

SKRIPSI

**PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG
SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN *HRS-BASE***

Oleh

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128



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

SKRIPSI

PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG
SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN *HRS-BASE*

oleh

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128

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

Palangka Raya, November 2022

Pembimbing Utama,



INA ELVINA, S.T., M.T.
NIP. 19770816 200812 2 001

Pembimbing Pendamping,



Ir. SUPRIYAN, M.T.
NIP. 19640220 199302 1 001

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua



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

**PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG
SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN HRS-BASE**

SKRIPSI

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

Oleh:

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : Rabu, 16 November 2022
Waktu : 13.00 – 15.00 WIB
Tempat : Audiovisual (offline)

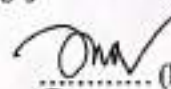
Tim Penguji:


1. **INA ELVINA, S.T., M.T.**
NIP. 19770816 200812 2 001

2. **Ir. SUPIYAN, M.T.**
NIP. 19640220 199302 1 001

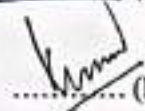
3. **SALONTEN, S.T., M.T.**
NIP. 19771203 200212 1 002

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


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


..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)


..... (Penguji 3)


..... (Penguji 4)

Mengetahui:



Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,


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

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Sandiyoga Kurniawan
NIM : DAB 116 128
Tempat, Tanggal Lahir : Jayapura, 23 April 1999
Status : Belum Menikah
Agama : Kristen Protestan
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat di Palangka Raya : Jl. Dahlia No. 25
No. Telp Rumah : -
Alamat Asal : Desa Tumbang Lahang
Email : yogaalung62@gmail.com
No. Hp : 0813 4081 4664
No. Wa : 0813 4081 4664
Facebook : -
Instagram : syoga.k.id
Line : -
Nama Ayah : (Alm) Ir. Budi Wijono
Pekerjaan Ayah : Swasta
Alamat : -
No. Hp : -
Nama Ibu : Rusnalin
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga
Alamat : Jl. Dahlia No. 25
No. Hp : 081251670777
Wali : -



Riwayat Pendidikan*)

- SD : SD Negeri Percobaan Palangka Raya (2004-2010)
- SLTP : SMP Negeri 6 Palangka Raya (2010-2013)
- SLTA : SMK Negeri 1 Palangka Raya (2013-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan September tahun 2016.

Palangka Raya, Agustus 2022
Yang membuat pernyataan,

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, pertolongan dan anugerah-Nya melalui orang-orang yang membimbing dan mendukung dengan berbagai cara sehingga penulis dapat menulis dan menyelesaikan skripsi ini.

ORANG TUA

Terima kasih saya ucapkan kepada Ibu saya Rusnalin dan juga Ayah saya Hursandik Tingkes, atas segala hal dan perjuangan yang telah diberikan di dalam hidup saya, saya bersyukur kepada Allah telah memberikan kedua orang tua yang hebat di dalam hidup saya. Keduanya lah yang membuat segalanya menjadi mungkin sehingga saya bisa sampai pada tahap di mana skripsi ini akhirnya selesai. Terima kasih atas segala tetesan keringatmu, jerih payahmu, doa mu selalu menyertai langkahku. Dukungan kedua orang tua saya adalah kekuatan yang besar dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya persembahkan buat kedua orang tua saya, semoga ini menjadi awal kedepannya untuk membuat kedua orang tua saya bangga dan bahagia.

KELUARGA

Terima kasih saya ucapkan kepada adek saya yang telah banyak sekali membantu saya sehingga saya biasa menyelesaikan perkuliahan dan juga kepada keluarga saya untuk segala dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

TEMAN-TEMAN TEKNIK SIPIL (ANGKATAN 2016)

Untuk teman-teman Teknik sipil Angkatan 2016 skripsi ini saya persembahkan untuk kalian, terima kasih banyak atas support, masukan, saran dan segala kebaikan yang telah kalian perbuat dalam kehidupan saya yang tidak akan pernah saya lupakan.

DOSEN TERHORMAT

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, atas segala pengajaran dan bimbingannya selama saya menjadi mahasiswi Teknik Sipil UPR. Terimakasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing Skripsi Saya Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Supiyan, M.T. dan dosen penguji Skripsi saya Bapak Salonten, S.T., M.T, dan Bapak Ir. Desriantomy, M.T. yang telah membimbing saya selama pengerjaan Skripsi ini hingga dapat terselesaikan dan terima kasih untuk ilmu dan pengajaran yang telah di ajarkan kepada saya.

ORANG SPESIAL

Terima kasih untuk Yurina Kristiana. S. Ars dan grup laboratorium atas dukungan, doa, kebaikan dan perhatiannya yang diberikan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.

SURAT PERNYATAAN

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

Palangka Raya, November 2022

Yang membuat pernyataan,

A 10,000 Indonesian Rupiah meter stamp is shown. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAN TEMPEL' and '10000'. The serial number 'SA545AJXD17204510' is visible at the bottom. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

SANDIYOGA KURNIAWAN

NIM. DAB 116 128

RINGKASAN

PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN *HRS-BASE*, Sandiyoga Kurniawan, 2022
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Perkerasan jalan merupakan suatu struktur perkerasan yang berada diatas tanah, berfungsi untuk menampung beban lalu lintas yang melintasi diatasnya. Penelitian ini dilakukan sebagai uji coba dengan memanfaatkan batu bekas tambang emas yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan komposisi limbah batu bekas tambang emas dicampur dengan batu eks. palu pada pembuatan campuran *HRS-BASE (Hot Rolled Sheet - Base)*. Penelitian ini untuk mengetahui apakah batu bekas tambang emas dari Desa Sepang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran (*Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*) untuk perkerasan jalan terhadap nilai karakteristik marshall.

Menganalisis sifat-sifat fisik dari batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar *Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE)*. Menganalisis nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan menggunakan batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*. Menganalisis nilai Kadar maksimum batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE)*. Menganalisis komposisi agregat kasar pengganti sebagian yang dihasilkan dalam campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE)*. Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk menganalisis penggunaan batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian dalam lapisan *Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE)*. Dalam penelitian di laboratorium ini diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap proporsi campuran (*Hot Rolled Sheet-Base*) yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji (briket) untuk dilakukan uji Marshall sehingga diketahui karakteristik campuran tersebut.

Dilihat dari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) didapat nilai parameter Marshall pada masing-masing komposisi, sebagai berikut: pada komposisi I dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,32% didapat nilai stabilitas 936,547 kg, *VMA* 20,079%, rongga dalam campuran (*VIM*) 5,37%, rongga terisi aspal (*VFB*) 78,238% dan hasil bagi Marshall 291,716 kg/mm. Kadar bahan pengganti sebagian maksimum untuk campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE)* dari agregat kasar pengganti sebagian yang di dapat dari hasil pengujian laboratorium fakultas Teknik Universitas Palangka Raya adalah pada kadar batu tambang 45%.

Kata Kunci: *Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE)*, Kadar Aspal Optimum (KAO), *Batu Bekas Tambang Emas Dari Desa Sepang*, Agregat Kasar.

SUMMARY

UTILIZATION OF EX-GOLD MINING STONE FROM SEPANG VILLAGE AS A COARD AGGREGATE IN HRS-BASE MIXTURE, Sandiyoga Kurniawan, 2022, Department/Study Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya

Road pavement is a pavement structure that is above the ground, serves to accommodate the traffic load that crosses above it. This research was conducted as a trial by utilizing ex-gold mine stone which will be used as a partial replacement for coarse aggregate with the composition of ex-gold mine waste stone mixed with ex-stone. hammer on the manufacture of HRS-BASE (Hot Rolled Sheet - Base) mixture. This research is to find out whether the ex-gold mining stone can be used as a partial replacement for coarse aggregate in the mixture (Hot Rolled Sheet - Base) (HRS - BASE) for road pavement on the value of marshall characteristics.

Analyzing the physical properties of ex-gold mine rock as coarse aggregate Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE). Analyzing the value of Marshall characteristics produced by using ex-gold mine stone as coarse aggregate to replace part of Ex stone. Hammer on Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE) mix. Analyzing the value of the Optimum Grade of ex-gold mine stone as coarse aggregate to replace part of the ex. stone. Hammer on Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE) mix. Analyzing the composition of partially substituted coarse aggregate produced in Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE) mixtures. This study uses a laboratory test method, which is to analyze the use of ex-gold mine stone as a partial replacement of coarse aggregate in the Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE) layer. In this laboratory research, observations and examinations were made of the proportion of the mixture (Hot Rolled Sheet-Base) that met the specifications. The resulting data is used for the design of the mixture, then a test object (briquette) is made for the Marshall test so that the characteristics of the mixture are known.

Judging from the value of Optimum Asphalt Content (KAO), the parameter value obtained is Marshall on each composition, as follows: on composition I with Optimum Asphalt Content (KAO) of 7.32% obtained stability value 936,547 kg, VMA 20.079%, cavity in mixture (VIM) 5.37%, cavity filled asphalt (VFB) 78.238% and Marshall quotient 291.716 kg/mm. Maximum partial additive content for Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE) mix of The partial replacement of coarse aggregate obtained from the results of laboratory testing of the Faculty of Engineering, University of Palangka Raya is the addition of 45% of quarry stone.

Keywords: Hot Rolled Sheet Base (HRS-BASE), Asphalt Content Optimum (KAO), Former Gold Mine Stone from Sepang Village, Coarse Aggregate.

PRAKATA

Puji dan Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala Berkat, Karunia dan Anugerah-Nya sehingga penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan dan kemudian diajukan pada Ujian Skripsi.

Skripsi dengan judul “**PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN *HRS-BASE***” disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, tidak lupa diucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

7. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.
9. Bapak Ir. Supiyan, M.T. selaku Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.
10. Bapak Salonten, S.T., M.T. selaku Penguji 3 Skripsi.
11. Bapak Ir. Desriantomy, M.T. selaku Penguji 4 Skripsi.
12. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Teman-teman Mahasiswa Fakultas Teknik khususnya keluarga besar Teknik Sipil 2016 dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

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 di masa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, Oktober 2022

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128

PRAKATA

Puji dan Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala Berkat, Karunia dan Anugerah-Nya sehingga penyusunan Skripsi ini dapat diselesaikan dan kemudian diajukan pada Ujian Skripsi.

Skripsi dengan judul “**PEMANFAATAN BATU BEKAS TAMBANG EMAS DARI DESA SEPANG SEBAGAI AGREGAT PADA CAMPURAN *HRS-BASE***” disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, tidak lupa diucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

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

Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

7. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. selaku Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.
9. Bapak Ir. Supiyan, M.T. selaku Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.
10. Bapak Salonten, S.T., M.T. selaku Penguji 3 Skripsi.
11. Bapak Ir. Desriantomy, M.T. selaku Penguji 4 Skripsi.
12. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
13. Teman-teman Mahasiswa Fakultas Teknik khususnya keluarga besar Teknik Sipil 2016 dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

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 di masa yang akan datang. Terima Kasih.

Palangka Raya, Oktober 2022

SANDIYOGA KURNIAWAN
NIM. DAB 116 128

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BIODATA PENULIS.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
1.7 Lokasi Pengambilan Material	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	7
2.2 Lapisan Permukaan (<i>Surface Course</i>).....	9
2.3 Hot Rolled Sheet (<i>HRS</i>)	12
2.4 Agregat	13
2.4.1 Agregat Kasar.....	14
2.4.2 Agregat Halus.....	16
2.4.3 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	16
2.4.4 Gradasi Agregat Gabungan	17
2.5 Aspal.....	18
2.6 Karakteristik Campuran Aspal	21
2.7 Metode Perencanaan Campuran	27
2.8 Pengujian Marshall.....	32
2.9 Penelitian Terdahulu	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Umum.....	35
3.2 Pengambilan Material	35
3.3 Pengambilan Data Sampel	36
3.4 Bahan Penelitian.....	36
3.5 Alat-alat Penelitian	37
3.5.1 Alat Untuk Mengukur Sifat Fisik Agregat	37
3.5.2 Alat Pembuatan Dan Pemeriksaan Benda Uji	40
3.6 Cara Penelitian	42

3.6.1	Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat.....	42
3.6.2	Pemeriksaan Gradasi Agregat.....	42
3.6.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	43
3.7	Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>).....	49
3.7.1	Penentuan Proporsi Campuran Terhadap Total Agregat	50
3.7.2	Pembuatan Benda Uji	51
3.7.3	Pemeriksaan Benda Uji (<i>Tes Marshall</i>).....	53
3.8	Bagan Alir Penelitian	55
3.9	Tahapan Penelitian	57
BAB IV METODE PENELITIAN		58
4.1	Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium.....	58
4.1.1.	Pengujian Sifat-sifat Fisik Agregat.....	58
4.1.2.	Perencanaan Campuran.....	59
4.2	Pengujian Marshall.....	64
4.2.1.	Persiapan Pengujian Marshall.....	64
4.2.2.	Perhitungan Pengisian Tabel Pengujian Marshall	64
4.3	Analisis Hasil Pengujian Marshall Dengan Variasi Kadar Aspal.....	67
4.3.1.	Hubungan Stabilitas terhadap Kadar Aspal	68
4.3.2.	Hubungan Rongga Antar Agregat (<i>VMA</i>) terhadap Variasi Kadar Aspal	69
4.3.3.	Hubungan Rongga Udara Dalam Campuran (<i>VIM</i>) terhadap Variasi Kadar Aspal	70
4.3.4.	Hubungan Rongga Terisi Aspal (<i>VFB</i>) terhadap Variasi Kadar Aspal	72

4.3.5. Hubungan Hasil Bagi Marshall (<i>MQ</i>) terhadap Variasi Kadar Aspal	73
4.4 Analisis Saringan Agregat Kasar Bahan Pengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas.....	75
4.5 Analisis Hasil Pengujian Marshall Dengan Bahan Pengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas	76
4.5.1. Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Penambahan Kadar Agregat Kasar Pengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas	77
4.5.2. Hubungan Rongga Antar Agregat (<i>VMA</i>) Terhadap Variasi Agregat Kasar Batu Bekas Tambang Emas.....	78
4.5.3. Hubungan Rongga Udara Dalam Campuran (<i>Void In Mixture/ VIM</i>) Terhadap Variasi Kadar Agregat KasarPengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas.....	79
4.5.4. Hubungan Rongga Terisi Aspal (<i>Void Filled With Bitumen/VFB</i>) terhadap Variasi Kadar Agregat Kasar Pengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas.....	80
4.5.5. Hubungan Hasil Bagi Marshall (<i>Marshall Quotient</i>) terhadap Variasi Kadar Agregat Kasar Pengganti Sebagian Batu Bekas Tambang Emas	81
BAB V PENUTUP.....	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	88

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	9
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar	15
Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar	15
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus	16
Tabel 2.5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	18
Tabel 2.6 Contoh Batas-batas “Bahan Bergradasi Senjang”	18
Tabel 2.7 Ketentuan Aspal Keras	20
Tabel 2.8 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston	27
Tabel 4.1 Hasil Analisa Saringan Masing-masing Agregat	58
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Masing-masing Agregat	59
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal	59
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i>	60
Tabel 4.5 Rencana Komposisi Campuran	63
Tabel 4.6 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat	65
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall	68
Tabel 4.8 Nilai Parameter Karakteristik Marshall Pada Kadar Aspal Optimum ...	75
Tabel 4.9 Analisis Saringan Agregat Kasar Batu Bekas Tambang Emas	75
Tabel 4.10 Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Persentase Bahan Tambah Batu Bekas Tambang Emas	76
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambah Batu Bekas Tambang Emas Dari Desa Sepang	76

Tabel 4.12 Nilai Parameter Marshall pada Kadar Batu Bekas Tambang	
Maksimum	82
Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran Tanpa Batu	
Tambang dan dengan Menggunakan Kadar Penambahan Batu	
Tambang Maksimum.....	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lokasi Penelitian	4
Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Agregat Kasar	5
Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan Agregat Halus	5
Gambar 1.4 Lokasi Pengambilan agregat halus berupa pasir Eks. Tangkiling.....	6
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	56
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal	60
Gambar 4.2 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i>	61
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal	69
Gambar 4.4 Hubungan Rongga Antar Agregat (VMA) terhadap Variasi Kadar Aspal	70
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (VIM) terhadap Variasi Kadar Aspal.....	71
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (VFB) terhadap Variasi Kadar Aspal.....	72
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Kadar Aspal.....	73
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)	74
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Penambahan Kadar Batu Bekas Tambang Emas	77
Gambar 4.10 Hubungan Rongga Antar Agregat (VMA) terhadap Variasi Agregat Kasar Batu Bekas Tambang Emas	78
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (VIM)	

terhadap Variasi Penambahan Kadar Batu Bekas Tambang Emas 79

Gambar 4.12 Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (VFB) terhadap Variasi Penambahan Kadar Batu Bekas Tambang	80
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Penambahan Batu Bekas Tambang Emas	81
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Penambahan Batu Bekas Tambang	82

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Eks.Palu	88
2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Eks. Palu.....	89
3. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Abu Batu Eks. Palu.....	90
4. Grafik Analisa Saringan Abu Batu Eks. Palu	91
5. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Pasir Eks. Tangkiling	92
6. Grafik Analisa Saringan Pasir Eks.Tangkiling	93
7. Grafik Gradasi Gabungan Analisa Saringan	94
8. Tabel Gradasi Gabungan Metode Diagonal.....	95
9. Tabel Gradasi Gabungan Metode <i>Trial and Error</i>	96
10. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Eks. Palu.....	97
11. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu Eks. Palu.....	98
12. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir Eks. Tangkiling.....	99
13. Hasil Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i> Pasir Eks. Tangkiling	100
14. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Eks. Palu.....	101
15. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Batu Bekas Tambang Emas	102
16. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Komposisi I	103
17. Hasil Percobaan Marshall I.....	104
18. Grafik Hubungan Parameter Marshall I.....	105
19. Hasil Percobaan Marshall II.....	106
20. Grafik Hubungan Parameter Marshall II.....	107
21. Tabel Korelasi Stabilitas Terhadap Isi Benda Uji.....	108
22. Dokumentasi Penelitian	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan merupakan suatu struktur perkerasan yang berada diatas tanah, berfungsi untuk menampung beban lalu lintas yang melintasi diatasnya. Peranan perkerasan jalan sangat penting sehingga dibutuhkan perkerasan jalan yang memiliki kualitas baik agar lalu lintas menjadi lancar demi memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Untuk membuat perkerasan jalan yang memiliki tingkat kualitas yang baik diperlukan juga material agregat yang banyak karena salah satu struktur utama dalam pembuatan campuran perkerasan merupakan agregat, disisi lain penggunaan agregat secara terus menerus dalam jumlah besar dapat berdampak pada masalah lingkungan. Sehingga diperlukan alternatif bahan tambah sebagian lain untuk material perkerasan jalan.

Penelitian ini dilakukan sebagai uji coba dengan memanfaatkan batu bekas tambang emas yang akan digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan komposisi limbah batu bekas tambang emas dicampur dengan batu eks. palu pada pembuatan campuran *HRS-BASE (Hot Rolled Sheet - Base)*. Metode Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk mengetahui apakah batu bekas tambang emas dapat dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *(Hot Rolled Sheet - Base) (HRS - BASE)* untuk perkerasan jalan terhadap nilai karakteristik *marshall*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah batu bekas tambang emas dari Desa Sepang dapat memenuhi spesifikasi sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*?
2. Berapa nilai karakteristik Marshall penggunaan batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu dengan kadar yang sudah direncanakan pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*?
3. Berapa nilai Kadar agregat kasar Maksimum yang dihasilkan dari batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis sifat-sifat fisik dari batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE)*.
2. Menganalisis nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan menggunakan batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS - BASE)*.
3. Menganalisis nilai Kadar Maksimum batu bekas tambang emas sebagai agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu pada campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS-BASE)*.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, adapun lingkup penelitian ini terbatas pada:

1. Pemeriksaan sifat-sifat agregat kasar berdasarkan metode dan standar Bina Marga.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu Eks. Palu dengan batu kerikil bekas tambang emas dari Desa Sepang, Kabupaten Gunung Mas
4. Agregat halus berupa Abu batu diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Kalindra Utama Jalan Trans Kalimantan Palangka Raya dan agregat halus berupa pasir diambil dari Tangkiling, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya.
5. Jenis batu bekas tambang emas tidak ditinjau.
6. Penelitian ini bersifat uji laboratorium

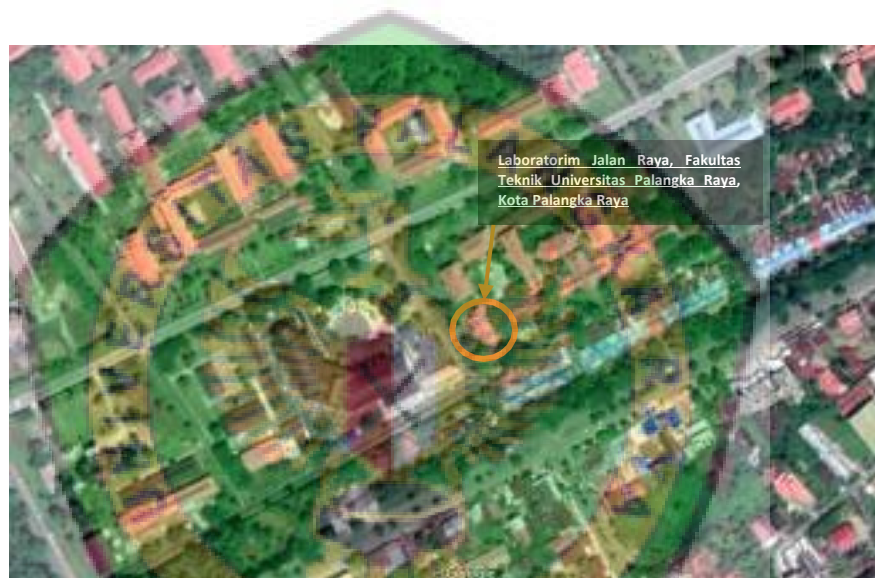
1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana penggunaan limbah batu bekas tambang emas dari Desa Sepang, Kabupaten Gunung Mas sebagai campuran agregat kasar pengganti sebagian batu Eks. Palu dalam campuran *Hot Rolled Sheet - Base (HRS -BASE)* dan juga menjadi salah satu langkah untuk memanfaatkan limbah batu tambang

emas sebagai penanganan untuk mengurangi limbah hasil tambang emas dengan meningkatkan nilai fungsinya.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pelaksanaan pengujian dilakukan di laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps

1.7 Lokasi Pengambilan Material

Pengambilan material berupa agregat kasar diambil dari Desa Sepang, Kecamatan Sepang, Kabupaten Gunung Mas dan batu Eks. Palu pada *Stockfile* yang berada di *Asphalt Mixing Plant (AMP) PT. Kalindra Utama*. Agregat halus berupa pasir diambil dari Tangkiling, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya.



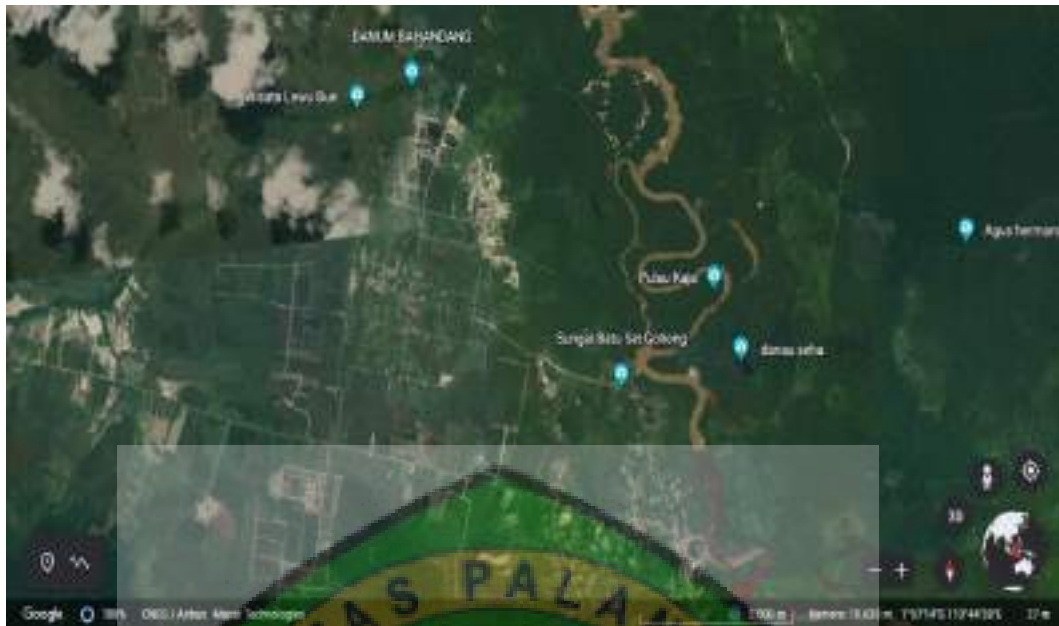
Sumber: Google Earth

Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan agregat kasar batu bekas Tambang Emas di Desa Sepang, Kabupaten Gunung Mas



Sumber: Google Earth

Gambar 1.3 Lokasi Pengambilan agregat kasar batu Eks. Palu dan agregat halus



Sumber: Google Earth

Gambar 1.4 Lokasi Pengambilan agregat halus berupa pasir Eks. Tangkiling

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih (yang lebih baik), yang selanjutnya disebut lapis keras/perkerasan/pavement. (Suprpto,2004).

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

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat antar material. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan meneruskan serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur (*flexibel pavement*) merupakan

perkerasan yang terdiri atas beberapa lapis perkerasan. Susunan lapisan perkerasan lentur secara ideal antara lain lapis tanah dasar (*subgrade*), sembilan lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*basecourse*), dan lapisan permukaan (*surface course*).

2. Kontruksi Perkerasan Kaku (Rigid Pavement).

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan ikat antar materialnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dilimpahkan ke pelat beton, bagian dari perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton (*blinding concrete*/beton lantai kerja), lapisan plat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak ada (Sukirman,2003).

3. Konstruksi perkerasan komposit (Composite Pavement).

Adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku. atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) diatasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Perbedaan	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetesi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (Mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4	Perubahan Tempertur	Modulus kekakuan berubah dan timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah dan timbul tegangan dalam yang besar

2.2 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Menurut Sukirman (2003), konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Bahan yang umum digunakan dalam perkerasan lentur adalah agregat dan aspal yang berfungsi untuk menyebarkan beban lalu lintas ke lapisan bawahnya. Lapis permukaan adalah bagian yang terletak paling atas, adapun fungsi dari lapis permukaan sebagai berikut:

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

Menurut Sukirman (2003), guna dapat memenuhi fungsi tersebut pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan tahan lama. Jenis lapisan permukaan yang sering digunakan di Indonesia pada umumnya terdiri dari:

1. Lapisan bersifat *non-structural*, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air, antara lain:
 - a. Laburan aspal satu lapis (burtu), merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
 - b. Laburan aspal dua lapis (burda), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
 - c. Lapis tipis aspal pasir (latasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal 1-2 cm.
 - d. Laburan aspal (buras), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butiran maksimum 3/8 inch.
 - e. Lapisan tipis asbuton murni (latasbum), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
 - f. Lapis tipis aspal beton (lataston), dikenal dengan nama HRS (*hot roll sheet*), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara

agrega bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal pada tantara 2,5-3 cm.

2. Lapisan bersifat *structural*, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda, antara lain:
 - a. Peneterasi Macadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4-10 cm.
 - b. Lapis asbuton campuran dingin (lasbutag), merupakan campuran yang terdiri dari agregat aksar, agregat halus, asbuton, bahan pelunak dan mineral pengisi yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3-5 cm.
 - c. Lapis aspal beton (laston), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

2.3 Hot Rolled Sheet (*HRS*)

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

Dalam kurun waktu beberapa tahun belakangan ini, *Hot Rolled Sheet (HRS)* telah banyak digunakan di Indonesia sebagai lapisan permukaan karena sifatnya yang kedap air serta tahan lama. Sifat agregat yang bergradasi senjang serta mengandung sangat sedikit agregat yang berukuran sedang sehingga campuran dapat menyerap kadar aspal yang relatif tinggi. Hal ini menyebabkan *Hot Rolled Sheet (HRS)* ini juga memberikan suatu permukaan yang sanggup menerima beban tanpa retak. Rancangan campuran perkerasan aspal meliputi pemilihan jenis aspal, pemilihan material agregat serta penentuan proporsi yang optimum dari agregat dan aspal dalam campuran.

Menurut Spesifikasi Bina Marga terakhir tahun 2010 campuran beraspal panas jenis *Hot Rolled Sheet (HRS)* terbagi atas 2 jenis yaitu:

1. *Hot Rolled Sheet (HRS)* sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *HRS-WC* adalah 3 cm.
2. *Hot Rolled Sheet (HRS)* sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-Base)*. Tebal nominal minimum *HRS-Base* adalah 3,5 cm.

Rancangan campuran ini harus mempertimbangkan sifat-sifat kekuatan, ketahanan terhadap retak, ketahanan terhadap kelelahan, kelenturan, kekesatan, kedap air dan mudah dikerjakan.

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

1. Aspal yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
2. Stabilitas campuran yang cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas tanpa terjadi kerusakan atau penurunan.
3. Rongga yang cukup di dalam total campuran yang telah dipadatkan untuk menyediakan sedikit penambahan pemadatan oleh beban lalu lintas dan untuk menyediakan sedikit ruang pemekaran aspal akibat kenaikan suhu tanpa terjadi pembilasan, *bleeding* dan kehilangan stabilitas.
4. Membatasi kadar rongga untuk membatasi permeabilitas bahan terhadap masuknya udara dan kelembaban yang sangat berbahaya ke dalam perkerasan.
5. Kemudahan pengerjaan yang cukup untuk memberikan kemudahan dan efisiensi didalam penghamparan tanpa terjadi segregasi dan tanpa mengorbankan stabilitas dan performanya. Untuk campuran lapis permukaan, agregat harus memiliki tekstur permukaan dan kekerasan untuk menyediakan tahanan gesek yang cukup pada kondisi cuaca buruk.

2.4 Agregat

Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal (solid). ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu

bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen- fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sukirman, 2003)

Agregat terdiri dari agregat alam, agregat buatan. Agregat alam diperoleh secara alamiah di alam ini, dengan sedikit pengeolahan, seperti pasir dan kerikil. Agregat alam dapat ditemukan di alam terbuka diistilahkan sebagai *pitrun*, dan diambil dari sungai disebut *bankrun*. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*), untuk dijadikan material yang memenuhi syarat sebagai bahan perkerasan jalan.

Berbagai macam ukuran butir dari hasil pemecah batu ini sesuai dengan kebutuhan gradasi komponen perkerasan. Residu dari hasil pemecahan berupa abu batu yang dapat digunakan sebagai bahan *filler* (material pengisi) campuran dari bahan-bahan agregat dan aspal tersebut. Sumber lain bahan *filler* berasal dari produksi semen dan kapur, berupa abu semen dan abu kapur. Masing-masing harus dicermati sifat absorpsi (penyerapan) aspal.

Berdasarkan klasifikasi dimensi butiran dibedakan menjadi agregat butiran kasar dan agregat butiran halus. adalah sebagai berikut:

2.4.1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan

ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
	Magnesium Sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6%
		500 putaran	Maks 30%
	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
	Lainnya		95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	SNI 8287:2016	Maks 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks 1%

Sumber: Bina Marga 2018 Revisi 2

Batu ini merupakan batu dari hasil limbah tambang emas yang berasal dari Desa Sepang. Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2, agregat kasar dari bahan manapun, harus lolos saringan 4 (4,75 mm) dapat terdiri atas batu pecah, kerikil pecah yang keras, awet dan bersih dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Material agregat kasar harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel.

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar

No	Pengujian	Spesifikasi
1.	Abrasi (%)	Maks. 40
2.	Berat Jenis Bulk (gr/cm ³)	Min. 2,5
3.	Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar Lanjutan

No	Pengujian	Spesifikasi
4.	Berat Jenis Semu (gr/cm ³)	
5.	Penyerapan (%)	Maks. 3
6.	Material Lolos Saringan No. 200 (%)	Maks. 2

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 revisi 3, 2015

2.4.2. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikendaki lainnya. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Table 2.3

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	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: Bina Marga 2018 revisi 2

2.4.3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler atau bahan pengisi merupakan material yang mengisi ruang antara agregat halus dan agregat kasar yang akan meningkatkan kepadatan. *Filler* merupakan material kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan yang lolos ayakan No. 200 dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. *Filler* dalam campuran berfungsi bersama-sama aspal sebagai pelumas dan mengikat agregat halus. Selain itu *filler* juga

sebagian diserap oleh aspal sehingga dapat meningkatkan volume dan kepadatan. *Filler* yang dapat ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust, Calcium Carbonate, CaCO₃*), atau debu kapur padam (*hydrate lime*) yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2006), semen atau mineral yang berasal dari Asbuton (Aspal Buton) yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Jika digunakan aspal modifikasi dari jenis Asbuton yang diproses maka bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) sudah memperhitungkan kadar *filler* yang terkandung dalam Asbuton tersebut (Bina Marga Revisi 3, 2010).

2.4.4. 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 2.4). Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.4). 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). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan Tabel 2.5) di bawah ini, Pengawas Pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut asalkan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.7). (Bina Marga 2018 Revisi 2)

Tabel 2.5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber: Bina Marga 2018 Revisi 2

Tabel 2.6 Contoh Batas-batas "Bahan Bergradasi Senjang"

Ukuran Ayakan	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
% lolos No.8	40	50	60	70
% lolos No.30	paling sedikit 32	paling sedikit 40	paling sedikit 48	paling sedikit 56
% kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

Sumber: Bina Marga 2018 Revisi 2

2.5 Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesive, kedai air dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan yang plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh

lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali dan garam-garaman. Pada suhu atmosfer, aspal akan berupa benda padat atau semi padat, tetapi aspal akan mudah dicairkan jika dipanaskan, atau dilakukan pencampuran dengan pengencer petroleum dalam berbagai kekentalan atau dengan membuat emulsi bahan alam yang terkandung dalam hampir semua minyak bumi yang diperoleh sebagai hasil penyulingan.

Definisi aspal adalah campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral, sedangkan yang dimaksud dengan bitumen adalah bahan yang berwarna coklat hingga hitam, berbentuk keras hingga cair, mempunyai sifat lekat yang baik, larut dalam CS_2 dan CCl_4 dan mempunyai sifat berlemak dan tidak larut dalam air.

Secara kimiawi bitumen terdiri dari gugusan aromatik, naphthen dan alkan sebagai bagian-bagian terpenting dan secara kimia fisika merupakan campuran yang padat (*asphaltene*) berada dalam fase cairan yang disebut malteng. Hendarsin, Shirley L. (2000)

Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan. Sedangkan sifat aspal lainnya adalah:

1. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologis*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis.

2. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.
3. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.
4. Sifat *Adhesi* dan *Kohesi*, *Adhesi* adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat dalam campuran. Sedangkan, *Kohesi* adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan ikatan antar agregat tetap pada tempatnya (stabil)

Aspal umum yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 60-

70 dan berikut adalah ketentuan untuk aspal keras:

Tabel 2.7 Ketentuan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
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) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	

Tabel 2.7 Ketentuan Aspal Keras Lanjutan

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100		
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber: Bina Marga 2018 Revisi 2

2.6 Karakteristik Campuran Aspal

Campuran beraspal dapat terdiri dari agregat, bahan pengisi, bahan adiktif dan aspal. Karakteristik campuran diperoleh melalui analisis hasil rancangan dan percobaan dilaboratorium dan juga dilapangan yang dilakukan selama pencampuran material dan pemadatan. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan aspal jalan raya kelas satu hingga dibawahnya.

Bilamana agregat dicampurkan dengan aspal, akan ada beberapa kondisi umum yang terjadi, yaitu permukaan agregat akan diselimuti aspal, diikuti

dengan pori-pori agregat. Demikian pula dengan rongga diantara butiran agregat akan terisi aspal. Namun baik pori-pori agregat, maupun rongga diantara agregat, tidak selalu terisi penuh oleh aspal, ada bagian tersisa yang pasti terisi oleh udara. Makin banyak kadar aspal, makin banyak ruang dan pori yang terisi oleh aspal. Selama partikel tidak diselimuti bahan yang tidak diinginkan misalnya lempung, atau rongga cukup bersih, atau absorbs masih dalam batas toleransi, jumlah nominal kadar aspal yang digunakan juga akan terjaga dengan baik. Shirley (2000)

Menurut Silvia Sukirman 2003, terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal. Berikut adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja.

Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butiran, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

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

Agregat dengan gradasi baik, atau bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*Void In Mineral Aggregate*) yang kecil untuk menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat, *Void In Mineral Aggregate* (VMA) yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan selimut aspal yang tipis. Selimut aspal yang tipis akan mudah terlepas yang mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*Void In Mix = VIM*) yang kecil.

2. Keawetan (Durability)

Keawetan adalah kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antar roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal (*film*), banyaknya pori-pori dalam campuran, kepadatan dan kedapnya air dalam campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat dengan baik, aspal beton akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. (*Void In Mineral = VIM*) kecil sehingga lapis kedap air dan udara

tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).

- b. (*Void In Mineral Aggregate = VMA*) besar sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya bleeding cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Selimut aspal (*Film*), aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan atau *fleksibility* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Kelenturan dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

Untuk mendapatkan kelenturan yang tinggi dapat diperoleh dengan:

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

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

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

5. Kekesatan/Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

Tinggi nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:

- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
- c. Penggunaan agregat kasar yang cukup.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang

mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

2.7 Metode Perencanaan Campuran

Metode perencanaan campuran tentunya diperlukan untuk memenuhi spesifikasi. Sehingga didapatkan hasil campuran yang diharapkan memenuhi kriteria yang baik dan agregat yang tersedia.

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

Tabel 2.8 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Fondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per bidang		50	
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min.	3,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	17	17
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	600	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90	

Sumber: Bina Marga 2018 Revisi 2

Rencana ketebalan didasarkan kepada pembahasan berikut:

1. Perpanjangan relative horizontal pada lapisan di bawah aspal, untuk mengurangi retak akibat kelelahan pada asphalt concrete

2. Tegangan tekanan vertikal pada permukaan lapisan subgrade, untuk mengurangi gaya-gaya yang mengakibatkan rutting pada permukaan.

Perencanaan campuran dengan metode ini bertitik tolak pada stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu yang menjadi dasar adalah gradasi agregat campuran yang harus memenuhi lengkung 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 antara lain:

1. Cara Coba-coba (Trial and Error)

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

- a. Memahami batas gradasi yang disyaratkan
- b. Memasukan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
- c. Memasukan persentase lolos saringan pada masing-masing jenis agregat kedalam persentase lolos.
- d. Memasukan spesifikasi ideal pada kolom target value, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
- e. Mengambil salah satu spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal ini agregat kasar, sedang dan halus kemudian dicampur ketiganya dengan jumlah 100% dan nilai gabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang kita ambil.

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

2. Cara Diagonal

Prinsi dan Langkah cara diagonal adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui gradasi ideal yang akan digunakan dan persyaratan gradasi yang ditentukan.
- b. Menggambar empat persegi Panjang dengan ukuran (10 x 20) cm pada milimeter blok.
- c. Membuat garis diagonal dari ujung kiri bawah ke ujung kanan atas.
- d. Sisi vertical menyatakan persentase lolos saringan dengan skala 0 dibawah dan 100 diatas.
- e. Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai iéal tersebut diletakan pada garis diagonal berupa titik.
- f. Dan tiap titik pada diagonal ditarik garis vertical untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
- g. Digambar grafik gradasi dan masing-masing fraksi yang akan dicampur.
- h. Untuk menentukan persentase agragat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama dengan suatu garis

lurus.

- i. Pada garis tersebut ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat persentase agregat kasar yang diperlukan.
- j. Langkah (h) dan (i) diulangi untuk mendapatkan persentase agregat halus dan bahan pengisi filler.

Setelah diperoleh komposisi dan setiap jenis fraksi agregat dibuat suatu table hasil analisa 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 specification. Jika melalui grafik diagonal tepat, maka digunakan cara coba-coba (Trial and Error), yaitu menentukan terlebih dahulu persentase dari masing-masing agregat (tanpa mengubah persen lolos). Kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian persentase dengan persen lolos dari agregat. Selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan dilihat apakah hasilnya mendekati nilai ideal specification. Selanjutnya dibuat grafik penggabungan agregat dan grafik spesifikasinya, setelah itu dihitung berat masing-masing fraksi yaitu persentase fraksi dikali dengan kapasitas mould.

Berat masing-masing fraksi campuran ini, dibagi-bagi lagi berdasarkan

ukuran saringan sesuai dengan persentase tertahan agregatnya yang akan digunakan untuk pembuatan briket benda uji.

3. Cara Grafis

Prinsip dan cara grafis adalah sebagai berikut:

- a. Membuat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10 cm) sebanyak dua buah pada kertas milimeter blok.
- b. Untuk sisi kiri merupakan persentase agregat kasar.
- c. Plot pada garis tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.
- d. Gabungan masing-masing titik/nomor saringan yang sama.
- e. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi.
- f. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat
- g. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertical.
- h. Tarik garis yang membagi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini dapat ditentukan persentase agregat kasar dan halus.
- i. Pada bujur sangkar yang kedua, Tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan.

- j. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan.
- k. Hubungan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat sedang serta agregat halus.
- l. Tentukan spesifikasi yang berlaku.
- m. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat.
- n. Tarik garis vertikal dan masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut.
- o. Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan persentase agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus.

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

Pemeriksaan terhadap benda uji (briket) dilakukan dengan alat Marshall, untuk menentukan ketahanan/stabilitas terhadap kelelahan plastis (flow) dan campuran aspal agregat. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (proving ring) yang berkapasitas 2.500 kg atau 5.000 pound. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukuran stabilitas campuran dan terhadap pula arloji lelehan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastis (flow).

2.8 Pengujian Marshall

Pengujian marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan nilai

kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Pengujian Marshall pada campuran HRS-BASE digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat- sifat Marshall seperti:

1. Stabilitas

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

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan pada jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial diperlukan konversikan terhadap alat marshall. Selain itu pada umumnya alat marshall yang digunakan bersatuan Lbf (*poundforce*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

2. Kelelahan (*Flow*)

Menurut The Asphalt Institute, 1983, flow adalah angka yang menunjukkan besarnya penurunan vertical pada benda uji, dinyatakan dalam mm atau 0,01” yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitasnya menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial.

3. *Voids Filled Bitumen* (VFB)

Rongga terisi aspal (VFB) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Dasar perhitungan dilakukan

2.9 Penelitian Terdahulu

Frans Licardo Saragih, (2016) dalam penelitian skripsi berjudul “Kajian Pemanfaatan Agregat Pada Lokasi Tambang Emas Dari Kecamatan Sepang Untuk Campuran Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)” Tujuan penelitian yang dilakukan adalah digunakan sebagai bahan campuran lapis perkerasan jalan. Material yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga, oleh karena itu penelitian ini mengkaji penggunaan Batu Putih sisa tambang emas dari Kecamatan Sepang Kabupaten Gunung Mas sebagai agregat pada campuran Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base). Berdasarkan pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat, Batu Putih dapat digunakan sebagai campuran HRS-Base. Selanjutnya dibuat tiga komposisi campuran dengan masing-masing lima variasi kadar aspal. Proporsi agregat kasar, abu batu dan pasir pada Komposisi A (45%, 28%, 27%), Komposisi B (48%, 20%, 32%) dan Komposisi C (50%, 20%, 30%). Tes Marshall menghasilkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,2% untuk Komposisi A, sementara itu nilai KAO untuk Komposisi B dan C adalah 6,9% dan 7,07%.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Metode penelitian yang digunakan adalah metode uji laboratorium. Material yang akan digunakan dalam penelitian ini diperiksa terlebih dahulu di laboratorium untuk memperoleh karakteristik dari material tersebut. Data yang digunakan di laboratorium digunakan untuk perencanaan campuran, selanjutnya dibuat benda uji (briket) sehingga diketahui karakteristik campuran Pengambilan Material. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Pengambilan Material

Material agregat kasar berupa batu ex. Palu diambil pada stockfile yang berada di Aspaht Mixing Plant (AMP) PT. Kalindra Utama. Jalan Trans Kalimantan Palangka Raya – Kuala Kurun Desa Bahu Palawa dan batu bekas tambang Emas diambil dari di Desa Sepang, Kabupaten Gunung Mas. Material sampel batu bekas tambang emas diambil secara acak dengan jumlah secukupnya pada lokasi pengambilan sampel tersebut.

Pengambilan material agregat halus berupa abu batu diambil dari stockfile yang berada di Aspalt Mixing Plant (AMP) PT. Kalindra Utama Jalan Trans Kalimantan dan pasir diambil dari Tangkiling, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya.

3.3 Pengambilan Data Sampel

Pengambilan data dilakukan dengan membuat briket/benda uji sebanyak 24 buah. Dalam 2 kali percobaan. Percobaan pertama dibuat 15 benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi dari agregat alami yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal. Tiap kadar aspal dibuat 5 benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).

Percobaan kedua digunakan batu bekas tambang emas sebagai agregat pengganti sebagian agregat kasar batu eks. palu dengan 3 macam proporsi komposisi campuran dan dalam 1 proporsi terdiri dari 3 sampel briket, yang pertama batu bekas tambang emas 75% dan batu eks. palu 25%, campuran yang kedua batu bekas tambang emas 50% dan batu eks. palu 50%, dan campuran ketiga batu bekas tambang emas 25% dan batu eks. palu 75%. Pembuatan dan pengujian benda uji ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

3.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Agregat kasar berupa batu eks. Palu dan Batu bekas Tambang Emas yang dimaksud disini adalah batu yang berasal dari hasil tambang emas yang menumpuk di sekitaran sungai yang berasal dari Desa Sepang Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah.
2. Agregat halus (Pasir) diambil dari Tangkiling, Kecamatan Bukit Batu, Kota Palangka Raya

3. Abu Batu berasal dari AMP PT. Kalindra Utama
4. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.



Gambar 3.1
Batu Bekas Tambang Emas Dari
Desa Sepang



Gambar 3.2
Agregat Halus
Pasir Tangkiling



Gambar 3.3
Aspal

3.5 Alat-Alat Penelitian

3.5.1. Alat Untuk Mengukur Sifat Fisik Agregat

- a. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

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

b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

1) Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

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

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

2) Berat jenis dan penyerapan agregat halus

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

- a) Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih digunakan untuk menimbang bahan, piknometer dengan kapasitas 500 ml digunakan untuk mengukur massa jenis atau densitas fluida. Kerucut terpancung dengan diameter (90 ± 3) mm digunakan untuk mengisi benda uji.
- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbu rata berat (340 ± 1) kg dengan diameter permukaan penumbukan (25 ± 3) mm. berguna untuk memadatkan benda uji yang dimasukkan kedalam kerucut terpancung.
- c) Saringan No.8 talam, bejana tempat air, oven pengukur suhu, tungku pemanas (hot plate), stopwatch, dan lap bersih.

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar

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

- 1) Mesin los angeles dan bola-bola dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing-masing antara 400 gr sampau 440 gr sebanyak 11 buah. Bertujuan untuj mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12 terhadap berat semula dalam persen.
- 2) Saringan no.12 dan saringan-saringan lainnya. Berguna untuk

menyaring bahan sesuai dengan ketentuan lolos saringan.

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

d. Pemeriksaan kadar lempung pada agregat halus

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

- 1) Tabung sand equivalent, beban equivalent dan larutan standar. Berguna untuk mengetahui kadar lempung yaitu dengan memasukan bahan kedalam tabung sand equivalent kemudian dimasukkan larutan standar.
- 2) Talam, saringan No.8, sumbut karet gabus, corong dan stopwatch. Talam berfungsi sebagai bahan tempat menaruh sampel, saringan no. 8, karet gabus berfungsi sebagai penutup tabung sand equivalent ketika dikocok dan stopwatch berfungsi sebagai bahan pengukur waktu ketika tabung sand equivalent dikocok.

3.5.2. 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 bediameter 10 cm (4 inci) dan tinggi 7,5 mm (3 inci) lengkap dengan pelat alas dan leher

lambung. Berfungsi untuk cetakan benda uji dan pelat alas sebagai alas benda uji.

- 2) Alat pengukur benda.
- 3) Penumbuk yang memiliki permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh benda 45,7 cm. berfungsi menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pemadatan terdiri dari balok kayu yang dilapisi dengan pelat baja.
- 5) Oven dengan pengaturan suhu, kompor, timbangan, wajan, talam-talam, sendok pengaduk, thermometer, kertas saring dan sarung tangan.

b. Pemeriksaan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan benda uji adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan yang dilengkapi dengan keranjang penggantung berkapasitas 5 kg. berguna untuk menimbang benda uji.
- 2) Bak perendam (*water bath*), yang dilengkapi dengan pengaturan suhu, berguna untuk tempat merendam benda uji.
- 3) Alat marshall yang dilengkapi dengan:
 - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung, berguna untuk menekan benda uji agar diketahui nilai tekannya.
 - b) Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2.500 kg atau 5.000

pound dilengkapi dengan arloji (dial) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm. Digunakan untuk mengukur nilai stabilitas.

- c) Arloji pengukur kelelahan (*//ow*) dengan ketelitian 0,25 beserta kelengkapannya. Berguna untuk mengukur tingkat kelelahan benda uji.

3.6 Cara Penelitian

3.6.1. Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Agregat

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

Pemeriksaan terhadap agregat tersebut dilakukan untuk memperoleh data yang akan dipergunakan pada perencanaan campuran, data yang diperlukan dalam perencanaan campuran meliputi data gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, keausan agregat dan kadar lempung yang terkandung dalam agregat.

3.6.2. Pemeriksaan Gradasi Agregat

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

Adapun Langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

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

3.6.3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dibagi dalam beberapa pemeriksaan sebagai berikut:

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1969-1190. Pemeriksaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan berat jenis kering (*bulk*),

berat jenis kering dipermukaan jenuh atau *saturated surface dry* (SSD), berat jenis semu (*apparent*) dan besarnya penyerapan agregat kasar. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan ukuran 3/4'' dan tertahan di saringan no. 4.

Adapun prosedur pelaksanaan dan pemeriksaan ini adalah sebagai berikut:

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

Perhitungan berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

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

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

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

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

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

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

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Timbang sampel kering oven dengan kapasitas 1 kg.
- 2) Rendam sampel dalam air selama 24 jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati supaya butiran tidak ada yang hilang.
- 4) Hamparkan sampel diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balikan sampel, lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.
- 5) Periksa sample 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 gr dan masukan kedalam piknometer.
- 8) Isi piknometer dengan air suling sampai sampel terendam seluruhnya.
- 9) Letakan piknometer diatas pelat pemanas (*hot plate*) kemudian dididihkan selama 10 menit untuk mengeluarkan udara yang terserap di dalam sampel.
- 10) Dinginkan piknometer yang berisi sampel dan rendam piknometer dalam air dengan suhu 25T sampai suhu dalam piknometer menunjukan 25 T
- 11) Tambahkan air suling sampai tanda batas kalibrasi dan keringkan bagian luar piknometer dengan lap bersih, kemudian timbang piknometer yang berisi sampel dan air suling (Bt)
- 12) Keluarkan sampel dan keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- 13) Keluarkan sampel dalam oven, dinginkan kemudian timbang (Bk)
- 14) Isi piknometer dengan air suling sampai batas kalibrasi dan timbang dengan suhu standar 25 (B)

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

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

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

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

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

c. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-1991. Adapun prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut:

- 1) Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- 2) Keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- 3) Timbang sampel sesuai gradasi atau spesifikasi yang digunakan.
- 4) Masukkan sampel ke dalam mesin *Los Angeles*.
- 5) Masukkan bola-bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- 6) Putar mesin *Los Angeles* dengan jumlah putaran 500 kali.
- 7) Keluarkan sampel dengan molen, kemudian saring dengan saringan No.12
- 8) 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.
- 9) Keluarkan sampel dari dalam oven dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

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

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

Keterangan:

a = berat total sampel semula (500 gram)

b = berat sampel yang tertahan saringan no.12, gram

d. Pemeriksaan Kadar Lempung Agregat Halus

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

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- 1) Ambil sampel (pasir) sebanyak 85 ml kemudian keringkan di dalam oven dengan suhu 110°C dan dinginkan pada suhu ruang.
- 2) 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.
- 3) Tutup tabung *sand equivalent* dengan penutup karet atau kayu gabus, kemudian dimiringkan sampai arah hampir mendatar dan kocok sebanyak 90 gerakan sejauh 20 cm pada arah mendatar.

- 4) Masukkan lagi larutan standar melalui selang ke dalam tabung sampai setinggi skala 15, kemudian diamkan selama 20 menit.
- 5) Baca skala pembacaan lumpur.
- 6) Masukkan beban *sand equivalent* secara perlahan-lahan sampai beban tersebut berhenti.
- 7) Baca skala setelah pembebanan.

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

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

3.7 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

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

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

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

Keterangan:

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

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

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

Adapun urutan percobaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan proposi komposisi campuran terhadap total agregat.
2. Dari hasil perhitungan proposi/komposisi 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 kadar aspal dibuat 3 buah briket) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat
4. Pemeriksaan benda uji meliputi : kadaan camuran, besarnya pori/rongga dalam campuran (Voids In Mixture atau VIM), besarnya pori/rongga yang terisi aspal (Voids Filled Bitumen atau VFB). Kekuatan (*stability*) campuran dan besarnya kelelahan (*low*).

3.7.1. Penentuan Proposi Campuran Terhadap Total Agregat

Data hasil pemeriksaan gradasi agregat yang dilakukan dengan menggunakan saringan akan digunakan untuk merencanakan komposisi campuran agregat yang memenuhi persyaratan.

Dalam penelitian ini, ada dua acara perhitungan yang digunakan dalam menentukan proporsi/komposisi campuran, yaitu:

- a. Cara Diagonal, yaitu berupa perhitungan secara grafis dengan bantuan diagonal untuk menentukan komposisi campuran.
- b. Cara Coba-coba (*Trial and Error*), yaitu secara analitis dengan cara memperkirakan komposisi campuran yang selanjutnya dihitung kombinasi gradasi dari agregat campuran. Apabila kombinasi gradasi masuk pada spesifikasi yang telah ditentukan, maka komposisi yang dicoba dapat digunakan untuk proporsi/komposisi campuran yang akan diteliti.

Dalam menentukan proporsi/komposisi campuran, perhitungan awal dilakukan dengan menggunakan cara diagonal. Selanjutnya dari hasil komposisi yang didapat tersebut dikontrol kembali dengan menggunakan cara *Trial and Error*. Hal ini dilakukan untuk melihat proporsi/komposisi gradasi gabungan agregat apakah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak.

3.7.2. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang ada dalam Manual Pemeriksaan Bahan Jalan PC-0201-76. Sedangkan prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Masing-masing agregat ditimbang sesuai dengan besarnya perbandingan komposisi. Berat agregat dalam keadaan normal untuk menghasilkan benda uji dengan tinggi $\pm 6,25$ cm adalah 1000 gram.
2. Agregat dipanaskan dalam panci pemanas di atas nyala api kompor mencapai suhu antara 160°C - 180°C .

3. Aspal dicairkan pada suhu 130°C - 150°C.
4. Kemudian aspal cair dituangkan secara hati-hati sesuai dengan seluruh permukaan agregat tertutup aspal semua.
5. Diaduk dengan cepat pada suhu 145°C ($\pm 10^\circ\text{C}$) sampai dilihat seluruh agregat tertutup aspal.
6. Campuran dipindahkan ke dalam cetakan benda uji (*mold*) yang dasarnya telah diletakkan kertas saring, Waktu dipadatkan suhu campuran adalah 135°C ($+10^\circ\text{C}$).
7. Kemudian dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali bagian atas dan 75 kali bagian bawah.
8. Benda uji yang telah cukup dingin dikeluarkan dari cetakan (*mold*) dengan ejector dan diberi identitas,
9. Letakkan benda uji diatas permukaan yang rata dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang.
10. Kemudian benda uji ditimbang beratnya dalam suhu dan beratnya ditetapkan.
11. Rendam benda uji didalam air selama 24 jam.
12. Timbang benda uji di dalam air dan beratnya ditetapkan.
13. Timbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) dan berat di tetapkan.
14. Selanjutnya benda uji direndam dalam bak berisi air panas (*water bath*) dengan suhu 60°C selama 30-40 menit.

15. Kemudian benda uji ditest dengan alat Marshall.

3.7.3. Pemeriksaan Benda Uji (*Tes Marshall*)

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

Adapun urutan pelaksanaan tes marshall adalah sebagai berikut:

a. Persiapan pengujian

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

b. Pelaksanaan Pengujian

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

segmen bawah kepala penekan. Perlu diketahui bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 menit.

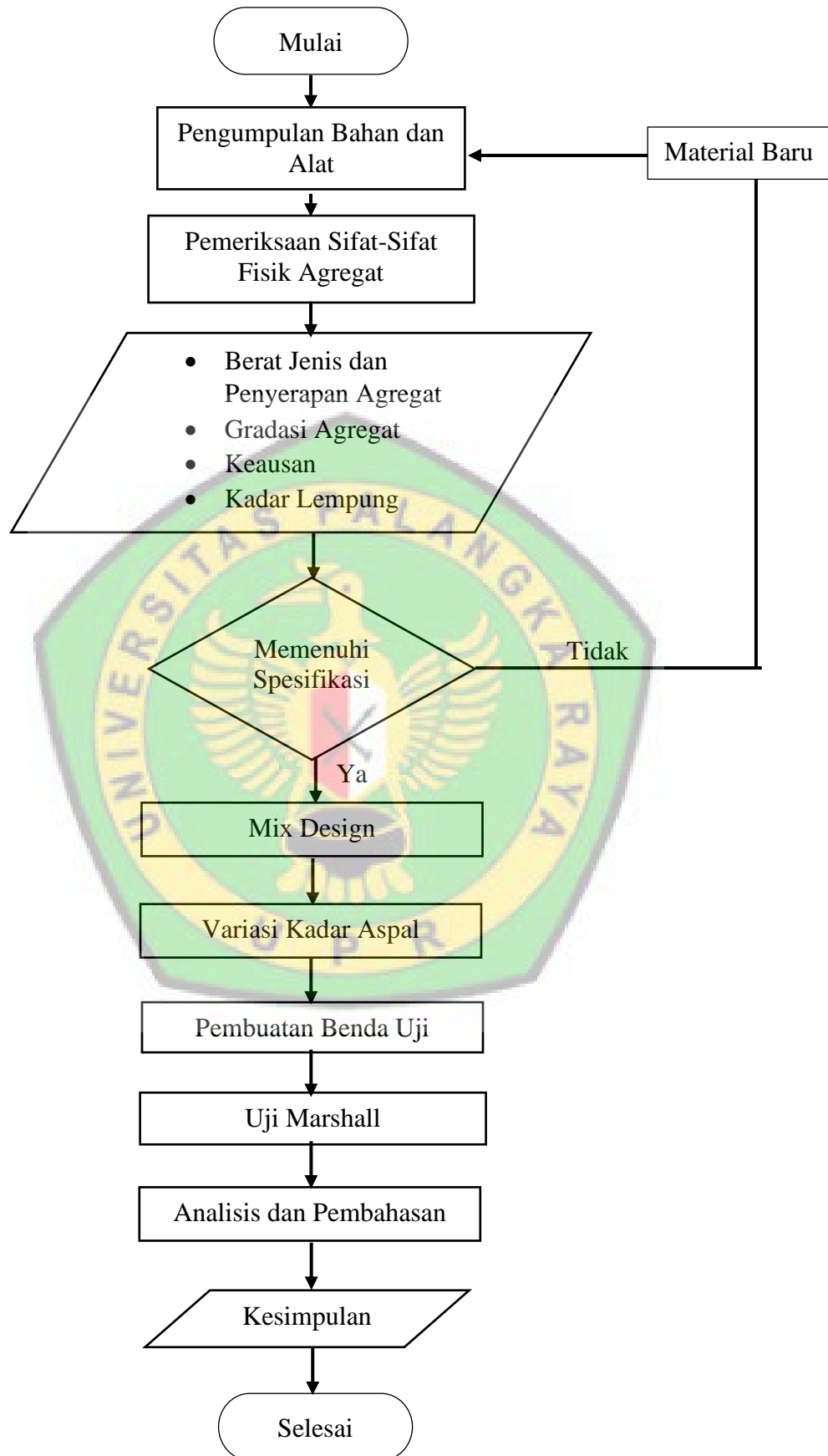
- 4) Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- 5) Pasang arloji pengukur kelelahan (*low*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap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

3.8 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang akan dilakukan digambarkan pada bagan alir di bawah

ini: *(Bagan alir pada halaman selanjutnya)*





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.9 Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat meliputi pengujian analisa saringan, kadar lempung, berat jenis dan penyerapan.
3. Penentuan komposisi benda uji.
4. Pembuatan benda uji meliputi pemanasan, pencampuran, dan pemadatan.
5. Pemeriksaan benda uji dengan test Marshall.
6. Analitis data hasil test Marshall.
7. Kesimpulan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Material Penyusun dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)* dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat berupa pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis dan penyerapan, serta keausan agregat kasar memenuhi persyaratan spesifikasi.
2. Hasil penelitian terhadap Parameter Marshall dengan 5 variasi kadar aspal berbeda diantaranya 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8% diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,32%. Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall menggunakan komposisi campuran yang sama dan Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,32% dengan bahan pengganti sebagian yaitu batu bekas tambang, variasi kadar bahan pengganti sebagian batu bekas tambang sebesar 25%, 50%, dan 75% dari berat aspal yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO), dihasilkan nilai karakteristik parameter Marshall sebagai berikut:

- a. Nilai stabilitas untuk semua variasi kadar pengganti sebagian batu bekas tambang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas maksimum terdapat pada kadar batu bekas tambang 45% yaitu sebesar 1250,49 kg. Nilai Stabilitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan penambahan persentase pengganti sebagian kadar batu bekas tambang dan ada penurunan kadar batu bekas tambang di variasi 50%.
- b. Nilai *VMA* untuk semua variasi kadar pengganti sebagian batu bekas tambang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai *VMA* Maksimum terdapat pada pengganti sebagian batu bekas tambang 45% yaitu sebesar 20,50 %.
- c. Nilai rongga udara dalam campuran (*VIM*) untuk variasi kadar pengganti sebagian batu bekas tambang emas 25% memenuhi spesifikasi pada kadar batu 45% dan untuk variasi kadar pengganti sebagian batu bekas tambang 50% dan 75% tidak memenuhi spesifikasi. Nilai *VIM* Maksimum yang memenuhi spesifikasi yaitu 4,60%.
- d. Nilai rongga terisi aspal (*VFB*) untuk semua variasi kadar pengganti sebagian batu bekas tambang emas memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai rongga terisi aspal (*VFB*) Maksimum terdapat pada kadar pengganti sebagian batu bekas tambang 45% yaitu sebesar 75,90%.
- e. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) untuk semua variasi kadar batu bekas tambang emas sebagai pengganti sebagian memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) Maksimum terdapat pada penambahan batu bekas tambang

45% yaitu sebesar 394,25 kg/mm dan nilai terendah terdapat pada penambahan kadar batu bekas tambang 50% yaitu sebesar 382,22 kg/mm.

3. Berdasarkan hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall dengan variasi pengganti sebagian batu bekas tambang emas yang sudah dilakukan, dibuat grafik hubungan antara parameter Marshall campuran aspal dengan persentase kadar batu tambang emas yang digunakan untuk menentukan nilai kadar batu bekas tambang Maksimum. Didapatkan kadar pengganti sebagian batu bekas tambang Emas Maksimum sebesar 45%.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, dapat disampaikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat dilakukan kembali menggunakan batu bekas tambang emas dari Desa sekitar Kabupaten Gunung Mas yang dikombinasi dengan batu eks. palu sebagai agregat kasar pengganti sebagian.

DAFTAR PUSTAKA

- Desriantomy. 2007. *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Palangka Raya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Departemen Pekerjaan Umum (2014), *Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3*, Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga DPU, *Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B/1983*.
- Tm, Suprpto, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Penerbit UGM, Yogyakarta.
- Saragih, Frans Licardo, 2016, *Kajian Pemanfaatan Agregat Pada Lokasi Tambang Emas Dari Kecamatan Sepang Untuk Campuran Hot Rolled Sheet Base (HRS-Base)*
- Sukirman S, *Perkerasan lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung, 1999.
- Spesifikasi Umum Bina Marga, (2018) Revisi 2, *Gradasi Agregat Kasar Dan Agregat Halus*, Badan Penelitian dan Pembangunan Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Sukirman, Silvia. 2003 *Beton Aspal Campuran Panas Edisi 1*, Jakarta: GRANIT.

