan perendaman. Prosedur pengujian mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Untuk mengevaluasi keawetan campuran dapat diketahahui dengan Indeks kekuatan sisa yang membandingkan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar.

Dari nilai stabilitas Marshall yang diperoleh, dapat ditemukan dengan rumus:

a. Indeks kekuatan sisa (IKS)

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

S1 adalah Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama  $T_1$  menit (Kg), S2 adalah Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama  $T_2$  menit (Kg) dan IKS adalah Indeks kekuatan sisa (%).

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga 2018 adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas mensyaratkan IKS harus lebih besar dari 80 %. Kriteria-kriteria berikut dinilai memenuhi “indeks keawetan” yaitu: (1)Harus rasional dan didefinisikan secara fisik, (2) Harus menggambarkan kekuatan menahan dan nilainya absolut, (3) Harus menunjukkan potensi keawetan untuk suatu rentang yang fleksibel dari masa perendaman, (4) Harus dengan tepat memberikan gambaran dari perbedaan perubahan waktu perendaman dari kurva keawetan. (CRAUS, J. et al, 1981)

b. Indeks Durabilitas Pertama

Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan.

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$r$  adalah Nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Pertama,  $S_i$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i$ ,  $S_{i+1}$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_{i+1}$ ,  $t_i, t_{i+1}$  adalah Waktu pengkondisian/ perendaman (mulai dari awal proses perendaman).

Dalam hal ini, Indeks Durabilitas pertama menunjukkan hilangnya persentase kekuatan selama pengkondisian selama satu hari. Nilai- nilai positif menunjukkan berkurangnya kekuatan, sedangkan nilai negatif menunjukkan bertambahnya kekuatan.

c. Indeks Durabilitas Kedua

Indeks durabilitas kedua didefinisikan sebagai rata-rata luasan kehilangan kekuatan yang terbentuk diantara kurva keawetan dengan garis  $S_0 = 100\%$ .

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$a$  adalah Nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Kedua,  $t_n$  adalah Waktu pengkondisian/ perendaman ke- $n$  (terakhir),  $S_i$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i$ ,  $S_{i+1}$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_{i+1}$ ,  $t_{i+1}$  adalah Waktu pengkondisian/ perendaman (mulai dari awal proses perendaman).

d. *Retained Marshall Stability (RMS)*

Nilai absolut ekivalen kuat tahan tersisa ( $S_a$ ) atau *Retained Marshall Stability (RMS)* merupakan rata-rata luasan kehilangan kekuatan campuran seiring lama waktu rendaman pada indeks durabilitas kedua (IDK), nilai  $S_o$  merupakan nilai indeks durabilitas campuran awal pada rendaman 30 menit ( $S_o = 100\%$ ), untuk menentukan nilai absolut ekivalen kuat tahan tersisa ( $S_a$ ).

$$S_a = 100 - a \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$S_a$  adalah Persen kuat tahan yang tersisa dari Indeks Durabilitas Kedua (%),  $a$  adalah Nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Kedua

### 2.11 Rumus Campuran Rancangan (*Design Mix Formula*)

Kadar aspal total dalam campuran laston 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. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga (2018) diperoleh rumus:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \textit{Filler}) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

Pb adalah kadar aspal, CA adalah *Coarse Aggregate* (agregat kasar), FA adalah *Fine Aggregate* (agregat halus), *Filler* adalah abu batu, Konstanta adalah 2,0-3,0 untuk laston

## 2.12 Proses Pembuatan HRS-WC di Lapangan

### 1. Umum

Perkerasan *HRS-WC* merupakan lapisan permukaan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapis aus, walaupun bersifat nonstruktural.

### 2. Peralatan yang digunakan

- a. *Wheel Loader*
- b. *Asphalt Mixing Plant (AMP)*
- c. *Generator Set*
- d. *Dump Truck*
- e. *Asphalt Finisher*
- f. *Tandem Roller*
- g. *Pneumatic Tire Roller*

### 3. Langkah Kerja

Metoda kerja dari pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum melakukan pekerjaan harus dibuat *request* dan diserahkan kepada direksi untuk disetujui.

- b. Menyerahkan hasil pengujian material (*Job Mix Design*) material *hot mix* HRS-WC yang akan digunakan dan komposisi harus sesuai Spesifikasi teknik yang disyaratkan.
- c. Sebelum pelaksanaan pekerjaan HRS-WC diolah menggunakan AMP.
- d. Material aspal dimasukkan ke dalam ketel aspal, material batu pecah, *filler* dimasukkan ke dalam *cold bin* AMP sedang bahan anti pengelupasan dimasukkan pada tempat tersendiri.
- e. Material aspal, batu pecah, *filler*, dan aditif anti pengelupasan dimasak/ diolah di dalam AMP sesuai dengan komposisi yang ada dalam spek sehingga menjadi aspal HRS-WC.
- f. Material hot mix HRS-WC dimuat langsung ke dalam *dump truck* dan diangkut ke lokasi pekerjaan.
- g. Material HRS-WC dihampar dengan alat *asphalt finisher* dan dipadatkan dengan alat tandem *roller* dengan lintasan minimum sesuai spesifikasi teknik, kemudian dipadatkan kembali dengan menggunakan alat *pneumatic tire roller* dengan lintasan sesuai hasil *trial* dan dipadatkan *finishing* dengan alat *tadem roller*.
- h. Selama pemadatan, sekelompok pekerja akan merapihkan tepi hamparan dengan menggunakan alat bantu.
- i. Setelah penghamparan dan pemadatan selesai dilaksanakan pengambilan sample dengan *core drill* untuk diuji di laboratorium agar diketahui ketebalan dan *density*-nya.

### 2.13 Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang cukup erat kaitannya mengenai pengaruh penggunaan agregat terhadap durabilitas campuran HRS–WC, antara lain:

**Hidayat, 2016**, dalam penelitian Tugas Akhir berjudul “Efek Variasi Jenis Agregat Terhadap Karakteristik dan Durabilitas Marshall Laboratorium” meneliti tentang pengaruh waktu rendaman dan variasi komposisi agregat Bantak, Krasak, Progo dan Clereng yang menggunakan bahan pengisi *filler* Bantak, Krasak, Progo dan Semen terhadap keawetan beton aspal. Pada penelitian menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Benda uji *Marshall* memiliki dimensi 10,2 cm x 6,35 cm yang berjumlah 32 buah dengan variasi agregat BBP (bantak,bantak dan *filler* progo), BCC (bantak,clereng dan *filler* clereng), BBB (bantak,bantak dan *filler* bantak), BBS (bantak,bantak dan *filler* semen), BKB (bantak,krasak dan *filler* bantak), CCC (clereng,clereng dan *filler* clereng), PCC (progo,clereng dan *filler* clereng), dan KPC (krasak, progo dan *filler* clereng) dimana terdapat 2 benda uji setiap varian. Variabel yang digunakan variabel terikat yaitu Durabilitas (30 menit dan 24 jam), VIM, VFB, VMA, Stabilitas dan MQ serta variabel bebas yaitu variasi agregat kasar dan halus. Penelitian ini dalam mencari data menggunakan alat *Marshall test* dan analisa data menggunakan metode diskriptif kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh; 1) stabilitas pada waktu rendaman 24 jam maksimum rerata pada varian BBS = 1769,25 Kg/mm; 2) Nilai maksimum rerata VIM pada

varian BKB = 12,43%, sedangkan nilai rerata VIM yang memenuhi standar pada varian PCC = 3,42%. Nilai rerata VFB maksimum pada varian PCC = 70,91%, nilai rerata VMA maksimum pada varian BKB = 17,75%, dan nilai rerata MQ maksimum pada varian BKB = 381,40 Kg/mm; 3) Nilai rerata durabilitas berdasarkan IKS (Indeks Kekuatan Sisa) maksimum pada varian BBS = 97,08%.

**Destarino (2019)**, dalam penelitian Tugas Akhir berjudul “Pengaruh Variasi Suhu Pematatan Terhadap Tingkat Durabilitas Campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi suhu pematatan campuran dan mengukur tingkat Durabilitas campuran aspal panas jenis *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)* dengan melakukan variasi suhu pematatan dengan suhu 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, 145°C, 150°C. Untuk mengetahui sejauh mana variasi suhu pematatan tersebut dapat berpengaruh pada karakteristik campuran (AC-WC) dengan menggunakan agregat dari Merak, yang diambil dari AMP. PT Amin Permai, Sampit, Kalimantan Tengah. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)* dengan variasi kadar aspal berdasarkan uji *Marshall I*, menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,455%. Pada uji *Marshall II*, berdasarkan variasi suhu pematatan lama rendaman 30 menit, nilai parameter *Marshall* yang dihasilkan yaitu, Nilai Stabilitas tertinggi terjadi pada suhu pematatan 145°C, yaitu sebesar 1266,503kg. Nilai VFB cenderung Meningkat dengan bertambahnya suhu pematatan, sedangkan (*Flow*) dan VIM cenderung menurun dengan bertambahnya suhu pematatan. Nilai VFB tertinggi terjadi pada suhu pematatan

150°C, yaitu sebesar 80,649%. Nilai (*Flow*) tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 110°C, yaitu sebesar 2,93mm. Nilai VIM tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 3,706%. dan untuk suhu pemadatan optimum terjadi pada suhu 130°C, dengan nilai parameter *Marshall*, Stabilitas 1130kg, (*Flow*) 2,65mm, VIM 3,57%, VFB 77,20%, Berat isi 2,498mm. Durabilitas pada masing-masing variasi suhu pemadatan dihasilkan dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Nilai IKS tertinggi yang juga menunjukkan nilai Durabilitas terbaik terdapat pada suhu pemadatan 145°C yaitu sebesar 98,068% dari batas Spesifikasi Bina Marga yang ditetapkan 90%.

**Raymondhi (2019)**, dalam penelitian Tugas Akhir berjudul “Analisis Perbandingan Kombinasi Agregat Kasar Dan Agregat Halus Dari Muara Teweh (Kabupaten Barito Utara) Dan Sungai Lunuk (Kabupaten Murung Raya) Pada Campuran HRS-WC”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sifat-sifat fisik agregat dari Muara Teweh dan Sungai Lunuk, apakah memenuhi spesifikasi yang ditentukan sehingga dapat digunakan untuk komposisi campuran kombinasi agregat dan didapatkan besarnya nilai karakteristik *Marshall* dari komposisi campuran berdasarkan kadar aspal optimum yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* dengan kombinasi campuran agregat berdasarkan uji *Marshall* Komposisi I, menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,50%, stabilitas sebesar 1110 kg, *flow* sebesar 4,35 mm, rongga dalam campuran (VIM) 4,90%, rongga terisi aspal (VFB) sebesar 78,00%, hasil bagi *Marshall* sebesar 260 kg/mm dan Kepadatan

sebesar 2,340 gram/cm<sup>3</sup>, Komposisi II nilai Stabilitas sebesar 1160 kg, *Flow* sebesar 4,40 mm, Rongga dalam Campuran (VIM) sebesar 5,30%, Rongga Terisi Aspal (VFB) sebesar 76,00%, hasil bagi *Marshall* sebesar 270 kg/mm dan Kepadatan sebesar 2,300 gram/cm<sup>3</sup>. Komposisi III nilai Stabilitas sebesar 1060 kg, *Flow* sebesar 4,20 mm, Rongga dalam Campuran (VIM) sebesar 4,40%, Rongga Terisi Aspal (VFB) sebesar 79,50%, hasil bagi *Marshall* sebesar 260 kg/mm dan Kepadatan sebesar 2,305 gram/cm<sup>3</sup>, dan Komposisi IV nilai Stabilitas sebesar 1049 kg, *Flow* sebesar 4,15 mm, Rongga dalam Campuran (VIM) sebesar 4,10%, Rongga Terisi Aspal (VFB) sebesar 81,00%, hasil bagi *Marshall* sebesar 255 kg/mm dan Kepadatan sebesar 2,350 gram/cm<sup>3</sup>. Dan didapat komposisi terbaik yaitu, Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,25% dan stabilitas sebesar 1160 kg pada Komposisi II.

**Nahyo , Sudarno , dan Bagus Hario Setiadji (2015)** dalam penelitian yang berjudul “Durabilitas Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkalan Air Rob”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) yang terendam dalam air yang berasal dari air banjir rob dan membandingkannya dengan yang terendam dalam air standar laboratorium. Selain itu penelitian ini juga memiliki tujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perendaman menerus (*continuous*) dan berkala (*intermittent*) dengan air yang berasal dari air banjir rob dan membandingkannya dengan yang terendam dalam air standar laboratorium terhadap durabilitas campuran beraspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Merendam spesimen (benda uji) di dalam air

pasang dengan variasi waktu 6 jam; 12 jam; 24 jam; 48 jam; dan 72 jam. Sementara perendaman periodik dilakukan dengan merendam spesimen (benda uji) selama 12 jam, kemudian diangkat dan didiamkan selama 12 jam berikutnya selama 3-hari. Untuk melihat kinerja daya tahan beton aspal campuran menggunakan beberapa Indeks indikator yaitu *Index of Retained Stability* (IRS), *First Durability Index*(IDP), dan *The second Durability Index* (IDK). Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efek kerusakan perendaman secara terus menerus lebih cepat dibandingkan perendaman biasa. Merendam campuran aspal Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) baik secara kontinyu atau berkala di dalam air pasang memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan air laboratorium. Hal ini ditunjukkan dengan nilai daya tahan(durabilitas) campuran aspal pada rendaman dengan air pasang lebih kecil dibandingkan campuran aspal yang direndam dengan air standar laboratorium .

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium. Sebelum digunakan, material terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap agregat di laboratorium untuk mendapatkan karakteristik masing-masing material tersebut. Data hasil pengamatan di laboratorium selanjutnya digunakan untuk perencanaan campuran. Selanjutnya dapat diketahui karakteristik campuran tersebut. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

#### **3.2 Pengambilan Material**

Material berupa agregat yang berasal dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya. Sampel diambil dengan jumlah secukupnya pada lokasi pengambilan sampel tersebut dan selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat.

#### **3.3 Pengambilan Data Sampel**

Pengambilan data dilakukan dengan membuat briket/benda uji sebanyak 15 briket untuk mencari KAO dengan menggunakan agregat yang berasal dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara, dan 15 briket untuk mencari KAO dengan menggunakan agregat yang berasal dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya. Setelah nilai KAO didapatkan kemudian dibuat 12 briket untuk mencari nilai durabilitas campuran HRS-WC yang menggunakan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan 12

briket untuk mencari nilai durabilitas campuran HRS-WC yang menggunakan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya.

### **3.4 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Agregat yang digunakan berasal dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya,
2. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah aspal dengan penetrasi 60/70.

### **3.5 Alat-Alat Penelitian**

1. Alat-alat untuk pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat.

- a. Pemeriksaan gradasi agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari 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), 0,70 mm (No.30) dan 0.075 mm (No.200).
- 3) Oven, mesin pengguncang saringan, *stopwatch*, talam-talam, kuas, sikat, sendok dan alat-alat lainnya.

- b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat 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 kira-kira 5 kg. Keranjang berguna untuk meletakkan sampel dan tempat mengayak 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 pengantung keranjang. Berguna untuk menimbang bahan yang akan di uji.
- d) Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu sampai  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , dan alat pemisah contoh dan saringan No. 4.

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 500 gram–1000 Gram atau lebih, piknometer dengan kapasitas 500 ml, kerucut terpancung dengan diameter  $(90\pm 3)$  mm. Peralatan yang digunakan diatas berguna untuk pemeriksaan jenis. Timbangan untuk menimbang

bahan, piknometer untuk mengukur massa jenis atau densitas fluida dan kerucut terpancung untuk mengisikan benda uji.

- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat  $(340 \pm 1)$  kg dengan diameter permukaan penumbuk  $(25 \pm 3)$  mm. Berguna untuk memadatkan benda uji yang dimasukkan ke dalam kerucut terpancung.
- c) Saringan No. 4, talam, bejana tempat air, oven pengukur suhu, tungku pemanas (*hot plate*), *stop watch* dan lap bersih.

c. Pengujian keausan agregat kasar

Peralatan yang digunakan dalam pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut:

- 1) Mesin abrasi Los Angeles dan bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400 gram sampai dengan 440 gram sebanyak 11 buah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 terhadap berat semula dalam persen.

- 2) Saringan No. 12 dan saringan-saringan lainnya, berguna untuk menyaring bahan sesuai dengan ketentuan lolos saringan.
- 3) Timbangan dan oven dengan pengaturan suhu, berguna untuk menimbang bahan dan oven berguna sebagai pengering benda uji sampai suhu yang sudah ditentukan.

d. Pemeriksaan kadar lempung pada agregat halus

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

- 1) Tabung *sand equivalent*, beban *equivalent* dan larutan standar. Berguna untuk mengetahui kadar lempung yaitu dengan memasukan bahan ke dalam tabung *sand equivalent*, kemudian dimasukan larutan standar.
- 2) Talam, saringan No. 4, sumbut karet gabus, corong dan *stop watch*. Talam berfungsi sebagai tempat menaruh sampel, saringan No. 4 sebagai pemeriksaan ini untuk agregat yang lolos saringan No. 4, karet gabus berfungsi sebagai penutup tabung *sand equivalent* ketika dikocok dan *stopwatch* berfungsi sebagai pengukur waktu ketika tabung tabung *sand equivalent* dikocok.

2. Alat pembuatan dan pemeriksaan benda uji.

a. Pembuatan benda uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- 1) Sejumlah cetakan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm (4") 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 bebas 45,7 cm. Berfungsi untuk menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pemadat terdiri dari balok kayu dan dilapisi dengan pelat baja.
- 5) Oven dengan pengatur suhu, kompor, timbangan, wajan, talam-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 pengantung berkapasitas 5 kg. Berguna untuk menimbang benda uji.
- 2) Bak perendam yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Berguna untuk tempat merendam benda uji.

- 3) Alat *Marshall* yang dilengkapi dengan:
  - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung. Berguna untuk menekan benda uji agar diketahui nilai tekanannya.
  - b) *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) *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.
  - d) Arloji pengukur *flow* dengan ketelitian 0.25 beserta kelengkapannya. Berguna untuk mengukur tingkat kelelahan benda uji.

### 3. Pengujian Aspal

#### a. 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:

- a) Pengukur waktu. Pada penetrometer manual diperlukan stopwatch sedangkan pada penetrometer otomatis tidak diperlukan stopwatch karena pengukur waktu otomatis sudah terangkai dalam alat penetrometer.
- b) Saat pengujian tombol pada pemegang jarum penetrometer manual harus ditekan selama  $5 \pm 0,1$  detik sampai waktu ditentukan, sedangkan tombol pada 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 gram  $\pm$  0,05 gram. Berat total pemegang jarum beserta jarum 50 gram  $\pm$  0,05 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 ( $90^\circ$ ) ke permukaan

d) berat beban 50 gram  $\pm$  0,05 gram dan 100 gram  $\pm$  0,05 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. Ukuran dan bentuk jarum seperti tertera pada Gambar 1 Lampiran A

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  $8,7^\circ$  dan  $9,7^\circ$

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 jarum

h) ujung jarum harus runcing, tajam dan halus

- i) panjang bagian jarum standar yang tampak harus antara 40 sampai 45 mm sedangkan untuk jarum panjang antara 50 mm - 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 disertai dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang

3) Cawan benda uji

Terbuat dari logam atau gelas yang berbentuk silinder dengan dasar yang rata dan berukuran sebagai berikut:

- a) Untuk pengujian penetrasi di bawah 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 temperatur  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  atau temperatur lain dengan ketelitian tidak lebih dari  $0,1^{\circ}\text{C}$ . 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 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. Ujung termometer direndam pada batas pelat dasar dalam bak perendam.

5) *Transfer dish*

*Transfer dish* harus mempunyai isi tidak kurang dari 350 ml dan cukup tinggi untuk 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) Pengatur 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 °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.

b. 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  $0,1^{\circ}\text{C}$ , dan benda uji dapat terendam sekurang-kurangnya 100 mm 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 teknik atau glycerin teknik

c. 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 Cara Penelitian

a. Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat

Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat harus dilakukan pada suatu perencanaan campuran yang akan dipergunakan pada lapisan perkerasan. Agregat dapat digunakan untuk bahan perkerasan, apabila telah melalui pemeriksaan dan memenuhi persyaratan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pemeriksaan terhadap agregat tersebut dilakukan untuk memperoleh data yang akan digunakan pada perencanaan campuran. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga (2018) data yang diperlukan dalam perencanaan campuran meliputi: data gradasi agregat, berat jenis, dan penyerapan agregat, keausan agregat dan kadar lempung yang terkandung dalam agregat.

## 1. Pemeriksaan Gradasi Agregat

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

- a) Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap selama  $\pm 24$  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 dari masing-masing asal lokasi agregat, kemudian dicampur menjadi 1 kg.
- c) Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati di atas saringan No. 200, agregat yang tertahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.
- d) Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam oven dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ .
- e) Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang saringan selama  $\pm 15$  menit, kemudian diamkan selama  $\pm 5$  menit.

- f) Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat sampel pada masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

## 2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1969-1990.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dibagi atas:

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

Pemeriksaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan berat jenis kering oven, berat jenis kering dipermukaan jenuh atau SSD, berat jenis semu dan penyerapan agregat kasar. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan 1” dan tertahan saringan No. 8. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebagai berikut:

- 1) Keranjang kawat yang berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No. 8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg.
- 2) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
- 3) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- 4) Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu sampai  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  dan alat pemisah contoh saringan No. 8.

Adapun prosedur pelaksanaan dari pemeriksaan ini adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

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

b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1970-1990. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering oven, berat jenis kering permukaan jenuh atau SSD, berat jenis semu dan penyerapan air agregat halus. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan No. 8. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih, piknometer dengan kapasitas 500 ml, kerucut terpancung dengan diameter bagian atas  $(40\pm 3)$  mm dan diameter bagian bawah  $(90\pm 3)$  mm.
- 2) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat  $(340\pm 1)$  kg, dengan diameter permukaan penumbuk  $(25\pm 3)$  mm.
- 3) Saringan No. 8, talam, bejana tempat air, oven, pengukur suhu, tungku pemanas (*hot plate*), *stopwatch* dan lap bersih.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Timbang sampel kering sebanyak 500 gram–1000 gram.
- 2) Rendam sampel dalam air selama  $\pm 24$  jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati supaya butiran tidak ada yang hilang.
- 4) Tebarkan sampel di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balik sampel. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.

- 5) Periksa sampel pada keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan sampel ke dalam kerucut terpancung dalam tiga lapis dan padatkan 25 tumbukan.
- 6) 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 kemudian didihkan selama 10 menit untuk mengeluarkan udara yang terserap di dalam sampel.
- 10) Dinginkan piknometer yang berisi sampel dan rendam piknometer dalam air dengan suhu  $25^{\circ}\text{C}$  sampai suhu di dalam piknometer menunjukkan  $25^{\circ}\text{C}$ .
- 11) Tambahkan air suling sampai tanda batas kalibrasi dan keringkan bagian luar piknometer dengan lap bersih, kemudian timbang piknometer yang berisi sampel dan air suling (Bt).
- 12) Keluarkan sampel dan keringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- 13) Keluarkan sampel dalam oven, dinginkan kemudian 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:

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

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

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

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

### 3. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-1991. Dalam penelitian ini jenis gradasi yang digunakan adalah kelas B dimana banyaknya sampel terdiri dari 2500 gram agregat yang lolos saring dengan ukuran 3/4'' dan tertahan saringan 1/2'' dan 2500 gram agregat yang lolos saringan 1/2'' dan tertahan saringan 3/8''. Jumlah bola baja yang digunakan adalah sebanyak 11 buah. Peralatan yang digunakan dalam pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut:

- a) Mesin abrasi Los Angeles dan bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400 gram sampai dengan 440 gram sebanyak 11 buah
- b) Saringan No.12 dan saringan-saringan lainnya.
- c) Timbangan dan oven dengan pengatur suhu

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- a) Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- b) Keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.

- c) Timbang sampel sesuai gradasi/spesifikasi yang digunakan.
- d) Masukkan sampel ke dalam mesin Los Angeles.
- e) Masukkan bola-bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- f) Putar mesin Los Angeles dengan jumlah putaran 500 kali.
- g) Keluarkan sampel 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 dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- i) Keluarkan sampel dari dalam oven dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

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

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

Keterangan:

a adalah berat total sampel semula (5000 gram), b adalah berat sampel yang tertahan saringan No.12.

#### 4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan yang dilakukan untuk menentukan kadar lumpur yang dikandung oleh agregat yang lolos saringan No.4, sesuai prosedur AASHTO T.176-73 (1982), dengan menggunakan tabung *sand equivalent*. Peralatan yang

digunakan dalam pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus adalah sebagai berikut:

- a) Tabung *sand equivalent*, beban *equivalent* dan larutan standar.
- b) Talam, saringan No.4, sumbat karet gabus, corong dan *stopwatch*.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- a) Ambil sampel (pasir) sebanyak 85 ml kemudian keringkan di dalam oven dengan suhu 110°C dan dinginkan pada suhu ruang.
- b) Isi tabung *sand equivalent* dengan larutan standar setinggi 5 strip (skala tabung *sand equivalent*), kemudian masukkan sampel ke dalam tabung *sand equivalent*, ketuk-ketuk beberapa saat kemudian diamkan selama 10 menit.
- c) Tutup tabung *sand equivalent* dengan penutup karet atau kayu gabus, kemudian dimiringkan sampai arah hampir mendatar dan kocok sebanyak 90 gerakan sejauh 200 mm pada arah mendatar.
- d) Masukkan lagi larutan standar melalui selang ke dalam tabung sampai setinggi skala 15, kemudian diamkan selama 20 menit.
- e) Baca skala pembacaan lumpur.
- f) Masukkan beban *equivalent* secara perlahan-lahan sampai beban tersebut berhenti.
- g) Baca skala setelah pembebanan.

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

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

Nilai *sand equivalent* dari partikel agregat yang dapat dipergunakan untuk konstruksi pekerjaan jalan adalah >50%.

b. Pengujian aspal

Pada metode pengujian aspal terdapat beberapa pengujian. Adapun pengujian yang di lakukan adalah sebagai berikut:

1. Uji penetrasi aspal

a) Persiapan benda uji

- 1) Benda uji adalah aspal sebanyak 100 gram yang bersih dan bebas dari air serta minyak ringan.
- 2) Apabila contoh tidak cukup cair, maka panaskan contoh dengan hati-hati dan aduk sedapat mungkin untuk menghindari terjadinya pemanasan setempat yang berlebih. Lakukan pemanasan ini sampai contoh cukup cair untuk dituangkan. Pemanasan contoh tidak boleh lebih dari 90°C di atas titik lelehnya, pemanasan tidak boleh lebih dari 60 menit, lakukan pengadukan untuk menjamin kehomogenan contoh, dan jangan sampai ada gelembung udara dalam contoh.
- 3) tuangkan benda uji aspal ke dalam 2 (dua) cawan (duplo) benda uji sampai batas ketinggian pada cawan benda uji
- 4) dinginkan benda uji, tinggi benda uji tidak kurang dari 120% dari kedalaman jarum pada saat pengujian penetrasi. Tuangkan benda

uji ke dalam cawan yang terpisah untuk setiap kondisi pengujian yang berbeda. Jika diameter cawan benda uji kurang dari 65 mm dan nilai penetrasi diperkirakan lebih besar dari 200 maka tuangkan benda uji ke dalam empat cawan untuk setiap jenis kondisi pengujian

- 5) dinginkan pada temperatur antara 15 sampai dengan 30°C selama 1 sampai dengan 1,5 jam untuk benda uji dalam cawan kecil (55 mm x 35 mm) dan 1,5 jam sampai dengan 2 jam untuk benda uji dalam cawan yang besar, dan tutup benda uji dalam cawan benda uji agar bebas dari debu
  - 6) letakkan benda uji dan *transfer dish* dalam bak perendam pada temperatur pengujian selama 1 jam sampai dengan 1,5 jam untuk cawan benda uji kecil (55 mm x 35 mm) dan 1,5 jam sampai dengan 2 jam untuk cawan benda uji besar.
- b) Cara pengujian
- 1) periksa pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan toluene atau pelarut lain yang sesuai kemudian keringkan dengan lap bersih dan pasang pada pemegang jarum. Apabila diperkirakan nilai penetrasi lebih besar dari 350 disarankan menggunakan jarum penetrasi yang panjang.

- 2) letakkan pemberat 50 gram pada pemegang jarum untuk memperoleh berat total 100 gram  $\pm$  0,1 gram kecuali disyaratkan berat total yang lain.
- 3) bila pengujian dilakukan penetrometer dalam bak perendam, letakkan cawan berisi benda uji langsung pada alat penetrometer. Jaga cawan benda uji agar tertutupi air dalam bak perendam. Apabila pengujian dilakukan di luar bak perendam letakkan cawan berisi benda uji dalam *transfer dish*, rendam cawan benda uji dengan air dari bak perendam, dan letakkan pada alat penetrometer.
- 4) pastikan kerataan posisi alat penetrometer dengan memeriksa *waterpass* pada alat.
- 5) turunkan jarum perlahan-lahan sampai jarum menyentuh permukaan benda uji. Hal ini dilakukan dengan cara menurunkan jarum ke permukaan benda uji sampai ujung jarum bersentuhan dengan bayangan jarum dalam benda uji. Agar bayangan jarum dalam benda uji tampak jelas gunakan lampu sorot dengan watt rendah (5 watt) agar tidak mempengaruhi temperatur benda uji. Kemudian aturlah angka 0 pada arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berada pada posisi angka 0 pada jarum penetrometer.

- 6) segera lepaskan pemegang jarum selama waktu yang disyaratkan (5 detik  $\pm$  0,1 detik). Apabila wadah benda uji bergerak pada saat pengujian maka pengujian dianggap gagal.
- 7) Atur (putar) arloji penetrometer untuk mengukur nilai penetrasi dan bacalah angka penetrasi yang ditunjukkan jarum penunjuk pada angka 0,1 mm terdekat.
- 8) Lakukan paling sedikit tiga kali pengujian untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak tidak kurang 10 mm dari dinding cawan dan tidak kurang 10 mm dari satu titik pengujian dengan titik pengujian lainnya. Jika digunakan *transfer dish*, masukkan benda uji dan *transfer dish* ke dalam bak perendam yang mempunyai temperatur konstan pada setiap selesai satu pengujian benda uji. Gunakan jarum yang bersih untuk setiap kali pengujian. Apabila nilai penetrasi lebih dari 200, gunakan paling sedikit tiga jarum yang setelah digunakan dibiarkan tertancap pada benda uji sampai tiga kali pengujian selesai. Jika diameter cawan benda uji kurang dari 65 mm dan nilai penetrasi diperkirakan lebih dari 200, buat setiap pengujian dari tiga kali pengujian penetrasi dilakukan pada benda uji dalam cawan yang terpisah sebagaimana yang telah disiapkan pada persiapan benda uji butir c.

## 2. Uji daktilitas aspal

### a) Persiapan benda uji

- 1) benda uji adalah contoh aspal sebanyak 100 gram.
  - 2) lapiasi semua bagian dalam sisi-sisi cetakan daktilitas dan bagian atas pelat dasar dengan campuran glycerin dan dextrin atau glycerin dan talk atau glycerin dan kaolin atau amalgam; kemudian pasanglah cetakan daktilitas di atas pelat dasar.
  - 3) panaskan contoh aspal sehingga cair dan dapat dituang; untuk menghindarkan pemanasan setempat, lakukan dengan hati-hati; pemanasan dilakukan sampai suhu antara 80°C – 100°C di atas titik lembek; kemudian contoh disaring dengan saringan N0. 50 dan setelah diaduk, dituang dalam cetakan.
  - 4) Pada waktu mengisi cetakan, contoh dituang hati-hati dari ujung ke ujung hingga penuh berlebihan
  - 5) Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30 sampai 40 menit lalu pindahkan seluruhnya ke dalam bak perendam yang telah disiapkan pada suhu pemeriksaan selama 30 menit; kemudian ratakan contoh yang berlebihan dengan pisau atau spatula yang panas sehingga cetakan terisi penuh dan rata.
- b) Cara pengujian
- 1) Diamkan benda uji pada suhu 25°C dalam bak perendam selama 85 sampai 95 menit, kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakannya
  - 2) Pasanglah benda uji pada alat mesin dan tariklah benda uji secara teratur dengan kecepatan 50 mm/menit sampai benda uji putus;

perbedaan kecepatan atau kurang dari 5% masih diizinkan; bacalah jarak antara pemegang benda uji, pada saat benda uji putus (dalam sentimeter); selama percobaan berlangsung benda uji harus selalu terendam sekurang-kurangnya 25 mm dalam air dan suhu harus dipertahankan tetap ( $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ).

- 3) Apabila benda uji menyentuh dasar mesin uji tau terapung pada permukaan air maka pengujian dianggap tidak normal; untuk menghindari hal semacam ini maka berat jenis air harus disesuaikan dengan berat jenis benda uji dengan menambah methyl alkohol atau glycerin, apabila pemeriksaan normal tidak berhasil setelah dilakukan 3 kali maka dilaporkan bahwa pengujian daktilitas bitumen tersebut gagal.

### 3. Uji titik nyala aspal

#### a) Persiapan benda uji

- 1) Cuci cawan cleveland dengan larutan pembersih untuk membersihkan aspal dari cawan *cleveland*, kemudian keringkan.
- 2) Apabila ada arang harus dibersihkan dengan sabut baja halus. Pastikan cawan cleveland bersih dan kering sebelum digunakan kembali. Bila perlu, bilas cawan cleveland dengan air dingin dan keringkan selama beberapa menit di atas nyala api atau pelat pemanas untuk menghilangkan sisa dari pelarut dan air, kemudian dinginkan cawan cleveland pada temperatur ruang ( $27^{\circ}\text{C}$ ).

- 3) Letakkan alat cleveland open cup di atas dudukan yang kokoh, permukaannya rata dan datar, misalnya meja.
- 4) Pasang termometer pada posisi tegak dengan jarak ketinggian  $6,4 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$  dari gelembung termometer ke dasar cawan cleveland dan berada di tengah-tengah antara titik pusat dengan tepi cawan cleveland di luar lintasan api pengujian.
- 5) Siapkan alat cleveland open cup untuk pengujian sesuai petunjuk, untuk kalibrasi, pengecekan dan pengoperasian alat.
- 6) Pengujian dapat dilakukan pada ruang bebas angin atau ruang asam, agar tidak mempengaruhi hasil pengujian.
- 7) Benda uji aspal yang digunakan untuk setiap pengujian, sekurang-kurangnya 70 mL.
- 8) Hal yang harus diperhatikan pada awal pengujian adalah jangan membuka tutup wadah contoh uji bila tidak diperlukan dan jangan memindahkan contoh uji pada temperatur lebih dari  $150^{\circ}\text{C}$ . Apabila hal ini tidak diperhatikan maka akan menyebabkan hilangnya bahan yang mudah menguap dan titik nyala menjadi lebih tinggi dari yang sebenarnya. Disarankan pengujian titik nyala dilakukan pada awal pengujian aspal,
- 9) Simpan contoh aspal pada temperatur ruang di dalam wadah yang kedap untuk menghindari terjadinya difusi bahan dengan dinding wadah.

- 10) Untuk contoh yang mengandung air, tambahkan kalsium klorida kemudian keringkan dengan kertas filter atau kain penyerap. Untuk contoh uji yang kental dipanaskan pada temperatur 150°C, sampai cukup cair untuk dituang.

b) Cara pengujian

- 1) Panaskan contoh bahan yang keras atau semi padat sampai cair. Temperatur pemanasan contoh uji tidak boleh lebih dari 150°C
- 2) Isi cawan cleveland dengan contoh uji sampai garis batas pengisian, dan tempatkan cawan cleveland di atas pelat pemanas. Bila benda uji diisi berlebih pada cawan cleveland, pindahkan bagian yang berlebih dengan pipet atau alat lainnya untuk menghindari bagian yang meleleh. Bila ada bagian aspal yang menempel pada bagian luar cawan, bersihkan. Hilangkan gelembung udara atau busa yang terjadi pada permukaan benda uji dengan pisau yang tajam atau alat pemotong lainnya dan pertahankan tinggi benda uji. Bila busa tetap ada sampai tahap akhir dari pengujian, pengujian dihentikan dan diulangi.
- 3) Nyalakan api penguji dan atur diameter api penguji antara 3,2 mm sampai dengan 4,8 mm, atau nyala api penguji seukuran dengan ujung pipa api penguji.

- 4) Lakukan dengan hati-hati penggunaan gas untuk nyala api penguji. Bila api penguji padam, gas untuk nyala penguji akan mempengaruhi hasil uji.
- 5) Teknisi harus berhati-hati selama melakukan pengujian ini. Aspal dengan titik nyala rendah dapat menyala besar seketika. Selain itu pengujian sampai dengan temperatur 400°C dapat mengeluarkan uap beracun.
- 6) Lakukan pemanasan awal dengan kenaikan temperatur antara 14°C sampai dengan 17°C per menit sampai benda uji mencapai temperatur 56°C di bawah titik nyala- perkiraan. Kurangi pemanasan hingga kecepatan kenaikan temperatur antara 5°C sampai dengan 6°C per menit sampai benda uji mencapai temperatur 28°C di bawah titik nyala-perkiraan.
- 7) Gunakan nyala penguji pada waktu temperatur benda uji mencapai lebih kurang 28°C di bawah titik nyala-perkiraan dan lintaskan api penguji setiap kenaikan temperatur 2°C. Lintasan api penguji mengikuti garis lengkung yang mempunyai jari-jari minimum 150 mm  $\pm$  1 mm.
- 8) Api penguji harus bergerak horizontal dan jarak dengan tepi atas cawan tidak lebih dari 2 mm. Waktu yang dibutuhkan api penguji untuk melintasi cawan kurang lebih 1 detik  $\pm$  0,1 detik.
- 9) Lakukan pemanasan dari temperatur 28°C di bawah titik nyala-perkiraan sampai titik nyala-perkiraan untuk menghindari

terganggunya nyala api penguji akibat pengaruh angin di atas uap pada cawan cleveland lakukan lintasan api penguji dengan cepat dan hati-hati.

- 10) Bilamana terjadi pembusakan dipermukaan benda uji sampai temperatur  $28^{\circ}\text{C}$  di bawah titik nyala-perkiraan, pengujian dihentikan dan diulangi.
- 11) Perhatikan besarnya nyala api penguji, kecepatan kenaikan temperatur dan kecepatan gerakkan api penguji di atas benda uji
- 12) Catat hasil pengujian titik nyala yang diperoleh dari pembacaan termometer pada saat benda uji mulai menyala.
- 13) Untuk menentukan titik bakar, lanjutkan pemanasan pada benda uji setelah titik nyala dicatat, kenaikan temperatur  $5^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $6^{\circ}\text{C}$  per menit. Teruskan penggunaan nyala penguji pada interval kenaikan temperatur  $2^{\circ}\text{C}$  sampai benda uji menyala dan terbakar minimal 5 detik. Catat temperatur tersebut sebagai titik bakar benda uji.

b. Perencanaan Campuran (*Mix Design*) pembeku

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:

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

Keterangan:

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

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

D

a, b, c, d adalah Proporsi agregat A, B, C, D dalam campuran

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

Adapun urutan perencanaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Penentuan proporsi campuran terhadap total agregat.
- 2) Dari hasil perhitungan proporsi campuran, selanjutnya dilakukan dengan variasi kadar aspal (5 variasi kadar aspal) yaitu berdasarkan kadar aspal yang telah ditentukan pada spesifikasi teknis.
- 3) Membuat benda uji (briket) untuk setiap campuran (untuk 1 variasi dibuat 3 buah briket) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat khusus. Pemeriksaan benda uji meliputi: keadaan campuran, berat isi campuran, VIM, VFB, kekuatan campuran, besarnya *flow* dan Indeks Kekuatan Sisa.

a. 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, alat pemisah contoh, mesin pengguncang saringan, *stop watch*, talam, kuas sikat, sendok dan lain-lain.

Adapun langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

- g) Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap selama  $\pm 24$  jam.
- h) 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 dari masing-masing asal lokasi agregat, kemudian dicampur menjadi 1 kg.
- i) Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati di atas saringan No. 200, agregat yang tertahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.
- j) Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam oven dengan suhu  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ .
- k) Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang saringan selama  $\pm 15$  menit, kemudian diamkan selama  $\pm 5$  menit. Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat

l) sampel pada masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

c. Penentuan Proporsi Campuran Terhadap Total Agregat

Dari data hasil pemeriksaan gradasi agregat yang dilakukan dengan menggunakan analisa saringan, akan digunakan untuk merencanakan proporsi campuran agregat yang memenuhi persyaratan.

Dalam penelitian ini, ada 2 (dua) cara perhitungan yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran, yaitu:

- 1) Cara Diagonal, yaitu berupa perhitungan secara grafis dengan bantuan diagonal untuk menentukan proporsi campuran.
- 2) Cara Coba-coba, yaitu secara analitis dengan cara memperkirakan proporsi campuran yang selanjutnya dihitung kombinasi gradasi dari agregat campuran. Apabila kombinasi gradasi masuk pada spesifikasi yang telah ditentukan maka proporsi yang dicoba dapat digunakan untuk campuran yang akan diteliti.

Dalam menentukan proporsi campuran, perhitungan awal dilakukan dengan menggunakan cara diagonal, selanjutnya dari hasil proporsi dari komposisi yang didapat tersebut dikontrol kembali dengan menggunakan cara coba-coba. Hal ini dilakukan adalah untuk melihat proporsi gradasi gabungan agregat apakah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak.

d. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang ada dalam SNI 06-2489-1991. Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1) Campuran

- a) Keringkan agregat kasar, agregat sedang, abu batu dan agregat halus menggunakan oven pada suhu  $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.
- b) Masing-masing agregat yang sudah dikeringkan tersebut ditimbang sesuai dengan besarnya persentase besar komposisi.
- c) Berat tetap dalam keadaan normal untuk menghasilkan benda uji dengan ketinggian  $\pm 6,25$  cm adalah 1.200 gram.
- d) Agregat campuran dipanaskan dalam panci pemanas di atas api kompor sampai mencapai suhu antara  $160^{\circ}\text{C}$ - $180^{\circ}\text{C}$ .
- e) Aspal dicairkan pada suhu  $130^{\circ}\text{C}$ - $150^{\circ}\text{C}$ .
- f) Kemudian aspal cair dituangkan secara hati-hati sesuai dengan berat yang telah ditetapkan ke dalam panci pencampur.
- g) Campuran tersebut diaduk dengan cepat pada suhu  $(145 \pm 10)^{\circ}\text{C}$  sampai terlihat seluruh permukaan agregat tertutup aspal semua.

2) Pemasakan benda uji

- a) Bersihkan cetakan benda uji, oleskan dengan pelumas, diletakkan kertas saring di dasarnya dan bersihkan bagian muka penumbuk.
- b) Masukkan campuran ke dalam cetakan benda uji (*mould*), 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  $(140\pm 15)^{\circ}\text{C}$ .

- c) 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.
- d) Lepaskan keping alas dan leher penyambung, balikan cetakan berisi benda uji dan pasang kembali, kemudian tumbuklah sebanyak 75 kali.
- e) Benda uji yang telah cukup dingin dikeluarkan dari *mould* dengan *ejector*.
- f) Berikan identitas/tanda pengenal pada setiap benda uji agar tidak tertukar.
- g) Letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama 24 jam pada suhu ruang.

e. Pemeriksaan Benda Uji (Uji Durabilitas)

Pemeriksaan benda uji dilakukan untuk mengetahui tingkat durabilitas.

Adapun urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Persiapan pengujian
  - a) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.

- b) Timbanglah benda uji yang sebelumnya dibiarkan 24 jam untuk mendapatkan berat kering udara.
- c) Rendam benda uji dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- d) Setelah direndam selama 24 jam, timbanglah benda uji tersebut untuk mendapatkan berat dalam air.
- e) Selanjutnya benda uji diangkat dan dilap, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat dalam keadaan kering permukaan jenuh.

## 2) Pelaksanaan Pengujian

- a) Benda uji direndam dalam bak perendam dengan suhu tetap  $60^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, 60 menit, 12 jam dan 24 jam.
- b) Sebelum pengujian, batang penuntun dan permukaan dalam dari kepala penekan diberi pelumas sehingga kepala penekan dapat meluncur bebas dan mempermudah pelepasan benda uji.
- c) Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
- d) Pasang segmen atas diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- e) pasang arloji pengukur kelelahan *flow* pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- f) naikan kepala penekan beserta benda uji hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan maksimum tercapai.

- g) Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai.
- h) Catat angka pembacaan pembebanan maksimum atau Stabilitas yang dicapai dan angka pembacaan *flow* pada saat pembebanan maksimum tercapai.
- i) Setelah selesai, benda uji dikeluarkan dari Alat Marshall.
- j) Nilai pembacaan stabilitas dan kelelahan digunakan dalam perhitungan yang dilakukan dalam tabel perhitungan Test Marshall.
- k) *Flow* digunakan dalam perhitungan yang dilakukan dalam tabel perhitungan Test Marshall.

Perhitungan untuk nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan:

S1 adalah Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T<sub>1</sub> menit (Kg), S2 adalah Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T<sub>2</sub> menit (Kg) dan IKS adalah Indeks kekuatan sisa (%).

Perhitungan untuk nilai indeks durabilitas pertama adalah sebagai berikut:

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan:

r adalah Nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Pertama,  $S_i$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i$ ,  $S_{i+1}$  adalah Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_{i+1}$ ,  $t_{i+1}$  adalah Waktu pengkondisian/ perendaman (mulai dari awal proses perendaman).

Perhitungan untuk nilai penurunan kekuatan pada Indeks Durabilitas

Kedua adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \quad \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan:

a adalah nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Kedua,  $t_n$  adalah waktu pengkondisian/ perendaman ke-n (terakhir),  $S_i$  adalah, persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i$ ,  $S_{i+1}$  adalah persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_{i+1}$ ,  $t_{i+1}$  adalah waktu pengkondisian/ perendaman (mulai dari awal proses perendaman).

Perhitungan untuk nilai Persen RMS atau kuat tahan yang tersisa ( $S_a$ )

dari Indeks Durabilitas Kedua adalah sebagai berikut:

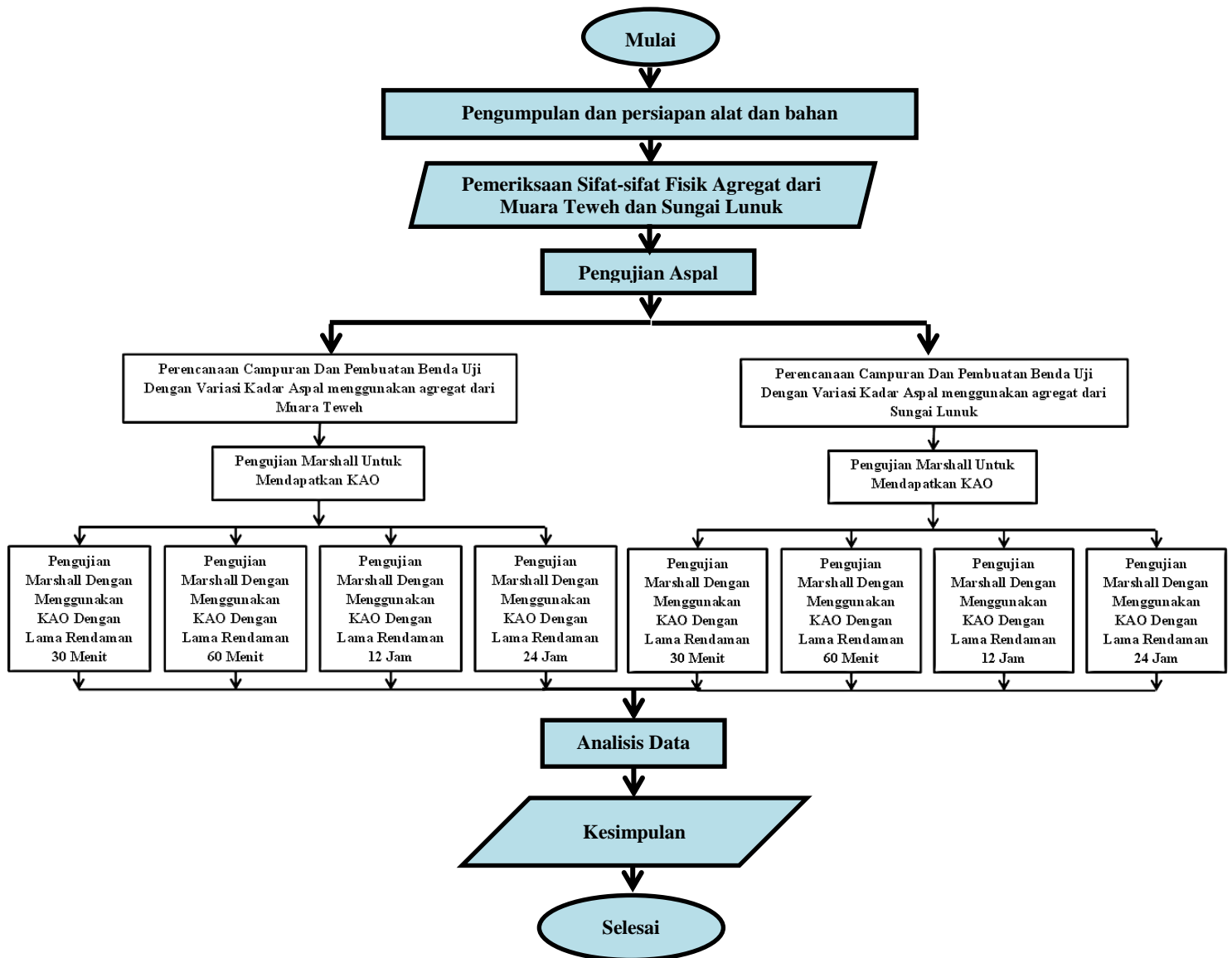
$$S_a = 100 - a \quad \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan:

$S_a$  adalah persen kuat tahan yang tersisa dari Indeks Durabilitas Kedua (%), a adalah nilai penurunan kekuatan (%) pada Indeks Durabilitas Kedua.

### 3.7 Bagan Alir Penelitian

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



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, pada “Studi Perbandingan Penggunaan Agregat Dari Lokasi Yang Berbeda Terhadap Durabilitas Campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse* (HRS-WC)” ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Material penyusun dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse* (HRS-WC) ini dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat berupa pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis, penyerapan, dan keausan untuk material dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara dan Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi.
2. Komposisi yang dilakukan dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse* (HRS-WC) menggunakan agregat dari Muara Teweh Kabupaten Barito Utara sebagai komposisi I yang terdiri dari agregat kasar 39% dan agregat halus (abu batu) 61% kemudian agregat dari Sungai Lunuk Kabupaten Murung Raya sebagai komposisi II yang terdiri dari agregat kasar 39% dan agregat halus (abu batu) 61%.

3. Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian aspal didapatkan penetrasi aspal adalah 66 (0,1mm), titik nyala aspal 298°C, titik bakar aspal 301 °C dan daktilitas aspal 75 cm.
4. Berdasarkan hasil penelitian terhadap Parameter *Marshall* pada komposisi I dengan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8% menghasilkan KAO 7,4% sedangkan untuk komposisi II dengan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8% menghasilkan KAO 6,85%.
5. Parameter *Marshall* pada komposisi I dengan (KAO) 7,4% dengan variasi lama rendaman 30 menit, 60 menit, 12 jam dan 24 jam diperoleh:
  - a. Lama rendaman 30 menit; Stabilitas 1108,01 kg, *Flow* 4,13mm, VIM 4,870%, VFB 78,054%, Berat isi 2,360 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 268,092 kg/mm.
  - b. Lama rendaman 60 menit; Stabilitas 1098,37 kg, *Flow* 4,17mm, VIM 4,895%, VFB 77,964%, Berat isi 2,360 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 263,616 kg/mm.
  - c. Lama rendaman 12 jam; Stabilitas 1050,20 kg, *Flow* 4,27mm, VIM 4,919%, VFB 77,886%, Berat isi 2,359 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 246,153 kg/mm.
  - d. Lama rendaman 24 jam; Stabilitas 1006,84 kg, *Flow* 4,47mm, VIM 4,927%, VFB 77,848%, Berat isi 2,359 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 225,422 kg/mm.

Parameter *Marshall* pada komposisi II dengan (KAO) 6,85% dengan variasi lama rendaman 30 menit, 60 menit, 12 jam dan 24 jam diperoleh:

- a. Lama rendaman 30 menit; Stabilitas 1064,65 kg, *Flow* 3,57mm, VIM 5,712%, VFB 73,194%, Berat isi 2,309 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 298,566 kg/mm.
  - b. Lama rendaman 60 menit; Stabilitas 1050,20 kg, *Flow* 3,60mm, VIM 5,684%, VFB 73,296%, Berat isi 2,309 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 291,722 kg/mm.
  - c. Lama rendaman 12 jam; Stabilitas 1006,84 kg, *Flow* 3,80mm, VIM 5,639%, VFB 73,452%, Berat isi 2,311 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 265,268 kg/mm.
  - d. Lama rendaman 24 jam; Stabilitas 963,49 kg, *Flow* 4,07mm, VIM 5,645%, VFB 73,433%, Berat isi 2,310 gram/m<sup>3</sup> dan MQ 236,935 kg/mm.
6. Berdasarkan hasil penelitian durabilitas pada campuran HRS-WC komposisi I didapat:
- a. Lama rendaman 30 menit; Stabilitas 1108,010 kg, IKS 100% (karena merupakan rendaman awal), IDP 0% (karena merupakan rendaman awal), IDK 0% (karena merupakan rendaman awal) dan RMS 100% (karena merupakan rendaman awal)

- b. Lama rendaman 60 menit; Stabilitas 1098,375 kg, IKS 99,130%, IDP 1,739%, IDK 0,217% dan RMS 99,783%
- c. Lama rendaman 12 jam; Stabilitas 1050,200 kg, IKS 94,783%, IDP 0,454%, IDK 2,500% dan RMS 97,500%
- d. Lama rendaman 24 jam; Stabilitas 1006,844 kg, IKS 90,870%, IDP 0,389%, IDK 4,470% dan RMS 95,530%

Berdasarkan hasil penelitian durabilitas pada campuran HRS-WC komposisi I didapat:

- a. Lama rendaman 30 menit; Stabilitas 1064,653 kg, IKS 100% (karena merupakan rendaman awal), IDP 0% (karena merupakan rendaman awal), IDK 0% (karena merupakan rendaman awal) dan RMS 100% (karena merupakan rendaman awal)
  - b. Lama rendaman 60 menit; Stabilitas 1050,200 kg, IKS 98,643%, IDP 2,715%, IDK 0,339% dan RMS 99,661%
  - c. Lama rendaman 12 jam; Stabilitas 1006,844 kg, IKS 94,570%, IDP 0,472%, IDK 2,602% dan RMS 97,398%
  - d. Lama rendaman 24 jam; Stabilitas 963,487 kg, IKS 90,498%, IDP 0,404%, IDK 4,652% dan RMS 95,348%
7. Berdasarkan hasil penelitian durabilitas pada komposisi I dan komposisi II dilihat dari nilai RMS pada rendaman terakhir yaitu rendaman 24 jam, nilai RMS pada komposisi I yaitu sebesar 95,530% dan nilai RMS komposisi II yaitu sebesar 95,348%, nilai RMS dari

komposisi I dan komposisi II hampir sama dan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk fraksi agregat agar bisa dikombinasikan dengan agregat pendukung seperti *filler*.
2. Untuk lama perendaman *Marshall* sebaiknya dapat ditambah lagi dengan asumsi lama perendaman sampai 1 minggu atau lebih lama lagi untuk mendapatkan nilai parameter durabilitas lainnya.
3. Sebaiknya penelitian ini dapat berlanjut dengan mengkombinasikan agregat lainnya yang berasal dari berbagai daerah untuk melihat hasil durabilitas yang didapat dari masing-masing agregat.
4. Sebaiknya penelitian ini dapat dipadukan dengan memvariasikan jumlah tumbukkan, memvariasikan suhu pemadatan benda uji atau memvariasikan suhu rendaman untuk mengetahui parameter *Marshall* dan durabilitas campuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2018. **Spesifikasi Umum Devisi 6 Bina Marga**. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Craus, J, Ishai, I, and Sides, A. (1981). *Durability of bituminous paving mixtures as related to filler type and properties*. Proceedings Associations of Asphalt Paving Technologist, San Diego, California, vol. 50, pp. 291-316.
- Destarino. 2019. *Pengaruh Variasi Suhu Pemadatan Terhadap Tingkat Durabilitas Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. Tugas Akhir Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hidayat. 2016. *Efek Variasi Jenis Agregat Terhadap Karakteristik Dan Durabilitas Marshall Laboratorium*. Tugas Akhir Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kerbs, R.D. and Walker. 1971. *Highway Material*. Mc.Graw-Hill Book Company. New York.
- Nahyo, Sudarno, Bagus H.S. 2015. *Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) Akibat Rendaman Menerus dan Berkalan Air Rob*. Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Patu, F.T. 2015. *Analisis Indeks Durabilitas Campuran Beraspal Berbasis Asbuton Laewe*. Tugas Akhir Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Raymondhi. 2019. *Analisis Perbandingan Kombinasi Agregat Kasar Dan Agregat Halus Dari Muara Teweh (Kabupaten Barito Utara) Dan Sungai Lunuk (Kabupaten Murung Raya) Pada Campuran HRS-WC*. Tugas Akhir Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Suprpto. 2004. *Fungsi Lapis Perkerasan*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.