

SKRIPSI

**PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHELEN*)  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA  
CAMPURAN HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*)**

oleh

**ASIMA L.LUMBANTOBING**  
NIM. DAB 115 080



**JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2021**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY  
POLYETHYLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR PADA CAMPURAN HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING  
COURSE*)**

oleh

**ASIMA L. LUMBANTOBING**  
NIM. DAB 115 080

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

Palangka Raya, Januari 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

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

**Ir. DESRIANTOMY, M.T.**  
NIP. 19621223 199002 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 LIMBAH PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY  
POLYETHYLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT  
KASAR PADA CAMPURAN HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING  
COURSE*)**

**SKRIPSI**

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

oleh

**ASIMA L. LUMBANTOBING**  
NIM. DAB 115 080

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

Hari/Tanggal : Senin / 21 Desember 2020  
Waktu : 13.00 – 15.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji :

1. INA ELVINA, S.T., M.T.  
NIP. 19770816 200812 2 001 ..... ( Ketua/Pembimbing I )
2. Ir. DESRIANTOMY, M.T.  
NIP. 19621223 199002 1 001 ..... ( Sekretaris/Pembimbing II )
3. Ir. H. MOHAMMAD AMIN, M.T.  
NIP. 19551214 198511 1 001 ..... ( Anggota )
4. Ir. LAUFRIED, M.T.  
NIP. 19560722 198810 1 001 ..... ( Anggota )
5. DESI RIANI, S.T., M.T.  
NIP. 19791201 200501 2 001 ..... ( Anggota )

Mengetahui :

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya  
Dekan,

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

Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.  
NIP. 19651119 199302 1 001

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

## BIODATA PENULIS



### Data Pribadi

Nama : Asima L. Lumbantobing  
NIM : DAB 115 080  
Tempat, Tanggal lahir : Hutatinggi, 25 Juni 1996  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen Protestan  
Pekerjaan : Mahasiswa  
Alamat di Palangka Raya : Jl. Yos Sudarso II B Wisma Elora No.3  
No. Telp Rumah : -  
Alamat Asal : Hutatinggi, Kec. Laguboti, Kab. Toba Samosir  
Email : asima27tobing@gmail.com  
No. Hp : 0853 5960 8506  
No WA : 0853 5960 8506  
Facebook : Asima lumbantobing  
Instagram : asima.l.tobing  
Line : -  
Nama Ayah : Liberti Lumbantobing  
Pekerjaan Ayah : Petani  
Alamat : Hutatinggi  
Nama Ibu : Megawati Manurung  
Pekerjaan Ibu : Petani  
Alamat : Hutatinggi  
No. Hp : 0813 7567 1901  
Wali : -

### Riwayat Pendidikan\*)

- SD : SD Negeri 173558 Hutahaean (2002-2008)
- SLTP : SMP Negeri 1 Laguboti (2008-2011)
- SLTA : SMA Negeri 1 Laguboti (2011-2014)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-I pada jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2015

Palangka Raya, Januari 2021  
Yang membuat pernyataan

**Asima L. Lumbantobing**  
NIM. DAB 115 080

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apa pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur (Filipi 4: 6)*

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yesus atas kasih karuniaNya dan limpahan berkatNya, sehingga saya masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan, walaupun jauh dari kata sempurna namun saya bersyukur telah sampai pada titik ini yang akhirnya skripsi ini bisa selesai.

Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, saya mengucapkan Terima Kasih tiada tara kepada keluarga tercinta Bapa dan Mama, Kakak dan juga Abang-abang yang selalu mendoakan saya, memberikan semangat, motivasi, nasehat-nasehat serta kasih sayang dan pengorbanan yang begitu besar selama ini. "Kalian adalah inspirasi ku".dan kiranya Tuhan Yesus selalu memberkati kita.

Saya banyak berterima kasih juga kepada Bapak/Ibu Dosen Program studi Teknik sipil atas semua ilmu dan pembelajaran selama masa pendidikan di program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik di Universitas Palangka Raya. Sudah meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta ide dalam membimbing dan memberikan masukan, saran untuk menyelesaikan skripsi ini.

Kepada semua teman-teman seperjuangan khususnya rekan-rekan Civil Engineering 2015, Terima kasih buat semua ukiran yang telah memberi makna sepanjang masa pendidikan di program studi Teknik Sipil sejak awal sampai terselesainya pendidikan di Universitas Palangka Raya.

Kepada seluruh keluarga besar Naposo SiRaja Hasibuan (Raja Manjalo dan Guru Mangaloksa) di Palangka Raya, Keluarga Hita Sipil terima kasih atas segala doa, motivasi dan rasa kekeluargaan yang begitu besar dari awal sampai saat ini. Tak lupa juga kepada teman terbaik Ayu, Anggraini, Dewi Ruaida, Erisa, Given, Nengsih, Nana, Desma terima kasih sudah selalu mendoakan, selalu memotivasi dan selalu memberi semangat sampai saat ini kiranya Tuhan Yesus selalu memberkati dalam keseharian kalian dan teman-teman yang belum saya sebutkan satu per satu terima kasih yang sebanyak-banyaknya sudah selalu ada membuka tangan untuk membantu saya melalui pikiran dan tenaga. Dan semoga semua kebaikan itu kiranya Tuhan Yesus memberkati. Amin.

Selalu ada harapan bagi mereka yang sering berdoa  
Selalu ada jalan bagi mereka yang berusaha

## **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 pemikiran dari berbagai sumber yang diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar Pustaka. Apabila kemudian ternyata pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Januari 2021

**ASIMA L. LUMBANTOBING**  
NIM. DAB 115 080

## RINGKASAN

**PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*)**, Asima L. Lumbantobing, 2020, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur yang sangat penting dalam usaha pengembangan dan memajukan serta kesejahteraan masyarakat. Perkerasan jalan merupakan hal yang utama dalam menunjang transportasi secara nyaman dan mudah. Di Indonesia banyaknya sampah plastik yang didominasi oleh jenis PE (*Polyethylene*) yang terbagi atas LDPE (*Low Density Polyethylene*), HDPE (*High Density Polyethylene*) dan jenis PP (*Polypropylene*). Dalam mengupayakan pemanfaatan limbah plastik, akan melakukan penelitian pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE sebagai pengganti sebagian agregat dalam campuran perkerasan yaitu perkerasan lentur Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) sebagai lapis aus yang dikenal dengan HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall pada campuran menggunakan bahan plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dan mengetahui kadar maksimum *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Pengujian Marshall pada campuran dilakukan dengan tahap I untuk mendapatkan KAO (kadar aspal optimum) dengan variasi rencana 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8%. Tahap II yaitu pengujian campuran menggunakan limbah plastik jenis HDPE. Kadar HDPE yang digunakan terhadap persentase agregat kasar yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Hasil penelitian menunjukkan nilai karakteristik Marshall pada substitusi limbah jenis HDPE terhadap agregat kasar nilai stabilitas semakin meningkat pada kadar 25%, nilai stabilitas sebesar 1012,199 kg. Nilai *flow* pada campuran menggunakan kadar HDPE semakin menurun pada kadar 25% yaitu sebesar 3,30 mm, nilai VIM (*Void In Mineral*) semakin menurun pada pada persentase 25% sebesar 3,92% dan nilai VFB sebesar 80,74%, nilai MQ (*Marshall Quotient*) terbesar 310,056 pada kombinasi HDPE 15%. Berdasarkan hasil analisis data nilai kadar substitusi maksimum limbah plastik jenis HDPE yang masih memenuhi syarat spesifikasi yang ditentukan yaitu 23,5%.

**Kata kunci** : HDPE, HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*), Marshall

## **SUMMARY**

**UTILIZATION OF HDPE PLASTIC WASTE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE) AS A REPLACEMENT MATERIAL AS RUDE AGGREGATE IN HRS-WC (HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE) MIXED**, Asima L. Lumbantobing, 2020, University of Palangka Raya, Department of Civil Engineering, Civil Engineering Study Program.

*The road as one of the transportation infrastructure is a very important element in efforts to develop and promote as well as community welfare. Road feeling is the main thing in supporting transportation comfortably and easily. In Indonesia, the amount of plastic waste is dominated by PE (Polyethylene) which is divided into LDPE (Low Density Polyethylene), HDPE (High Density Polyethylene) and PP (Polypropylene) types. In pursuing the utilization of plastic waste, we will conduct research on the use of HDPE type plastic waste as a substitute for some of the aggregate in the the seal mixture, namely the flexible seal of thin asphalt concrete (Lataston) as a wear layer known as HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)*

*This study aims to determine the value of Marshall characteristics in the mixture using High Density Polyethylene (HDPE) plastic as a substitute for some coarse aggregate in the Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) mixture and determine the maximum levels of High Density Polyethylene (HDPE) as a material. replacement of some coarse aggregate in the Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) mixture. Marshall testing on the mixture was carried out in step I to obtain KAO (optimum asphalt content) with various plans of 6%, 6.5%, 7%, 7.5% and 8%. Phase II, namely testing the mixture using HDPE type plastic waste. The HDPE levels used for the percentage of coarse aggregate are 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%.*

*The results showed the value of Marshall characteristics in the substitution of HDPE waste to coarse aggregate, the stability value increased at 25%, the stability value was 1012.199 kg. The flow value in the mixture using HDPE levels decreased at 25%, which was 3.30 mm, the VIM (Void In Mineral) value decreased at a percentage of 25% by 3.92% and the VFB value was 80.74%, the MQ value (Marshall Quotient) the largest is 310.056 in the 15% HDPE combination. Based on the results of data analysis, the value of the maximum substitution level of HDPE plastic waste that still meets the specified requirements is 23.5%.*

**Keywords :** HDPE, HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course), Marshall

## PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat kasih karunia-Nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHLENE*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN HRS-WC (*HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE*)”** disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi program studi Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya (UPR).

Pada kesempatan ini, diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya 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 P. Silitonga, S.T.P., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Tatau Wijaya Garib, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Apria B.P Gawei S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Akademik.
8. Ibu Ina Elvina, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I Skripsi.
9. Bapak Ir. Desriantomy, M.T. selaku dosen pembimbing II Skripsi.
10. Bapak Ir. H.Mohammad Amin, M.T. selaku dosen pembahas I Skripsi.
11. Bapak Ir. Laufried, M.T. selaku dosen pembahas II Skripsi.
12. Ibu Desi Riani, S.T., M.T. selaku dosen pembahas III Skripsi.

13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-rekan Mahasiswa dan Mahasiswi Teknik Sipil angkatan 2015.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan Skripsi ini akan terdapat kekurangan, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dimasa yang akan mendatang. Terimakasih.

Palangka Raya, Januari 2021

**Asima L. Lumbantobing**  
NIM. DAB 115 080

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
1.7 Lokasi Pengambilan Material.....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Perkerasan Jalan.....	7
2.2 Lapis Permukaan ( <i>Surface Course</i> ) .....	8
2.3 Campuran Aspal Panas.....	11
2.4 Karakteristik Campuran Aspal Panas.....	12
2.5 Lapis Tipis Aspal Beton ( <i>Hot Rolled Sheet</i> ) .....	16
2.6 Bahan Penyusun Campuran Perkerasan HRS-WC.....	16
2.7 Plastik .....	23
2.8 Teknik Pencampuran Limbah Plastik.....	28
2.9 Spesifikasi Campuran Lataston Lapis Aus (HRS-WC).....	31
2.10 Membuat Design <i>Mix Formula</i> .....	35

	Halaman
2.11 Metode Perencanaan Laston Lapis Aus.....	35
2.12 Pengujian Campuran Metode Marshall .....	40
2.13 Kajian Terhadap Penelitian terdahulu .....	46
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>50</b>
3.1 Umum.....	50
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	50
3.3 Pengambilan Bahan .....	50
3.4 Pengambilan Data Sampel.....	51
3.5 Bahan Penelitian .....	51
3.6 Alat-alat Penelitian .....	52
3.7 Langkah-langkah Penelitian .....	56
3.8 Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat .....	57
3.9 Perencanaan Campuran ( <i>Mix Design</i> ) .....	64
3.10 Penentuan Proporsi Campuran terhadap Total Agregat .....	65
3.11 Pembuatan Benda Uji .....	66
3.12 Pemeriksaan Benda Uji (Tes Marshall).....	69
3.13 Bagan Alir Penelitian .....	71
<b>BAB IV ANALISIS DAN HASIL .....</b>	<b>73</b>
4.1 Pemeriksaan Agregat.....	73
4.2 Pengujian Marshall .....	79
4.3 Analisis Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Kadar Aspal ...	83
4.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	89
4.5 Substitusi HDPE pada proporsi Agregat .....	90
4.6 Analisis Hasil Pengujian Marshall Campuran HRS-WC dengan substitusi HDPE.....	91
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>99</b>
5.1 Kesimpulan .....	99
5.2 Saran .....	90`

	Halaman
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>104</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Ketentuan Agregat Kasar .....	17
2.2 Ketentuan Agregat Halus .....	18
2.3 Ketentuan Aspal Pen 60/70.....	23
2.4 Ketentuan Gradasi HRS-WC .....	30
2.5 Persyaratan Sifat-sifat Campuran Lataston.....	32
3.1 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	66
3.2 Pembuatan Benda Uji dengan Substitusi HDPE.....	68
4.1 Hasil Analisa Saringan masing-masing Agregat .....	72
4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik masing-masing Agregat.....	73
4.3 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara Diagonal.....	73
4.4 Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara <i>Triall and Error</i> .....	74
4.5 Rencana Komposisi Campuran .....	77
4.6 Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Total Agregat .....	79
4.7 Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall I.....	82
4.8 Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada KAO .....	88
4.9 Hasil Saringan HDPE .....	89
4.10 Substitusi HDPE terhadap Persentase Agregat Kasar.....	90
4.11 Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall II .....	90
4.12 Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Plastik Maksimum....	96
4.13 Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran tanpa Plastik dengan Menggunakan Substitusi Plastik Maksimum.....	97

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Lokasi Penelitian.....	5
1.2 Lokasi Pengambilan Material .....	6
2.1 Lapis Perkerasan Lentur.....	7
2.1 Lapis Perkerasan Kaku .....	8
2.3 Lapis Perkerasan Komposit .....	8
2.4 Penyebaran Beban Roda pada Lapisan .....	9
2.5 Contoh Produk Plastik jenis PETE .....	25
2.6 Contoh Produk Plastik jenis HDPE .....	26
2.7 Contoh Produk Plastik jenis PVC .....	26
2.8 Contoh Produk Plastik jenis LDPE.....	27
2.9 Contoh Produk Plastik jenis PP .....	27
2.10 Contoh Produk Plastik jenis PS .....	28
2.11 Contoh Produk Plastik jenis OTHER.....	28
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	71
4.1 Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal .....	74
4.2 Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> .....	75
4.3 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal .....	83
4.4 Grafik Hubungan <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar Aspal .....	84
4.5 Grafik Hubungan VIM terhadap Variasi Kadar Aspal .....	85
4.6 Grafik Hubungan VFB terisi Aspal terhadap Variasi Kadar Aspal .....	86
4.7 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Kadar Aspal .....	87
4.8 Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap KAO.....	88
4.9 Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Kadar HDPE .....	91
4.10 Grafik Hubungan <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar HDPE.....	92
4.11 Grafik Hubungan VIM terhadap Variasi Kadar HDPE .....	93
4.12 Grafik Hubungan VFB terhadap Variasi Kadar HDPE .....	94

	Halaman
4.13 Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi Kadar HDPE.....	95
4.14 Grafik Nilai Parameter Karakteristik Marshall II terhadap Hasil Bagi Variasi Kadar HDPE .....	95

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi merupakan unsur yang sangat penting dalam usaha pengembangan dan memajukan kehidupan serta kesejahteraan masyarakat. Dengan meningkatnya perekonomian masyarakat berdampak pula terhadap kebutuhan pemakaian transportasi jalan raya, sehingga pemerintah mengupayakan agar infrastruktur seperti jalan terus dibangun, dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan kelancaran mobilitas suatu barang atau jasa guna meningkatkan perekonomian, pendidikan, politik dan pertahanan nasional.

Perkerasaan jalan merupakan hal yang utama untuk menunjang transportasi secara aman, nyaman dan mudah maka diperlukan perkerasaan yang kuat dan awet dalam segala kondisi untuk dipergunakan. Lapisan perkerasaan jalan menggunakan aspal merupakan salah satu perkerasaan yang banyak digunakan di Indonesia karena mudah didapat dan lebih ekonomis (Dwi Esti, 2018). Salah satu jenis campuran perkerasaan lentur yaitu Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) bergradasi senjang dengan kadar aspal yang relatif tinggi. Hal ini akan menghasilkan jalan dengan kelenturan dan keawetan yang cukup baik agar tidak menimbulkan kerusakan retak atau pelepasan butir.

Lataston sebagai lapis aus, dikenal dengan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)*. Lapisan Lataston terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Penggunaan limbah plastik telah banyak digunakan baik sebagai

modifikasi aspal, pelapis agregat atau sebagai pengganti agregat. Di Indonesia sampah plastik yang digunakan didominasi oleh jenis PE (*Polyethylene*) yang terbagi atas LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*) dan jenis PP (*Polypropylene*).

Kedua jenis plastik yang sangat umum dijumpai di masyarakat yaitu, LDPE biasanya digunakan sebagai kantong plastik, botol minum, sedangkan HDPE biasanya digunakan sebagai botol kemasan tebal maupun peralatan rumah tangga, wadah produk non-pangan. Kedua plastik ini termasuk jenis plastik yang kuat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dari aspal apabila ditambahkan kedalam aspal, (Sri Wisnu Purwonugroho,2018). Secara umum pengolahan plastik ini dilakukan dengan cara mekanis yaitu dengan menggunakan mesin pencacah plastik sehingga menghasilkan serpihan plastik.

Penelitian ini berhubungan dengan penelitian yang lain dimana melakukan pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE dalam perkerasaa jalan raya. Namun, secara khusus penelitian ini menggunakan limbah plastik dengan jenis HDPE akan digunakan kembali sebagai agregat pengganti sebagian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh plastik pada campuran aspal panas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* ditinjau dari karakteristik Marshall, yang diharapkan dengan pengganti sebagian agregat ini mampu memenuhi kualitas campuran aspal dan juga sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan sampah yang sulit terurai dengan peningkatan nilai fungsinya.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Apakah material yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga?
2. Bagaimana komposisi terbaik *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) yang dihasilkan?
3. Berapa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)?
4. Berapa nilai karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan menggunakan bahan plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) ?
5. Berapa kadar maksimum *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat-sifat fisik material yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC).
2. Mengetahui komposisi terbaik dari campuran yang digunakan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC).

3. Mengetahui nilai kadar aspal optimum (KAO) yang dihasilkan dari campuran yang diteliti.
4. Mengetahui nilai karakteristik Marshall menggunakan bahan plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)
5. Mengetahui kadar maksimum *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC).

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

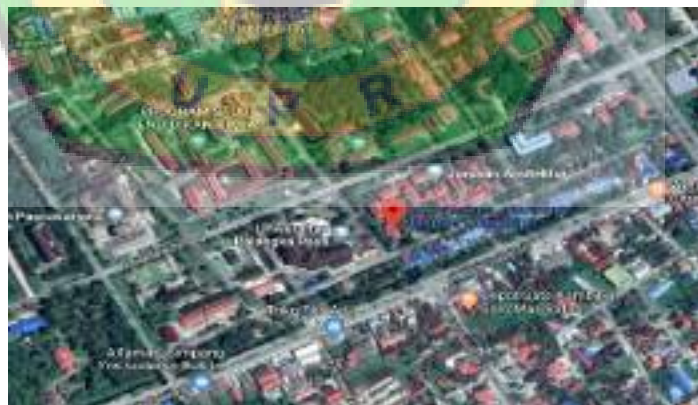
1. Ruang lingkup penelitian ini hanya terbatas dilakukan skala Laboratorium Jalan Raya Fakultas Universitas Palangka Raya.
2. Plastik yang digunakan adalah jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan variasi 0 %, 5%, 10%, 15%, 20 %, dan 25% dari berat total agregat kasar.
3. Bahan digunakan adalah plastik bekas yang termasuk dalam jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) yang dicacah menggunakan mesin pencacah.
4. Penelitian tidak membahas reaksi kimia plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap campuran aspal.
5. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70.
6. Penelitian tidak membahas harga ekonomi dari limbah plastik tersebut.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data mengenai kualitas agregat dari Palu serta agregat halus dari Tangkiling sebagai campuran agregat dalam campuran *HRS-WC* ditinjau terhadap sifat Marshall. Mengetahui apakah penggunaan limbah plastik sebagai pengganti sebagian agregat kasar yang dimaksudkan untuk meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan sehingga diharapkan dapat direkomendasikan penggunaan sampah plastik meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan raya sekaligus menjadi jawaban optimal untuk meminimalkan penipisan sumber daya, degradasi lingkungan, dan konsumsi energi baik yang disebabkan limbah itu sendiri maupun dari proses pengalihan agregat.

## 1.6 Lokasi Penelitian

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



Sumber : Google Maps

**Gambar 1.1 Lokasi Penelitian**

### 1.7 Lokasi Pengambilan Material

Pengambilan material berupa agregat kasar *ex. Palu* pada *stockpile* yang berada di *Asphalt Mixing Plant (AMP) PT.Kalindra Utama Jalan Trans Kalimantan Palangka-Raya-Kuala Kurun Desa Bahu Palawa Kabupaten Pulang Pisau* dan pengambilan material agregat halus dari Tangkiling, Kecamatan Bukit Batu bertepatan di Km.25 Jalan Tjilik Riwut.



Sumber : Google Maps

**Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Agregat**

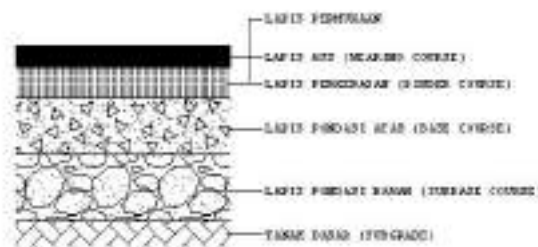
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perkerasaan Jalan

Perkerasaan merupakan komponen konstruksi jalan raya yang bahan penyusunnya terdiri dari agregat, bahan pengikat, dan *filler* yang memiliki ketebalan, kekuatan, kekakuan serta kestabilan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi untuk memikul dan menyebarkan beban lalu lintas. (Sukirman, 2003). Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasaan jalan dapat dibedakan menjadi :

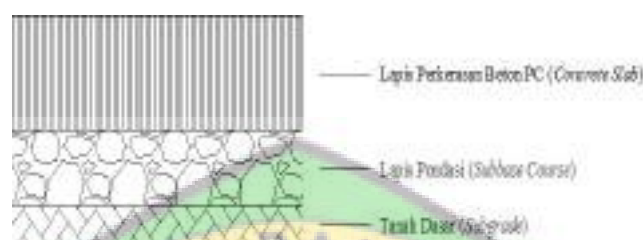
1. Konstruksi perkerasaan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasaan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Struktur perkerasaan jalan lentur dibuat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan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



Sumber : Silvia Sukirman (2003)

**Gambar 2.1 Lapis Perkerasaan Lentur**

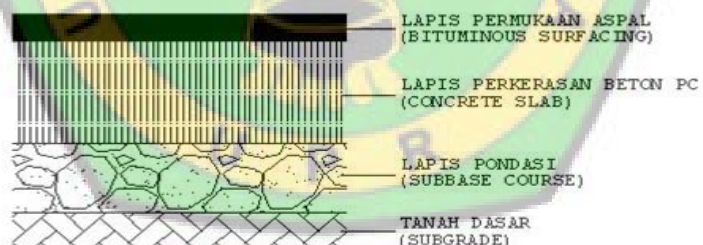
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Sumber : Silvia Sukirman (2003)

**Gambar 2.2 Lapis Perkerasan Kaku**

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasi dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.



Sumber : Silvia Sukirman (2003)

**Gambar 2.3 Lapis Perkerasan Komposit**

## 2.2 Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan komponen perkerasan yang terletak paling atas berfungsi sebagai berikut (Sukirman, 1999) :

1. Lapis perkerasaan penahan beban roda, lapis ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus (*wearing course*), lapis yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung relatif rendah.



Sumber :Silvia Sukirman dalam Perkerasaan Lentur Jalan Raya 1999

### Gambar 2.4 Penyebaran Gaya Roda terhadap Lapisan

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut, pada umumnya lapis permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas tinggi dan daya tahan yang lama. Jenis lapis permukaan yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain.

1. Lapisan bersifat non-struktural, berfungsi sebagai lapis aus kedap air terdiri dari :
  - a. Burtu (Laburan aspal satu lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri atas lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.

- b. Buras (Laburan Aspal) merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal, taburan pasir dengan ukuran butir maksimal 3/8 inci.
  - c. Burda (Laburan aspal dua lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dengan cara disemprotkan di atasnya ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.
  - d. Latasir (Lapis Tipis Pasir) merupakan lapis penutup yang terdiri atas lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal pada 1-2 cm.
  - e. Latasbum (Lapis tipis asbuton murni) merupakan lapis penutup yang terdiri atas campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal maksimum 1 cm.
  - f. Lataston (Lapis tipis aspal beton) dikenal dengan nama *Hot Rolled Sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis ini memiliki tebal padat antara 2,5-3 cm.
2. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda terdiri dari :
- a. Penetrasi macadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri atas agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan

aspal dengan agregat penutup. Tebal satu lapis dengan bervariasi dari 4-10 cm.

- b. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 3-5 cm.
- c. Laston (lapis tipis aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri atas campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

### 2.3 Campuran Aspal Panas

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

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

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

Lataston mempunyai persyaratan kekakuan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (AC) yang bergradasi senjang. Lataston terdiri dari dua macam campuran yaitu : Lataston Lapis Pondasi

(HRS-Base) dan Laston Lapis Permukaan (HRS-Wearing Course) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

### 3. Lapis Aspal Beton (AC)

Laston lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat dari pada laston (HRS). Aspal beton (AC) terdiri dari tiga macam campuran yaitu : Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Antara (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm. Lapisan aspal beton banyak digunakan sebagai lapis permukaan jalan yang melayani lalu lintas sedang. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan butiran pengisi (*filler*), sedangkan aspal yang dipakai biasanya dari jenis AC 60/70.

#### 2.4 Karakteristik Campuran Aspal Panas

Menurut Sukirman (1999), karakteristik campuran perkerasan lentur atau campuran beraspal sebagai lapis perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

##### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sangat dipengaruhi oleh jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan dilayani oleh konstruksi jalan tersebut. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Sebaliknya, perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas

kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. 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 pun rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

2. Keawetan/daya tahan (*Durabilitas*)

*Durabilitas* diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

- a. VIM (*Void In the Mineral*) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. VMA (*Void In the Mineral Agregat*) besar sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar.
- c. Film (selimut) aspal, selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi tinggi.

### 3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

*Fleksibilitas* pada lapisan perkerasaan adalah kemampuan lapisan perkerasaan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

*Fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi terbuka sehingga diperoleh VMA (*Void In the Mineral Agregat*) yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

### 4. Kekesatan/ tahan geser (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasaan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik diwaktu hujan atau basah maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan.

Tahan geser tinggi jika :

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

5. Ketahanan kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

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

6. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan adalah :

- a. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- b. Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- c. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

7. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air atau *impermeability* adalah kemampuan campuran perkerasan untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan campuran aspal. Air dan

udara dapat mengakibatkan proses penuaan dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat menjadi semakin cepat.

## **2.5 Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet*)**

HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) merupakan salah satu lapis perkerasaan jalan yang terdiri dari bahan campuran aspal keras dan agregat yang dicampur, dihamparkan, kemudian dipadatkan pada ketebalan dan suhu tertentu. Campuran HRS terbagi atas 2 jenis yaitu HRS-Pondasi (*HRS-Base*) dan HRS-Lapis Aus (*HRS-Wearing Course*). Perbedaan kedua jenis campuran tersebut terdapat pada gradasi agregat yang digunakan. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspa. Aspal yang digunakan adalah aspal keras pen 60/70. Ukuran maksimum agregat yang digunakan masing-masing campuran adalah 19 mm dan tebal nominal minimum perkerasaan HRS-WC 3 cm dan *HRS-Base* 3,5 cm. *HRS-Base* mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar dari HRS-WC.

## **2.6 Bahan Penyusun Campuran Perkerasaan HRS-WC**

Bahan campuran perkerasaan HRS-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Sebelum pencampuran, bahan-bahan tersebut harus di uji terlebih dahulu agar dapat mengetahui sifat-sifat dari bahan tersebut dan dapat memenuhi persyaratan.

### **2.6.1 Agregat**

Agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran agregat aspal yang berupa berbagai jenis

butiran-butiran atau pecahan yang termasuk didalamnya antara lain pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran aspal buatan (Sukirman, 2003). Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat yang terjadi secara alami adalah pasir, kerikil dan batu. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% berdasarkan persentase volume. Dengan demikian, daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Kinerja campuran aspal agregat pada perkerasan jalan sangat ditentukan oleh karakteristik jalan. Secara umum agregat dibagi atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari material bersih, keras, awet yang bebas dari kotoran atau bahan yang tidak dikehendaki. Agregat kasar yang digunakan yaitu berupa batu pecah. Fungsi agregat kasar pada aspal panas jenis HRS (*Hot Rolled Sheet*) adalah memberikan kepadatan untuk campuran. Bentuk serta permukaan agregat kasar yang diinginkan adalah kubus dan tidak bulat agar dapat memberikan kepadatan yang maksimum dan mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain.

**Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Standar	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	Maks.12%
		Magnesium sulfat	Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks.6%
		500 putaran	Maks.30%
	Semua jenis aspal 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	100/90 %
		Lainnya	95/90 %
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	Maks. 5%
		Lainnya	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 1%

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

#### b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah lolos saringan No.30 (0,59 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci (*interlocking*) dari agregat kasar serta mengurangi rongga udara dalam campuran. Dalam konstruksi *Hot Rolled Sheet* (HRS) komposisi agregat halus merupakan bagian yang terbesar sehingga sangat mempengaruhi kinerja pada saat masa konstruksi maupun pada masa pelayanan.

**Tabel 2.2 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	Mak.1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117-2012	Maks.10%

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

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

*Filler* adalah batuan dari agregat halus yang lolos pada saringan No.200 (0,075 mm) minimum 75% bersifat non plastis yang diperlukan untuk mendapatkan suatu gradasi rapat. Bahan pengisi dapat berupa semen atau kapur terhidrasi dan harus bebas dari gumpalan serta diterima setelah pemeriksaan secara visual. *Filler* ditambahkan dengan tujuan untuk mengisi rongga dalam campuran, sehingga agregat benar-benar terisi penuh dan tidak hanya diisi oleh bitumen.

## 2.6.2 Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu-lintas. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperiksa antara lain (Sukirman, 1999) :

### a. Gradasi

Gradasi merupakan susunan butir agregat sesuai ukurannya. Gradasi mempengaruhi rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari pemeriksaan analisis dengan menggunakan satu set saringan.

#### b. Kadar Lempung Agregat

Kadar Lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena hal sebagai berikut :

- 1) Lempung membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antar aspal dan agregat berkurang.
- 2) Lempung mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah. Dengan kadar aspal sama menghasilkan tebal lapis perkerasaan yang lebih tipis yang dapat mengakibatkan terjadinya *striping* (lepas ikatan antara aspal dan agregat).
- 3) Tipisnya lapisan aspal mengakibatkan lapisan teroksidasi sehingga lapisan cepat rapuh dan getas.
- 4) Lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal.

#### c. Daya tahan agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat yang digunakan harus mempunyai daya tahan terhadap pemecahan (*degradasi*) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, ataupun oleh beban lalu-lintas. Ketahanan agregat terhadap *degradasi* dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles.

#### d. Daya Lekat terhadap Aspal

Faktor-faktor yang mempengaruhi lekatan aspal dan agregat dapat dibedakan atas dua bagian yaitu :

- 1) Sifat kimiawi dari agregat
- 2) Sifat mekanis yang tergantung dari :

- a) Pori-pori dan absorbs
- b) Bentuk dan tekstur permukaan
- c) Ukuran butir
- e. Berat Jenis Agregat

Dalam kaitan perencanaan campuran aspal, berat jenis adalah suatu rasio tanpa dimensi, yaitu rasio antara berat terhadap berat air yang volumenya sama dengan benda tersebut.

### 2.6.3 Aspal

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

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal buatan adalah aspal yang merupakan residu distilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau

*mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Sedangkan sifat-sifat aspal lainnya adalah :

- a. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis.
- b. Aspal 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 baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.
- c. Aspal mempunyai sifat Thixotropy, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Meskipun aspal hanya merupakan bagian yang kecil dari komponen campuran beraspal, namun merupakan bagian terpenting untuk menyediakan ikatan yang awet/tahan lama (*durable*) dan menjaga campuran tetap dalam kondisi kental yang elastis. Adapun beberapa kualitas yang harus

dimiliki oleh aspal untuk menjamin performa yang memuaskan, secara mendasar adalah *rheology*, kohesi, adhesi dan durabilitas.

- d. Pada AASHTO (1982) dinyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal, angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.
- e. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Semakin tinggi suhu dan makin lambat beban yang lewat, maka modulus elastis aspal makin kecil. Lama pembebanan merupakan fungsi dari tebal perkerasan dan kecepatan kendaraan.
- f. Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Dalam pemilihan jenis aspal yang akan digunakan pada daerah yang beriklim panas sebaiknya aspal dengan indeks penetrasi yang rendah, dalam rangka mencegah aspal menjadi lebih kaku dan mudah pecah (*brittle*). Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.
- g. Persyaratan umum untuk aspal panas harus memenuhi persyaratan seperti ada pada Tabel 2.3.

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

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 <sup>o</sup> C, (0,1 mm)	SNI 2456 : 2011	60 – 70
2	Titik Lembek, <sup>o</sup> C	SNI 2434 : 2011	≥ 48
3	Daktalitas, 25 <sup>o</sup> C	SNI 2432 : 2011	≥ 100
4	Titik Nyala, <sup>o</sup> C	SNI 2433:2011	≥ 232
5	Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0
6	Berat yang hilang , %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

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

## 2.7 Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan yang dapat kita temui di hampir setiap barang mulai dari botol minum, alat makanan (gelas, sendok, wadah), kantong pembungkus dan produk rumah tangga lainnya banyak menggunakan bahan dasar plastik karena plastik mempunyai keunggulan seperti ringan, kuat, tahan air, transparan dan harga relatif murah dibandingkan dengan kemasan lain. Plastik adalah bahan yang tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai karena sifat khusus yang dimilikinya yaitu suatu polimer rantai panjang sehingga bobot molekulnya tinggi dimana atom-atom penyusunnya saling mengikat satu sama lain.

Secara garis besar plastik dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifat-sifatnya terhadap perubahan suhu (Evan Suputra, 2019) yaitu :

### 1. Thermoplastik

Karakteristik dari sifat termoplastik adalah plastik yang meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat padat baik (*reversible*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan.

Thermoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polietilen*, *polipropilen*, *polistiren* dan *poliviniklorida*.

## 2. Thermoset

Sifat thermoset yaitu tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasaan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali.

Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan thermoset melainkan akan membentuk arang dan terurai. Karena sifatnya demikian sering digunakan sebagai tutup katel, seperti jenis-jenis melamin, *phenol formaldehid* dan urea *formaldehid*. Plastik jenis ini tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya juga volumenya lebih sedikit (sekitar 10%) dari volume jenis plastik sampah yang bersifat *thermoplastik*.

Plastik yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah dalam bentuk thermoplastik. Jenis-jenis utama plastik berdasarkan *resin code* berurutan adalah sebagai berikut

### 1. PETE/PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Mayoritas bahan plastik PET di dunia untuk serat sintesis (60%), dalam pertekstilan. PET biasa disebut dengan *polyester* (bahan dasar botol kemasan 30%). PET biasa digunakan sebagai pembungkus minuman berkarbonasi (soda), botol jus buah. PET memiliki sifat tidak tahan panas, keras, tembus cahaya (transparan), memiliki titik leleh 270°C.

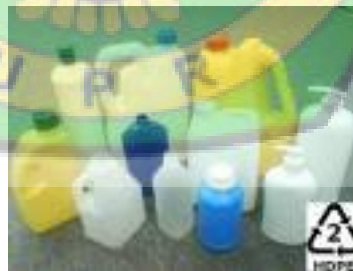


*Sumber : lingkungan.itats.ac.id*

**Gambar 2.5 Contoh Produk Plastik jenis PETE**

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang biasanya digunakan untuk botol deterjen, botol shampoo, botol obat, botol oli, botol minyak. HDPE memiliki kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan dengan makanan/minuman yang dikemasnya. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi dan cuaca jika dibandingkan dengan plastik dengan kode PET, memiliki titik leleh 200-280° C.



*Sumber : lingkungan.itats.ac.id*

**Gambar 2.6 Contoh Produk Plastik jenis HDPE**

3. PVC/V (*Polyvinyl Chloride*)

Merupakan resin yang kuat dan keras yang tidak terpengaruh oleh zat kimia lain. Sifat dari PVC ini sendiri adalah keras, kaku, dapat bersatu dengan pelarut, memiliki titik leleh 160°C-180°C. Kegunaan dalam

kehidupan adalah sebagai pipa plastik (paralon), peralatan kelistrikan dan tanda lalu lintas.



Sumber : [lingkungan.itats.ac.id](http://lingkungan.itats.ac.id)

**Gambar 2.7 Contoh Produk Plastik jenis PVC**

4. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Sama halnya seperti HDPE, namun yang membedakan adalah densitinya lebih rendah, berwarna transparan, dan memiliki titik leleh yang lebih rendah yaitu berkisar antara 105-115°C.



Sumber : [lingkungan.itats.ac.id](http://lingkungan.itats.ac.id)

**Gambar 2.8 Contoh Produk Plastik jenis LDPE**

5. PP-Polypropylene

*Polypropylene* merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas. PP sendiri memiliki sifat yang anti terhadap panas dan bahan kimia atau *chemical resistance* namun ketahanan pukul atau *impact* transparan dan

memiliki titik leleh 200-300°C. PP banyak digunakan pada kantong plastik, film, mainan dan komponen otomotif.



Sumber : lingkungan.itats.ac.id

**Gambar 2.9 Contoh Produk Plastik jenis PP**

6. PS-Polystyrene

*Polystyrene* yang dikenal juga dengan nama *styrofoam* banyak digunakan sebagai kotak makanan, pembungkus barang elektronik, dan botol minuman. PS mengandung bahan-bahan *Styrine* yang berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat pada masalah reproduksi dan system saraf. Sifat-sifat yang dimiliki oleh PS adalah kaku, mudah patah, tidak buram dan memiliki titik leleh 180-260°C.



Sumber : lingkungan.itats.ac.id

**Gambar 2.10 Contoh Produk Plastik jenis PS**

### 7. *Other* (Bahan Plastik Lain)

*Other* adalah jenis plastik yang memiliki dua atau lebih jenis plastik dan juga bahan kimia lain, hal ini mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui. Plastik ini digunakan untuk aksesoris kendaraan namus, ada juga digunakan sebagai botol minuman.



*Sumber : lingkungan.itats.ac.id*

**Gambar 2.11 Contoh Produk Plastik Other**

### 2.8 Pencampuran Limbah Plastik untuk Proses Perkerasaan Jalan

Dalam pemanfaatan limbah plastik selain bahan daur ulang, sejumlah besar limbah plastik juga dapat digunakan dalam industri konstruksi (Shemilha, 2015), limbah plastik dalam industri konstruksi digunakan sebagai :

- a. Agregat untuk campuran beton ringan;
- b. Agregat sebagai bahan campuran beraspal;
- c. Serat untuk penguatan campuran beton;
- d. Agregat sintetis atau pengikat beton(oleh pencairan);
- e. Penguatan plastik plester;

Dalam pemanfaatan limbah plastik pencampuran limbah plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal ada dua cara yaitu cara basah dan cara kering (Zoorob S.E, 2000) sebagai berikut:

- a. Cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar dan *mixer* kecepatan tinggi, sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya lebih mahal dibandingkan dengan aspal konvensional. Pada umumnya cara basah digunakan dimana limbah plastik sebagai bahan pengikat atau aspal atau disebut dengan cara basah (*Wet Process*).
- b. Cara pencampuran dengan plastik dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperature campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini lebih murah, karena tidak ada aspal yang harus dikeluarkan dari tangki aspal di AMP. Cara ini disebut dengan cara kering (*dry process*). Selain lebih murah cara kering ini juga lebih mudah karena hanya dengan memasukkan plastik dalam agregat panas. Kekurangan cara ini adalah harus benar-benar dapat dipertanggung jawabkan kehomogenan dan keseragaman kadar plastik yang dimasukkan.

Dalam pencampuran HDPE dengan agregat yang digunakan suhu pencampuran plastik yaitu dengan memperhatikan titik leleh dan titik leleh dari jenis plastik HDPE. Dimana ini sebagai panduan dalam pencampuran plastik sebagai substitusi sebagian agregat pada suhu pemanasan agregat.

Sebagai pengganti sebagian agregat karakteristik HDPE diantaranya adalah berat jenis 0,916. Sedangkan, untuk mendapatkan ukuran HDPE dilakukan pencacahan dengan menggunakan mesin *crusher* yang akan membentuk cacahan limbah plastik HDPE.



Sumber : Dokumentasi (2020)

**Gambar 3.1 Mesin Pencacah Limbah Plastik**

Dari hasil cacahan limbah plastik HDPE diambil sampel untuk mengetahui hasil saringan HDPE. Pemeriksaan analisa saringan terhadap limbah HDPE adalah sebagai berikut :

1. Limbah plastik dicacah menggunakan mesin pencacah plastik untuk mendapatkan ukuran yang diharapkan.
2. HDPE yang telah dicacah selanjutnya dibersihkan dan di keringkan.
3. Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin penguncang saringan selama  $\pm 15$  menit, kemudian diamkan selama  $\pm 5$  menit.
4. Agregat dan limbah plastik jenis HDPE dipanaskan secara bersamaan, pemanasan agregat dilakukan dengan suhu pemanasan berkisar  $160^{\circ}\text{C}$ , setelah agregat mencapai suhu kisaran  $160^{\circ}\text{C}$  limbah plastik jenis HDPE yang

dicampurkan belum mencapai temperatur titik leleh. Dimana temperature titik leleh berkisar pada 200-280°C.

5. Pencampuran agregat dengan aspal dilakukan pada suhu 145 °C dan dipadatkan pada suhu 135°C.
6. Benda uji yang telah dicampuran selanjutnya diuji Marshall.

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Komposisi umum campuran

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

2. Kadar campuran aspal

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

3. Proporsi komponen campuran

Kemampuan agregat untuk campuran harus ditetapkan dengan fraksi rancangan (*design fraction*). Dalam menentukan pencampuran yang benar dari beberapa agregat yang tersedia serta bahan pengisi untuk menghasilkan fraksi rancangan yang diperlukan, maka gradasi dari masing-masing agregat yang tersedia dan bahan pengisi harus ditetapkan.

4. Formula campuran kerja (*Job Mix Formula*)

Jumlah total dan kandungan aspal efektif yang dinyatakan sebagai persentase berat dan campuran total yang ditetapkan pada saat campuran dikirim ke tempat penghamparan harus dalam keadaan rentang komposisi umum dan batas-batas temperatur.

## 5. Penerapan formula campuran dan toleransi

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

### a. Toleransi komposisi campuran

Gabungan agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36)  $\pm$  5% berat keseluruhan.

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

### b. Toleransi temperatur

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

## 6. Sifat campuran yang diperlukan

Bila diuji dengan alat Marshall, campuran Lataston Lapis Aus (*HRS-WC*) harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.5 di bawah ini:

**Tabel 2.5 Persyaratan Sifat-sifat Campuran Lataston**

Sifat-sifat Campuran Lataston		Lataston	
		Lapis Aus	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,7	
Jumlah tumbukan perbidang		50	
Rongga dalam campuran VIM (%)	Min	4,0	
	Maks.	6,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal VFB (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	600	
Pelelehan (mm)	Min	3	
Marshall <i>Quotient</i> (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	3	

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

## 2.10 Membuat *Design Mix Formula*

Pengelompokan agregat dari hasil analisa saringan. Agregat kasar berupa batu pecah adalah tertahan saringan No.8 (2,36 mm) agregat halus yaitu berupa pasir lolos saaringan No.3(0.600mm) dan *filler* berupa abu batu lolos saringan No. 200(0,075 mm). Kadar aspal total dalam campuran Lataston adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat yang mengisi pori antara agregat ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir. Untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Perkiraan awal kadar aspal rancangan dapat diper oleh dari rumus :

$$P_b = 0,035(\% CA) + 0,045(\% FA) + 0,18(\% Filler) + K \quad (2-1)$$

Keterangan :

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

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

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

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

$k$  : nilai konstanta kira-kira 2,0 – 3,0 untuk HRS-WC

## 2.11 Metode Perencanaan Campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*)

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

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

Rencana ketebalan didasarkan kepada pembahasan berikut :

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

Perencanaan campuran dengan metode ini bertitik tolak pada stabilitas yang dihasilkan. Oleh karena itu yang menjadi dasar adalah gradasi agregat campuran yang harus memenuhi lengkung *Fuller*. Gradasi gabungan yang dipergunakan pada metode ini adalah agregat bergradasi baik atau menerus. Dari data analisa butiran masing-masing jenis material, selanjutnya dapat direncanakan bagaimana komposisi perbandingan campuran gabungan yang memenuhi persyaratan gradasi. Banyak cara untuk merencanakan komposisi perbandingan campuran. Cara tersebut adalah:

1. Cara diagonal

Prinsip dan langkah dan cara diagonal adalah sebagai berikut:

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

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

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

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

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

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

Prinsip dan langkah dan cara coba-coba (*trial and error*) adalah sebagai berikut:

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

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

### 3. Cara Grafis

Prinsip dan langkah dan cara grafis adalah sebagai berikut:

- a. Membuat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10) cm sebanyak dua buah pada milimeter blok.
- b. Untuk sisi kiri merupakan persen agregat kasar.
- c. Plot pada garis paling tepi titik-titik dan masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.
- d. Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama.
- e. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi.
- f. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat.
- g. Dan batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal.
- h. Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dan garis ini, dapat ditentukan persen agregat kasar dan halus.
- i. Pada bujur sangkar yang ke dua tarik garis mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan.
- j. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai ukuran saringan.
- k. Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat halus serta agregat sedang.

- l. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat.
- m. Tarik garis vertikal dan masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut.
- n. 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. Pemeriksaan terhadap benda uji (briket) dilakukan dengan alat Marshall. Untuk menentukan ketahanan/stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dan campuran aspal dan agregat. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) yang berkapasitas 2.500 kg atau 5.000 *pound proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur stabilitas campuran dan terdapat pula arloji lelehan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*).

## 2.12 Pengujian Campuran Metode Marshall

Pengujian Marshall adalah suatu metode pengujian untuk mengukur ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inchi. Nilai stabilitas minimal sebesar 600 kg dan nilai *flow* minimal 2,4 mm (Spesifikasi Bina Marga 2018). Aspal beton dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan tambah yang dicampur secara merata pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk beton aspal padat. Sifat-sifat

campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian karakteristik Marshall antara lain :

1. Stabilitas Marshall

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram.

2. Kelelehan (*Flow*)

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

3. Kepadatan (*Density*)

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

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

$$g = c/f \quad (2-2)$$

$$f = d-e \quad (2-3)$$

Keterangan :

g = berat volume benda uji (gr/cc)

c = berat kering/sebelum direndam (gr)

d = berat benda uji jenuh air (gr)

e = berat benda uji dalam air (gr)

f = volume benda uji (cc)

#### 4. Rongga Udara dalam campuran VIM (*Voids in Mix*)

VIM adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$VIM = \left( 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \% \quad (2-4)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara dalam campuran padat (%)

G<sub>mm</sub> = Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

G<sub>mb</sub> = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc)

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

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

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{MS}{MF} \quad (2-5)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = *Marshall Stability* (kg)

MF = *Flow Marshall* (mm)

6. Rongga Antar Agregat VMA (*Void in the Mineral Agregat*)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasaan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VM terlalu kecil maka campuran bias memperlihatkan masalah durabilitas, dan jik VMA terlalu besar maka campuran bias memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi. VMA dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = \left( 100 \times \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \right) \% \quad (2-6)$$

Keterangan:

VMA = Rongga dalam agregat mineral

Gsb = Berat jenis curah agregat (gr/cc)

Ps = Agregat, persen berat total campuran (%)

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

7. Rongga Terisi Aspal VFA(*Void Filled With Asphalt*)

*Void Filled With Asphalt* (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada acampuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh factor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Nilai VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VFA = \left( \frac{100 - (VMA - VIM)}{VMA} \right) \quad (2-7)$$

8. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

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

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (2-8)$$

Keterangan:

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

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

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

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

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

$$Gmm = \frac{100}{\frac{P_s + P_a}{G_{se} + G_a}} \quad (2-9)$$

Keterangan:

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

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

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

$G_a$  = Berat jenis aspal

10. Berat jenis bulk aspal beton padat (Gmb)

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

$$Gmb = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (2-10)$$

Keterangan:

$Gmb$  = Berat jenis *bulk* dari aspal beton padat

$B_k$  = Berat kering aspal beton

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

$B_a$  = Berat aspal beton padat di dalam air

### 2.13 Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Sebelum “Pemanfaatan Limbah HDPE sebagai bahan pengganti agregat sebagian. Dilakukan, sebenarnya telah ada beberapa penelitian terdahulu yang cukup erat kaitannya dengan penelitian ini.

Penelitian-penelitian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

Made (2013) dalam penelitian berjudul “**Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan menggunakan plastik bekas sebagai bahan pengganti sebagian agregat**”. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik pada campuran (AC-WC) dengan menggunakan plastik HDPE sebagai bahan pengganti sebagian agregat dengan variasi yang diuji 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dengan metode Marshall. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 50% sebesar 875,1 kg dan terendah pada kadar plastik 10% sebesar 527,0 kg. nilai *Flow* tertinggi pada penggunaan kadar aspal 50% sebesar 7,11 mm dan terendah pada kadar 0% sebesar 3,43 mm. sedangkan nilai *Marshall Quotient* tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% dan terendah pada kadar plastik 10% masing-masing sebesar 251,7 kg/m dan 109,3 kg/m. untuk nilai VMA tertinggi terjadi pada penggunaan kadar plastik 10% sebesar 20,3 % dan terendah pada kadar plastik 0% sebesar 15,2%. Nilai VIM tertinggi pada penggunaan kadar plastik 50% dan terendah pada kadar plastik 0% masing-masing sebesar 12,6% dan 4,9%. Sedangkan, nilai VFB tertinggi pada penggunaan kadar plastik 0% sebesar 67,9% dan terendah pada kadar 50% sebesar 37,3%. Pengurangan porositas dilakukan dengan peningkatan energy pemadatan menjadi 2 x 100 tumbukan. Penambahan

tumbukan sebanyak 25 tumbukan pada masing-masing sisi dilakukan pada campuran dengan variasi kadar plasti 50%. Penelitian ini memiliki kesamaan dalam penggunaan jenis bahan plastik HDPE sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran aspal beton. Memiliki perbedaan untuk penelitian terdahulu pada lapis aus (AC-WC) serta proporsi kadar plastik yang digunakan.

Yusrizal (2018) dalam penelitian Tugas Akhir berjudul “**Analisis Karakteristik Marshall Campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* Menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis *Polyethylene Terephthalate (PET)*”**. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium jalan raya jurusan/program studi teknik sipil fakultas teknik universitas palangka raya, dengan tujuan mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan plastik bekas jenis PET sebagai bahan tambahan pada campuran aspal panas yang diharapkan penggunaannya dapat meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan raya dan sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan sampah plastik yang sulit terurai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengujian laboratorium, melalui pengujian Marshall tahap 1 dan 2. Pengujian tahap 1 ditujukan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari komposisi yang direncanakan dengan variasi kadar aspal 6,5%, 7,0%, 7,5%, 8,0% dan 8,5%. Pengujian tahap 2 dilakukan menggunakan komposisi dan KAO yang diperoleh dari pengujian tahap 1 diikuti dengan penambahan bahan tambah jenis PET dengan variasi kadar bahan tambah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% terhadap berat aspal yang diperoleh dari KAO. Dari pengujian Marshall 1 diperoleh nilai KAO sebesar 7,30%. Pengujian Marshall 2 dengan penambahan plastik jenis PET dengan variasi

kadar bahan tambah yang sudah direncanakan pada benda uji, hasil parameter Marshall memenuhi spesifikasi yang ada, terkecuali nilai *Void In Mixture* (VIM) pada penambahan kadar plastik sebesar 8% dan 10% yang nilainya berturut-turut yaitu 3,90% dan 3,77%. Dari hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall diperoleh rentang penambahan kadar plastik 0% hingga 7,8%, campuran memenuhi semua spesifikasi yang ditentukan. Kadar penambahan plastik optimum ditetapkan dari nilai parameter Marshall yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi dan dilihat dari nilai stabilitas tertinggi, yaitu pada kadar penambahan plastik sebesar 7,80%. Penambahan *PET* sebesar 7,80% dari berat aspal menghasilkan nilai stabilitas naik 8,37% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan bahan tambah plastik yaitu mengalami kenaikan sebesar 78 kg, nilai *flow* naik sebesar 0,25 mm, rongga dalam campuran (VIM) turun sebesar 0,60%, rongga terisi aspal (VFB) naik sebesar 4,30% dan hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) naik sebesar 4,50 kg/mm. Penelitian ini memiliki kesamaan lokasi pengambilan material yang digunakan. Memiliki perbedaan untuk Penelitian terdahulu campuran yang digunakan *HRS-WC* dan plastik bekas jenis *Polyethylene Terephthalate* (*PET*) sedangkan Penelitian yang akan dilakukan akan menggunakan plastik *HDPE* jenis *polyethylene*.

Sri Wisnu, (2018) dalam penelitian Skripsi berjudul “**Pengolahan Limbah Plastik jenis *High Density Polyethelene* (HDPE) dan *Polyprophylene* (PP) dengan Metode *Mix Plastic Coated Agreggate* untuk Meningkatkan Kualitas Aspal Beton**”. Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah plastik campuran jenis HDPE dan PP terhadap ketahanan dan kualitas aspal melalui uji stabilitas, *flow*, *density*, dan *Marshall quotient* dengan metode *Mixed Plastic Coated Agreggate*. Hasil penelitian dapat disimpulkan pengaruh penambahan limbah plastik jenis HDPE dan PP terhadap aspal beton sebagai berikut : Aspal beton

dengan penambahan limbah plastik HDPE 13% memiliki ketahanan paling baik dengan nilai *Marshall quotient* (MQ) sebesar 366 kg/mm, sedangkan aspal beton tanpa penambahan limbah plastik memiliki nilai *Marshall Quotient* sebesar 320 kg/mm, maka diperoleh peningkatan nilai *Marshall quotient* aspal beton setelah penambahan HDPE 13% sebesar 14,4 %. Pada variable penambahan HDPE 13 % memiliki hasil uji rongga dalam agregat sebesar 17,01 %, uji rongga yang terisi aspal sebesar 73,28% dan uji rongga dalam campuran 4,5%. uji *Marshall* untuk aspal beton dengan variable penambahan plastik HDPE 13% telah memenuhi standar Bina Marga tahun 2010.

M Fauzan Arofa, (2017) dalam penelitian Skripsi berjudul “**Analisis Optimum Bitumen Content dan Suhu Pematatan pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Limbah Plastik High Density Polyethelen (HDPE) sebagai Pengganti Agregat**”. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penggunaan plastik HDPE terhadap karakteristik Marshall pada campuran lapis SMA (*Spilt Mastic Asphalt*). Kadar optimum penambahan aspal dan plastik dalam campuran SMA (*Split Mastic Asphalt*). Hasil penelitian karakteristik SMA yang menggunakan plastik HDPE sebagai pengganti agregat dengan dua variable berbeda menunjukkan bahwa adanya peningkatan karakteristik Marshall sebagai berikut : Nilai stabilitas melebihi persyaratan dimana stabilitas terkecil yaitu sebesar 1516,56 kg, pada kombinasi aspal 7,71% dan plastik 30% plastik, sedangkan stabilitas terbesar pada kombinasi aspal 6,5% dan plastik 40% yaitu sebesar 2597,765.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Metode penelitian pada penulisan Skripsi ini adalah metode eksperimen, kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya, yaitu untuk menganalisis penggunaan limbah plastik jenis HDPE sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dalam lapisan Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheett-Wearing Course*). Dalam penelitian di laboratorium diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap material campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheett-Wearing Course*) yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji untuk dilakukan uji Marshall, sehingga diketahui karakteristik campuran tersebut.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Pengujian**

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

#### **3.3 Pengambilan Bahan**

Pengambilan material berupa agregat *ex.Palu* pada *stockfile* yang berada di *Asphalt Mixing Plant (AMP)* PT.Kalindra Utama Jalan Trans Kalimantan Palangka Raya-Kuala Kurun Desa Bahu Palawa Kabupaten Pulang Pisau.

### 3.4 Pengambilan Data Sampel

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

1. Percobaan pertama dibuat 15 briket/benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal.. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah briket/benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO).
2. Percobaan kedua, Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat pada percobaan pertama dipergunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 15 buah briket/benda uji, yang terdiri dari 6 variasi persentase berat HDPE bekas terhadap berat agregat yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO), yaitu berat HDPE sebagai bahan pengganti sebagian agregat dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Tiap variasi HDPE dibuat 3 buah briket/benda uji. Pembuatan dan pengujian briket/benda uji ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

### 3.5 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Material berupa agregat kasar batu pecah ex.Palu pada *stockfile* yang berada di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Kalindra Utama Jalan Trans Kalimantan Palangka Raya-Kuala Kurun Desa Bahu Palawa Kabupaten Pulang Pisau.

2. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.
3. Bahan pengganti sebagian agregat yang akan digunakan pada campuran yaitu berupa hasil cacahan limbah bahan plastik bekas yang termasuk dalam jenis plastik HDPE.

### 3.6 Alat-alat Penelitian

#### 3.6.1 Alat untuk Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

##### a. Pemeriksaan Gradasi Agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut :

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dan benda uji, berguna untuk menimbang bahan.
- 2) Satu set saringan meliputi saringan dengan ukuran 19 mm (3/4"), 12,5 mm (1/2"), 9.5 mm (3/8"), No.8, No.30, No.200.
- 3) Oven, mesin pengguncang saringan, *stopwatch*, talam-talam, kuas, sikat, sendok dan alat-alat lainnya.

##### b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

###### 1) Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

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

- a) Keranjang kawat yang berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No.6 atau No.8) dengan kapasitas 5 kg. Keranjang berguna untuk meletakkan sampel dan tempat pengayak dari sisa air.

- b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, berguna untuk merendam bahan uji.
- c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang. Berguna untuk menimbang bahan yang akan diuji.
- d) Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu sampai  $((110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , dan alat pemisah contoh saringan No.8.

## 2) Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

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

- a) Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih, piknometer dengan kapasitas 500 ml, kerucut terpancung dengan diameter  $(90 \pm 3)$ . Peralatan yang digunakan diatas berguna untuk pemeriksaan berat jenis. Timbangan untuk menimbang bahan, piknometer untuk mengukur massa jenis atau densitas fluida dan kerucut terpancung untuk mengisi benda uji.
- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat  $(340\pm 1)$  kg dengan diameter permukaan  $(25\pm 3)$ . Berguna untuk memadatkan benda uji yang dimasukkan kedalam kerucut terpancung.
- c) Saringan No.4, talam, bejana tempat air, oven pengukur suhu, tungku pemanas (*hot plate*), *stopwatch* dan lap bersih.

c. Pengujian Keausan Agregat

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

- 1) Mesin Los Angeles dan bola-bola dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan berat masing masing antara 400 gram sampai dengan 440 gram sebanyak 11 buah. Bertujuan untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No.12 terhadap berat semula dalam persen.
- 2) Saringan No.12 dan saringan-saringan lainnya. Berguna untuk menyaring bahan sesuai dengan ketentuan lolos saringan.
- 3) Timbangan dan oven dengan pengaturan suhu. Berguna untuk menimbang bahan dan oven berguna sebagai pengering benda uji sampai suhu yang sudah ditentukan.

d. Pemeriksaan Kadar Lempung pada Agregat Halus

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

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

berfungsi sebagai pengukur waktu ketika tabung *sand equivalent* dikocok.

### 3.6.2 Alat Pembuatan dan Pemeriksaan Benda Uji

#### a. Pembuatan benda uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Sejumlah cetakan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung. Berfungsi untuk cetakan benda uji dan pelat alas sebagai alas benda uji.
- 2) Alat pengukur benda.
- 3) Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh beban 45,7 cm. Berfungsi menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pemadat terdiri dari balok kayu dan dilapisi dengan pelat baja.
- 5) Oven dengan pengatur suhu, kompor, timbangan, wajan, talam-talam, sendok pengaduk, 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 bergantung berkapasitas 5 kg. Berguna untuk menimbang benda uji.
- 2) Bak perendam (*water bath*), yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Berguna untuk tempat merendam benda uji.

- 3) Alat Marshall yang dilengkapi dengan
  - a) Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung . berguna untuk menekan benda uji agar diketahui nilai tekanannya.
  - b) Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2.500 kg atau 5.000 pound dilengkapi dengan arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm. Digunakan untuk mengukur nilai stabilitas.
  - c) Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 beserta kelengkapannya. Berguna untuk mengukur tingkat kelelahan benda uji.

### 3.7 Langkah-langkah Penelitian

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah persiapan alat untuk pelaksanaan di laboratorium dan persiapan material agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 60/70 dan bahan pengganti agregat yaitu cacahan limbah plastik jenis HDPE. Setelah alat dan material sudah disiapkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian material untuk memenuhi karakteristik material, lalu melakukan proporsi agregat untuk memperoleh agregat yang memenuhi spesifikasi.

Berdasarkan proporsi agregat dicari nilai persentase kadar aspal dalam campuran dan dibuat rancangan benda uji. Setelah pembuatan benda uji, maka akan dilanjutkan dengan pengujian terhadap parameter Marshall. Dari hasil pengujian tersebut maka akan didapatkan data serta kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum inilah yang akan digunakan untuk campuran yang menggunakan plastik bekas HDPE sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Setelah membuat sampel

dan perhitungan karakteristik sampel campuran, maka akan didapatkan data yang nantinya dapat dianalisis dan ditarik kesimpulan.

### **3.8 Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat**

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

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

#### **3.8.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat**

Pengujian gradasi agregat merupakan distribusi dari variasi ukuran butir 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, mesin pengguncang saringan, *stopwatch*, talam, kuas sikat, sendok dan lain-lain.

Adapun langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

- a. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai berat tetap selama  $\pm 24$  jam.

- b. Sampel ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing 1 kg untuk agregat kasar dan agregat halus (abu batu). Khusus untuk kombinasi, sampel ditimbang masing-masing 500 gram.
- c. Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati di atas saringan No.200, agregat yang tetahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.
- d. Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam oven dengan suhu 110°C, kemudian didinginkan dalam suhu ruangan.
- e. Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin penguncang saringan selama  $\pm 15$  menit, kemudian diamkan selama  $\pm 5$  menit.
- f. Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat sampel masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

### 3.8.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Dalam pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dibagi atas :

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pada pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standart pemeriksaan yaitu SNI 03-1969-2016. Pemeriksaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry* (SSD), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan agregat kasar. Sampel

yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan 1” dan tertahan pada saringan No.8.

Adapun prosedur pelaksanaan dan pemeriksaan ini adalah sebagai berikut

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

$$B_{j.\text{kering Oven (bulk)}} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3-1)$$

$$B_{j.\text{kering permukaan}} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3-2)$$

$$B_{j.\text{semu}} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3-3)$$

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

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar menggunakan standar pemeriksaan yaitu SNI 03-1970-2016. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh atau *saturated surface dry (SSD)*, berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan air agregat halus. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan No.8.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

- 1) Timbang sampel kering oven sebanyak 1 kg.
- 2) Rendam sampel dalam air selama 24 jam.
- 3) Buang air perendaman dengan hati-hati supaya butiran tidak ada yang hilang.
- 4) Hamparkan sampel di atas talem, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balika sampel. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.
- 5) Pemeriksaan sampel pada keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan sampel ke dalam kerucut terpancung dalam tiga lapis dan padatkan 25 tumbukan.
- 6) Angkat kerucut terpancung, keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila sampel mengalami keruntuhan akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 7) Timbang sampel seberat 500 gram dan masukan ke dalam piknometer.
- 8) Isi piknometer dengan air suling sampai sampel terendam seluruhnya.

- 9) Letakkan piknometer di atas pelat pemanas (*hot plate*) kemudian didihkan selama 10 menit untuk mengeluarkan udara yang terserap di dalam sampel.
  - 10) Dinginkan piknometer yang berisi sampel dan rendam piknometer dalam air dengan suhu 25°C sampai suhu di dalam piknometer menunjukkan 25°C
  - 11) Tambahkan air suling sampai tanda batas kalibrasi dan keringkan bagian luar piknometer dengan lap bersih, kemudian timbang piknometer yang berisi sampel dan air suling (Bt).
  - 12) Keluarkan sampel dan keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
  - 13) Keluarkan sampel dalam oven, dinginkan kemudian ditimbang (Bk).
  - 14) Isi piknometer dengan air suling sampai batas kalibrasi dan timbang (B).
- Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus dapat dilakukan dengan

menggunakan rumus berikut :

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

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

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

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

### 3.8.3 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-2008. Pada penelitian ini pengujian keausan agregat kasar berupa batu pecah dimana banyaknya sampel terdiri dari 2500 gram.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian keausan agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- b. Keringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- c. Timbang sampel sesuai gradasi atau spesifikasi yang digunakan.
- d. Masukkan sampel kedalam mesin Los Angeles.
- e. Masukkan bola-bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- f. Putar mesin Los Angeles dengan jumlah putaran 500 kali.
- g. Keluarkan sampel dalam molen, kemudian saring dengan saringan No.12.
- h. Material yang lolos saringan No.12 dibuang, sedangkan material yang tertahan saringan No.12 langsung dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- i. Keluarkan sampel dari dalam oven dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

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

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

Keterangan :

- a = berat total sampel semula (500 putaran)
- b = berat sampel yang tertahan saringan No.12

### 3.8.4 Pemeriksaan Kadar Lempung Agregat Halus

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

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

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

g. Baca skala setelah pembebanan.

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

$$\text{Nilai sand equivalent} = \frac{\text{Skala pasir}}{\text{Skala Lempung}} \times 100\% \quad (3-10)$$

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

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

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

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

Keterangan :

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

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

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

$a + b + c + d = 1$

Adapun urutan perencanaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penentuan proporsi komposisi campuran terhadap total agregat.

2. Dari hasil perhitungan proporsi komposisi campuran, selanjutnya dilakukan dengan variasi kadar aspal (5 variasi kadar aspal) yaitu berdasarkan kadar aspal yang ditentukan spesifikasi.
3. Membuat briket/benda uji untuk setiap campuran (untuk variasi 1 kadar aspal dibuat 3 buah briket) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat khusus.
4. Pemeriksaan benda uji meliputi : keadaan campuran, berat isi campuran, besarnya pori/rongga dalam campuran (*voids in mixture* atau VIM) besarnya pori/rongga yang terisi aspal (*voids filled bitumen* atau VFB), kekuatan (*stability*) campuran dan besarnya kelehan (*flow*).

### **3.10 Penentuan Proporsi Campuran terhadap Total Agregat**

Data hasil pemeriksaan agregat yang dilakukan akan digunakan untuk merencanakan komposisi campuran agregat yang memenuhi persyaratan. Dalam penelitian ini, ada dua cara perhitungan yang digunakan dalam menentukan proporsi/komposisi campuran, yaitu :

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

Dalam menentukan proporsi/komposisi campuran., perhitungan awal dilakukan dengan menggunakan cara diagonal. Selanjutnya, dari hasil komposisi

yang didapat tersebut dikontrol kembali menggunakan *trial and error*. Hal ini untuk melihat proporsi/komposisi gradasi gabungan agregat apakah masuk ke dalam spesifikasi yang telah ditetapkan atau tidak.

### 3.11 Pembuatan Benda Uji

Pengujian dilakukan dengan 3 benda uji (briket) dengan kadar aspal rencana.

Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

a. Campuran

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

b. Pemadatan benda uji

- 1) Bersihkan cetakan benda uji, oleskan dengan pelumas, diletakkan kertas saring di dasarnya dan bersihkan bagian muka penumbuk.
- 2) Masukkan campuran ke dalam cetakan benda uji (*mold*), kemudian tusuk-tusuk campuran dengan spatula sebanyak 15 kali pada keliling pinggirnya dan 10 kali pada bagian tengah. Waktu dipadatkan suhu campuran harus dalam batas suhu pemadatan  $(140 \pm 15)^\circ\text{C}$ .
- 3) Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali tumbukan dengan tinggi jatuh 45,7 cm, selama pemadatan tahanlah sumbu palu pemadatan agar selalu tegak lurus pada alat cetakan.
- 4) Lepaskan keping alas dan leher penyambung, balikan cetakan berisi benda uji dan pasang kembali, kemudian tumbuklah sebanyak 75 kali.
- 5) Benda uji yang telah cukup dingin dikeluarkan dari *mould* dengan *ejector*.
- 6) Berikan identitas/tanda pengenal pada setiap benda uji agar tidak tertukar.
- 7) Letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama 24 jam pada suhu ruang.
- 8) Kemudian benda uji ditimbang beratnya dalam suhu ruang dan beratnya ditetapkan.
- 9) Rendam benda uji di dalam air selama 24 jam.
- 10) Timbang benda uji di dalam air dan beratnya ditetapkan.

- 11) Timbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) dan berat ditetapkan.
- 12) Selanjutnya benda uji direndam dalam bak berisi air panas (*water bath*) dengan suhu 60 selama 30-40 menit.
- 13) Kemudian benda uji ditest dengan alat Marshall.

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

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

- a. Dari pembuatan benda uji dengan kadar aspal awal sesuai perhitungan Pb didapatkan nilai kadar aspal dan nilai VIM (*Void In Mix*). Setelah itu dilanjutkan dengan uji *Marshall* sehingga didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).
- b. Pembuatan benda uji dengan campuran menggunakan bahan pengganti limbah plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap proporsi agregat KAO yang telah didapat dari pengujian sebelumnya. HDPE dicacah menggunakan mesin *crusher* dengan ukuran tertentu. Selanjutnya, hasil cacahan akan melewati analisa saringan yang lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.8, kemudian dipanaskan bersamaan dengan agregat, dengan karakteristik berat

jenis 0,96 dan titik leleh HDPE berkisar pada suhu 200-280°C. Benda uji dengan substitusi HDPE dilakukan uji Marshall dengan menggunakan campuran kadar aspal optimum sebanyak 3 (tiga) buah benda uji/briquet tiap variasi persentase bahan pengganti HDPE 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%.

**Tabel 3.2 Benda Uji Campuran dengan Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai Bahan pengganti sebagian agregat**

<b>Limbah Plastik (LDPE)</b>	<b>Jumlah Benda Uji</b>	<b>Keterangan</b>
0%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + KOA
5%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi – total agregat kasar 5%+ (KAO) + 5% HDPE
10%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi – total agregat kasar 10%+ (KAO) + 10% HDPE-
15%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi- total agregat kasar 15%+ (KAO ) + 15% HDPE
20%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi- total agregat kasar 20% + (KAO) + 20% HDPE
25%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi- total agregat kasar 25% + (KAO) + 25 % HDPE
<b>Jumlah</b>		<b>18 Buah</b>

### 3.12 Pemeriksaan Benda Uji (Tes Marshall)

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

Adapun urutan pelaksanaan tes Marshall adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan Pengujian
  - 1) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
  - 2) Timbanglah benda uji yang sebelumnya dibiarkan selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering di udara.

- 3) Rendam benda uji dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- 4) Setelah direndam selama 24 jam, timbanglah benda uji tersebut untuk mendapatkan berat dalam air.
- 5) Selanjutnya benda uji diangkat dan dilap, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat dalam keadaan kering permukaan jenuh.

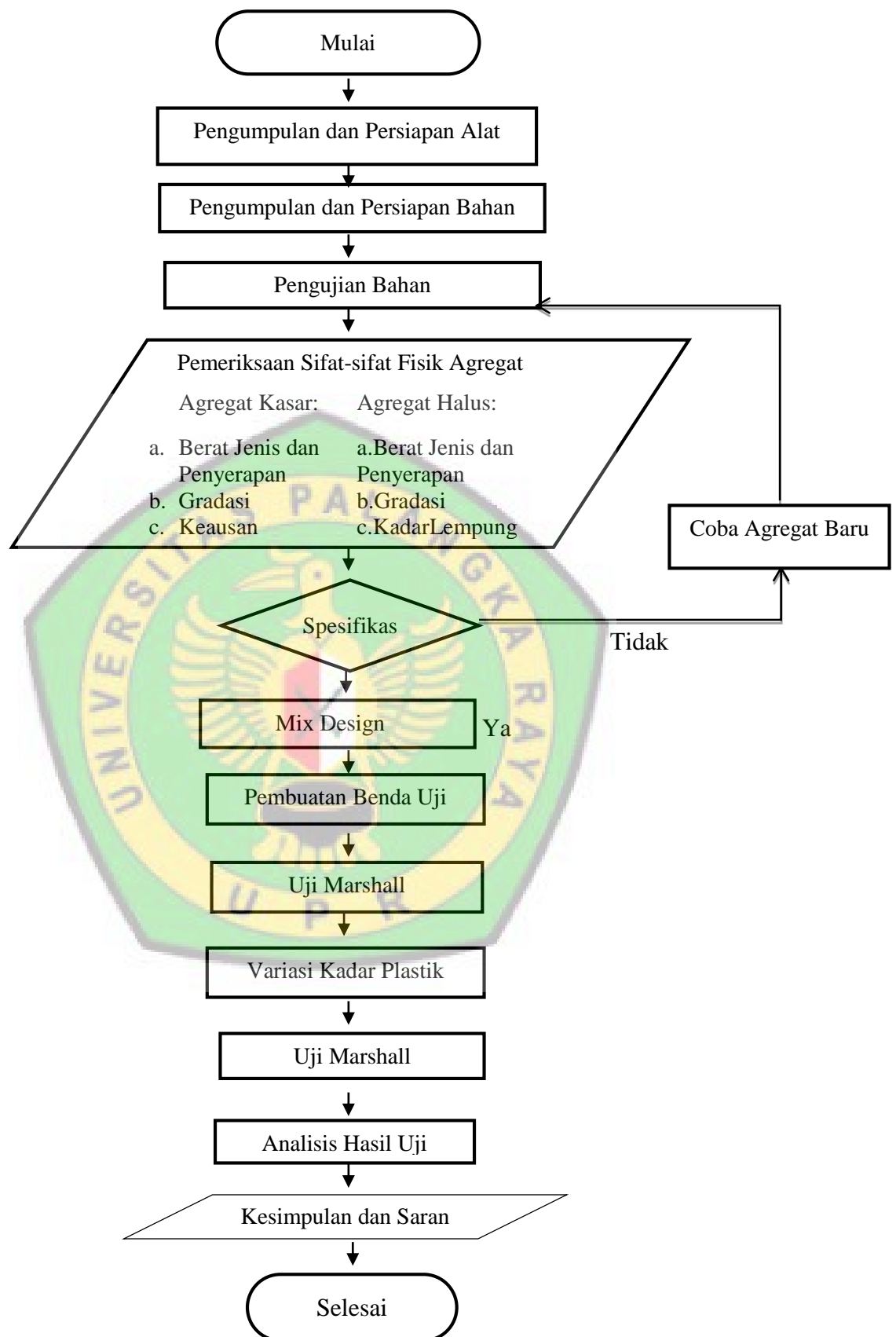
b. Pelaksanaan pengujian

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) dengan suhu tetap 60°C selama 30-40 menit.
- 2) Sebelum pengujian, batang penuntun dan permukaan dalam dari kepala penekan diberi pelumas sehingga kepala penekan dapat meluncur bebas dan mempermudah pelepasan benda uji.
- 3) Keluarkan benda uji dari bak perendam dan segera letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan. Perlu diketahui bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 menit.
- 4) Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- 5) Pasang arloji pengukur kelelahan (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- 6) Naikkan kepala penekan beserta benda uji hingga menyentuh alas cincin penguji, sebelum pembebanan maksimum tercapai.

- 7) Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai.
- 8) Catat angka pembacaan pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai dan angka pembacaan kelelahan (*flow*) pada saat pembebanan maksimum tercapai.
- 9) Setelah selesai, benda uji dikeluarkan dari alas Marshall.
- 10) Selanjutnya nilai pembacaan stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) digunakan dalam perhitungan yang dilakukan dalam tabel perhitungan tes Marshall.

### 3.13 Bagan Alir Penelitian





**Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya ada beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat penyusun campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) yaitu pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis, penyerapan dan keausan agregat kasar semuanya memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga (2018).
2. Komposisi yang dihasilkan dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* terdiri dari 31 % agregat kasar, 31% abu batu dan 38% pasir.
3. Hasil penelitian terhadap parameter Marshall dengan variasi kadar aspal 6,5%, 7%, 7,5%, 8% dan 8,5% diperoleh Kadar Aspal Optimum 7,3%.
4. Hasil Penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall menggunakan komposisi campuran yang sama dan Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,3% dengan substitusi plastik jenis *High Density Polyethelen* terhadap agregat kasar, variasi sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari proporsi agregat kasar dihasilkan nilai karakteristik parameter Marshall sebagai berikut :
  - a Nilai stabilitas untuk semua variasi kadar plastik memenuhi nilai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilisasi tertinggi terdapat pada

25% yaitu 1012,199 kg. Nilai stabilitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan proporsi kadar plastik.

- b Nilai kelelahan (*flow*) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai kelelahan (*flow*) tertinggi terdapat pada penambahan kadar plastik 25% yaitu sebesar 3,30 mm. Nilai *flow* meningkat seiring dengan penambahan proporsi kadar plastik.
- c Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) untuk variasi kadar plastik 5%, 10%, 15% dan 20% memenuhi spesifikasi dan untuk variasi 25% tidak memenuhi spesifikasi. Nilai VIM tertinggi yang memenuhi spesifikasi pada kadar penggunaan kadar plastik 5% yaitu sebesar 5,24%. Nilai rongga dalam campuran (VIM) yang dihasilkan cenderung menurun dengan meningkatnya kadar plastik yang digunakan.
- d Nilai rongga terisi aspal (VFB) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai rongga terisi aspal (VFB) tertinggi terdapat pada substitusi kadar plastik 25% yaitu sebesar 80,74%. Nilai terisi rongga aspal meningkat seiring dengan penambahan persentase kadar plastik.
- e Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) untuk semua variasi kadar plastik memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) tertinggi terdapat pada substitusi kadar plastik 25% yaitu 306,884 kg/mm dan nilai terendah yaitu pada substitusi kadar plastik sebesar 5% sebesar 308,330 kg/mm.

5. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan terhadap parameter karakteristik Marshall dengan variasi kadar plastik jenis HDPE dengan menggunakan grafik hubungan antara parameter Marshall campuran aspal dengan persentase substitusi bahan plastik yang digunakan untuk menentukan nilai kadar plastik maksimum. Didapatkan substitusi maksimum plastik sebesar 23,5%. Nilai parameter karakteristik Marshall pada substitusi kadar plastik maksimum menghasilkan nilai stabilitas sebesar 1008,00 kg, nilai *flow* sebesar 3,23 %, nilai VIM sebesar 4,03%, nilai VFB 80,05%, nilai hasil bagi Marshall 310,04 kg/mm.
6. Substitusi plastik jenis HDPE sebesar 23,5% dari berat agregat, dapat mempengaruhi parameter karakteristik Marshall nilai stabilitas naik 7,76% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan plastik yaitu mengalami kenaikan sebesar 78 kg, nilai *flow* naik sebesar 0,10 mm, rongga dalam campuran turun sebesar 0,70%, rongga terisi aspal naik sebesar 3,55% dan hasil bagi Marshall naik sebesar 15,04 kg/mm.

## 5.2 Saran

Sesuai hasil penelitian dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian lanjutan dalam pemanfaatan limbah plastik sebagai substitusi (pengganti) sebagian agregat pada campuran perkerasan jalan dapat dilakukan dengan menggunakan jenis limbah plastik yang berbeda seperti PP dan PVC.
2. Pencacahan yang dilakukan dengan mesin pencacah terhadap limbah plastik yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat, dapat diubah menjadi

bongkahan yang dicetak melalui pemanasan terlebih dahulu untuk kemudian dipecahkan menjadi agregat dengan gradasi yang diinginkan. Upaya ini memungkinkan dilakukan pemeriksaan abrasi (keausan) terhadap agregat yang dihasilkan.

3. Pemeriksaan terinci terhadap titik lembek limbah plastik jenis HDPE yang digunakan perlu dilakukan sehingga dapat ditentukan saat mencampurkan limbah plastik dengan agregat ketika dipanaskan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum 2018. *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Devisi 6*. Kementrian Pekerjaan Umum Indonesia. Jakarta.
- Desriantomy. 2007. *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Palangka Raya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Esti, D. 2018. *Analisis Karakteristik Campuran Lataston (HRS-WC) akibat rendaman air Laut Pasang (ROB) dengan Aspal modifikasi Polimer Starbit E-55*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Gunadi, M.A.D, (2013). *Analisis Karakteristik campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan menggunakan Plastik Bekas sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- M Fauzan Arofa, 2017. *Analisis Optimum Bitumen Content dan Suhu Pematatan Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Limbah Plastik High Density Poly Ethylene (HDPE) Sebagai Pengganti Agregat*. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Purwonugroho. S. 2018 . *Pengolahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Polypropylene (Pp) Dengan Metode Mix Plastic Coated Aggregate Untuk Meningkatkan Kualitas Aspal Beton*. Skripsi Jurusan/Program Study Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh November.Surabaya.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Campuran Aspal Panas*. Granit, Jakarta.
- Suputra. E. 2019. *Studi Karakteristik Campuran HRS-WC dengan substitusi Styrofoam pada Aspal Pen 60/70*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana.
- Suroso. T. W. 2008. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethelen) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Media Komunikasi Teknik Sipil. Tahun 16, No.3 Oktober 2008.
- Vaza, H., dkk. 2017. *Penerapan Skala Penuh Teknologi Aspal Limbah Plastik*. Surabaya: Balitbang dan BBPKN VIII Surabaya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Yahya, Y. 2018. *Analisis Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet Wearing-Course (HRS-WC) menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis Polyethylene Terephthalate (PET)*. Tugas Akhir Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.