

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK
LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL
PENETRASI 60/70 PADA PERKERASAN LENTUR
LANDAS PACU BANDAR UDARA**

Oleh

**KRISTIAN WARDANA SITUNGKIR
NIM. DAB 115 006**



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

BIODATA PENULIS



Data Pribadi

Nama : Kristian Wardana Situngkir
NIM : DAB 115 006
Tempat, tgl lahir : Medan, 20 Februari 1997
Status : Belum Menikah
Agama : Kristen Protestan
Pekerjaan : Pelajar/ Mahasiswa
Alamat : Desa Kineppen
Nama Ayah : Kusuma Setia Situngkir
Pekerjaan Ayah : Swasta
Nama Ibu : Repenjehen br Surbakti
Pekerjaan Ibu : Bertani

Riwayat Pendidikan*)

SD : SD Negeri 040514 Kineppen (2003-2009)
SLTP : SMP Negeri 2 Kabanjahe (2009-2012)
SLTA : SMA Negeri 2 Kabanjahe (2012-2015)
S-1 : Mulai mengikuti perkuliahan program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya pada bulan Agustus 2015

Aktivitas Organisasi

1. Anggota Senat Mahasiswa Teknik Universitas Palangka Raya (2017-2018)

Palangka Raya, 18 Agustus 2020
Yang membuat pernyataan

Kristian Wardana Situngkir
NIM. DAB 115 006

Ucapan Syukur & Terimakasih

Segala Puji Syukur, Hormat, dan Kemuliaan yang setinggi-tingginya kepada Yesus Kristus Tuhan karena berkat kemurahan dan kasihnya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan serta berkat Tuhan yang selalu tercurah kepada saya sehingga saya boleh sampai ke tahap sekarang ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada Iting ku si melias metami, Mamak dan Bapak juga ucapan terimakasih yang setinggi-tingginya saya ucapkan karena dibalik terselesainya Tugas Akhir saya itu karena suport, perjuangan dan pengorbanan yang kalian telah beriakn mak pak.

“My Lovely Grandma”

*- Ting.....nggo sarajana nda aku...., --
e lalap belas-belasku ting..,*

*pas kencana nggo dung aku sidang skripsi e ting.,
nggo dung sekolahku nda ting., iperberkatndu aku sekolah ku
kalimantan enda ting., Tapi la timaindu kerehenku mbaba raport
kuliah ku ting., ku ise naring ku tuduhkan ponten kuliahku e ting..., Teh
ndu ting mamak ras bapak sada lalap arihna ting., kak tua, adek
tengah bagepe agi uda rehulina kerina kalak ah ting., adek tengah
nda pe nggong lanai ia erjudi nda ting nggo robah ndai ia ting., aku
pe nggom jarang mesui takalku ting., bibi bapa uda bagepe bapa tua i
jenda mehuli kel nandangi aku ting., bagepe teman-temanku sekolah
jenda ting mehuli kel kerina ting kalak enda si ngurupi penelitianku
ting., bagepe teman-teman si beru hombing mehuli kel nge ia man aku
ting tapi lanai kami erteman-teman nari ting gundari.,
Mejuah-juah kami kerina sitadingkendu ya ting., ngarak-ngarak kel
pertendindu., totoken aku gelah pedas kudat pendahinku simehulina
ya ting., Gelah banci aku jadi Bupati nda ting hehehehe., totoken aku
lah ting segelah erpentarna aku baik ibas aku ngajari agi-agiku bagepe
bas bidang pertemanan., Bage dage ting kam pe Mejuah-Juah ya ting i
jena me lanai bo kap ndu mulungen ndai heheheh., Adi i surga ena
ulainai km elat-elat man ya ting., Love You Itingku,....*

Ucapan terimakasih setinggi-tingginya juga saya ucapkan kepada seluruh dosen yang berada di jurusan Teknik Sipil UPR terkhusus kepada Bapak Rudy Waluyo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing

Akademik Saya; Bapak Salonten, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 TA saya; Bapak Ir. Mohamad Amin, M.T. selaku dosen pembimbing 2 TA saya serta dosen pembahas TA saya bapak Sutan P. S., S.P.T., S.T., M.T.; ibu Ina, S.T., M.T. dan bapak Ir. Desriantomy, M.T. atas segala ajaran dan didikan yang telah kalian berikan kepada saya selama saya berkuliah kampus tercinta Universitas Palangka Raya.

Ucapan terimakasih yang amat mendalam juga saya ucapkan kepada seluruh keluarga yang mungkin tidak saya sebutkan satu per satu yang berada di Kalimantan Tengah yang telah menjadi orang tua saya selama saya menuntut ilmu kota Palangka Raya ini. Terimakasih juga saya ucapkan kepada semua teman-teman yang telah mejadi keluarga saya di perantauan ini. Untuk teman-teman sekos saya dulu lae Erwin Nainggolan, lae Reynaldo Nainggolan, Alin Nainggolan, lae pasaaribu mauliate godang lae godang boi hu dapot pelajaron sian hamu saleleng hita rap mardongan di palangka raya on. Terimakasih juga saya ucapkan kepada terkasih Naomi Hemagita Sihombing S.P. atas segala dukungan dan doanya pada saat saya berkuliah dan selama saya menyelesaikan TA saya. Terimakasih juga saya ucapkan kepada Asima L. Tobing yang menjadi teman saya mengerjakan TA mulai dari nol, lae Fernando, lae Sudiko, lae Dedy dan semua teman-teman yang membantu saat saya penelitian. Juga terimakasih saya ucapkan kepada teman-teman Hita Teknik, Permata GBKP, serta teman-teman sesama jurusan Teknik Sipil khususnya sesama angkatan 2015 terimakasih atas segala doa dan dukungan kalian saya menyelesaikan TA saya. Maaf jika nama teman-teman tidak saya sebutkan satu-persatu.

*Salam hangat
Penulis, 18 Agustus 2020*

Kristian Wardana Situngkir

PERNYATAAN

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

Palangka Raya, 18 Agustus 2020



Kristian Wardana Situngkir
NIM. DAB 115 006

RINGKASAN

ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL PENETRASI 60/70 PADA PERKERASAN LENTUR LANDAS PACU BANDAR UDARA, Kristian Wardana Situngkir, 2020, Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Landas pacu merupakan infrastruktur yang berfungsi sebagai landasan pesawat terbang melakukan pendaratan ataupun lepas landas. Perkerasan lentur adalah perkerasan yang pada umumnya sering digunakan untuk landas pacu dengan campurannya menggunakan aspal penetrasi 60/70. Tujuan dari aspal modifikasi adalah untuk meningkatkan kinerjanya, salah satunya dengan aspal dengan campuran plastik. Dalam penelitian ini mencoba menganalisis pemanfaatan limbah plastik jenis LDPE sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 dalam campuran perkerasan lentur landas pacu untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap karakteristik Marshall campuran.

Pengujian karakteristik Marshall campuran dengan substitusi aspal dengan plastik LDPE menggunakan metode *asphalt institute*. Pengujian Marshall campuran dilakukan dengan dua tahap, yaitu: pengujian tahap pertama bertujuan untuk mendapatkan KAO (Kadar Aspal Optimum) dari komposisi campuran yang direncanakan dengan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8%; setelah itu dilanjutkan pengujian tahap kedua yaitu pengujian campuran dengan substitusi plastik LDPE terhadap nilai KAO yang diperoleh dari pengujian tahap pertama. Variasi kadar substitusi plastik LDPE terhadap aspal pada campuran yaitu 4%, 8%, 12% dan 16% dengan komposisi agregat sama dengan pengujian tahap pertama.

Berdasarkan hasil pemeriksaan material yang telah dilakukan diperoleh komposisi campuran dengan proporsi agregat sebesar 32% agregat kasar, 26% agregat sedang, dan 42% abu batu. Berdasarkan hasil pengujian Marshall tahap satu diperoleh kadar aspal optimum (KAO I) sebesar 6,48%. Pengujian Marshall tahap dua dengan mensubstitusi plastik LDPE terhadap kadar aspal pada campuran dengan komposisi agregatnya sama dengan komposisi campuran tahap satu. Dari hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall pada substitusi plastik LDPE terhadap kadar aspal campuran, yaitu pada kadar 4% untuk nilai VFB 82,141% tidak memenuhi spesifikasi ($> 82\%$); kadar substitusi plastik 8% (stabilitas 1038,793 kg; *Flow* 3,69 mm; VIM 3,346 %; VFB 81,488 %; dan berat isi 2,342 gram/cm³) dan 12% (stabilitas 1093,440 kg; *Flow* 3,86 mm; VIM 3,993 %; VFB 78,877 %; dan berat isi 2,329 gram/cm³) memenuhi spesifikasi serta pada kadar substitusi 16% dengan nilai VIM 4,294 tidak memenuhi spesifikasi ($> 4\%$). Berdasarkan hasil analisis data maka kadar substitusi plastik LDPE optimum (KPO) sebesar 8,90% dan Kadar Aspal Optimum (KAO II) sebesar 8,90%.

Kata kunci: Aspal 60/70, Landas Pacu, Plastik LDPE

SUMMARY

ANALYSIS OF LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) PLASTIC WASTE'S UTILIZATION AS A SUBSTITUTION OF ASPHALT PENETRATION 60/70 IN THE FLEXIBLE PAVEMENT OF AIRPORT'S RUNWAY, Kristian Wardana Situngkir, 2020, Major/Study Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya

The runway is an infrastructure that functions as an airplane to landing or taking off. Flexible pavement is pavement which is commonly used for runway with mixtures using asphalt penetration 60/70. The purpose of asphalt modification is to improve the performance of one of them by asphalt with a plastic mixture. In this research, we tried to analyze the use of LDPE type plastic waste as a asphalt penetration 60/70 substitute material in the runway flexural pavement mixture to find out how much influence on the Marshall mix characteristics.

Characteristics test Marshall mixture of asphalt substitution with LDPE plastic using the asphalt institute method. Marshall mixture testing is carried out in two stages, namely: the first stage of testing aims to obtain OBC (Optimum Bitument Content) of the planned mixture composition with bitument content variation of 6%, 6.5%, 7%, 7.5% and 8%; After that, the second stage of testing is continued, namely the mixture testing with LDPE plastic substitution of the OBC value obtained from the first stage of testing. The variation of LDPE plastic substitution level on asphalt in the mixture is 4%, 8%, 12% and 16% with the same aggregate composition as the first stage of testing.

Based on the results of the testing of the material which has been carried out obtained a mixture composition with an aggregate proportion of 32% coarse aggregate, 26% medium aggregate, and 42% stone ash. Based on the results of the Marshall test stage one, the optimum bitument content (OBC I) was 6.48%. The second stage Marshall test by substituting LDPE plastics for the asphalt content of the mixture with the same aggregate composition as the stage one mixture composition. From the results of the evaluation of Marshall characteristics in LDPE plastic substitution of asphalt mixture content, which is at 4% content for a VFB value of 82.141% did not meet the specifications (> 82%); 8% of substrate content (stability 1038,793 kg; Flow 3,69 mm; VIM 3,346%; VFB 81,488%; content weight 2,342 gram / cm³) and 12% (stability 1093,440 kg; Flow 3,86 mm; VIM 3,993%, VFB 78,877%, and content weight 2,329 gram / cm³) meet the specifications and at 16% substitution with a VIM value of 4,294 not meeting the specifications (> 4%). Based on the results of data analysis, the optimum LDPE plastic substitution content (OPC) is 8.90% and the Optimum Bitument Content (OBC II) is 8.90%.

Keywords: Asphalt 60/70, Runway, LDPE plastic

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat kasih karunia-Nya, sehingga Proposal Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Proposal Tugas Akhir ini berjudul **“ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI ASPAL PENETRASI 60/70 PADA PERKERASAN LENTUR LANDAS PACU BANDAR UDARA”** 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 terimakasih dan penghargaan 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.TP., 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 dan Dosen Pembimbing Akademik Penulis.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Salonten, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir.
8. Bapak Ir. Mohamad Amin, M.T. selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir.
9. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
10. Rekan-rekan Mahasiswa dan Mahasiswi Teknik Sipil angkatan 2015.

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

Palangka Raya, 18 Agustus 2020

Kristian Wardana Situngkir
NIM. DAB 115 006

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Lokasi Penelitian	5
1.7. Lokasi Pengambilan Material	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Bandar Udara	7
2.1.1 Fasilitas sisi darat (<i>Landside Facility</i>) bandar udara	8
2.1.2 Fasilitas sisi udara bandar udara.....	9
2.2 Konfigurasi Bandar Udara	10
2.3 Landas Pacu (<i>Runway</i>).....	10
2.4 Struktur Perkerasan Landasan Pacu	11
2.4.1 Jenis konstruksi perkerasan.....	13
2.4.2 Fungsi lapis perkerasan	15
2.5 Perencanaan Perkerasan <i>Runway</i> dan <i>Taxiway</i>	17
2.6 Aspal Beton (<i>Asphalt Concrete</i>)	18
2.7 Aspal	19
2.8 Agregat	22
2.8.1 Klasifikasi agregat berdasarkan sumber bahan (<i>Resource</i>)	23

2.8.2	Klasifikasi agregat berdasarkan dimensi butiran	23
2.8.2.1	Agregat kasar	23
2.8.2.2	Agregat halus	25
2.8.2.3	Bahan pengisi (<i>Filler</i>)	26
2.9	Campuran <i>Asphalt Concrete</i>	26
2.10	Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)	31
2.11	Membuat <i>Design Mix Formula</i>	34
2.12	Metode Perencanaan Campuran	35
2.13	Kajian terhadap Penelitian Terdahulu	40
BAB III	METODE PENELITIAN	46
3.1	Umum	46
3.2	Pengambilan Material	46
3.3	Pengambilan Sampel	46
3.4	Bahan Penelitian	48
3.5	Alat-alat Penelitian	48
3.5.1	Alat-alat untuk Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat..	48
3.5.2	Alat Pembuatan dan Pemeriksaan Benda Uji	51
3.6	Cara Penelitian	52
3.6.1	Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Agregat	52
3.6.2	Pemeriksaan Gradasi Agregat	53
3.6.3	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat	54
3.6.4	Pengujian Keausan Agregat Kasar	57
3.6.5	Pemeriksaan Kadar Lempung Agregat Halus	58
3.6.6	Pemeriksaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	59
3.6.7	Penentuan Proporsi Campuran terhadap Total Agregat	60
3.6.8	Pembuatan Benda Uji	61
3.7	Pemeriksaan Benda Uji (Tes Marshall)	64
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	68
4.1	Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium	68
4.1.1	Pengujian sifat-sifat fisik agregat	68
4.1.2	Perencanaan campuran	69
4.2	Pengujian Marshall	76
4.2.1	Persiapan pengujian marshall	76
4.2.2	Perhitungan pengisian tabel pengujian marshall	76
4.3	Analisis Hasil Pengujian Marshall Komposisi I	79
4.3.1	Hubungan stabilitas dengan variasi kadar aspal	80
4.3.2	Hubungan kelelahan (<i>Flow</i>) dengan variasi kadar aspal	81
4.3.3	Hubungan rongga udara dalam campuran (<i>Void In Mixture/ VIM</i>) dengan variasi kadar aspal	83

4.3.4	Hubungan rongga terisi aspal (<i>Void Filled With Bitument/ VFB</i>) dengan variasi kadar aspal	84
4.3.5	Hubungan berat isi dengan variasi kadar aspal	85
4.4	Analisis Hasil Pengujian Marshall Komposisi II	87
4.4.1	Hubungan stabilitas terhadap variasi kadar persentase plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal	89
4.4.2	Hubungan kelelahan (<i>Flow</i>) terhadap variasi plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal	90
4.4.3	Hubungan rongga udara dalam campuran (<i>Void in Mix/ VIM</i>) terhadap variasi persentase plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal	91
4.4.4	Hubungan rongga terisi aspal (<i>Void Filled With Bitumen / VFB</i>) terhadap variasi persentase plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal	92
4.4.5	Hubungan berat isi terhadap variasi persentase plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal	93
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	100
5.2	Saran	103
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70	21
Tabel 2.2	Material Aspal Alternatif	22
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Kasar	25
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus	26
Tabel 2.5	Gradasi Agregat <i>Aphalt Concrete</i>	27
Tabel 2.6	Persyaratan Hasil Uji Marshall	30
Tabel 2.7	Toleransi <i>Job Mix</i>	31
Tabel 2.8	Tipe-tipe Polimer	33
Tabel 2.9	Sifat-sifat Aspal dengan Modifikasi Limbah Plastik LDPE	34
Tabel 2.10	Korelasi Penelitian dengan Penelitian Terdahulu	45
Tabel 3.1	Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	63
Tabel 3.2	Benda Uji Campuran dengan Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE) sebagai Bahan Substitusi Aspal	64
Tabel 4.1	Hasil Analisa Saringan Masing-masing Agregat	68
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisik Masing-masing Agregat	69
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan dengan Cara Diagonal (Komposisi A)	70
Tabel 4.4	Tabel Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan dengan Cara <i>Trial and Error</i> (Komposisi B)	73
Tabel 4.5	Rencana Proporsi Campuran	75
Tabel 4.6	Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan terhadap Agregat Total ..	77
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Marshall Komposisi I	80
Tabel 4.8	Hasil Evaluasi Parameter Marshall Komposisi I	87
Tabel 4.9	Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Persentase Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE) sebagai Bahan Substitusi terhadap KAO I	88
Tabel 4.10	Rencana Komposisi Campuran dengan Variasi Persentase Plastik <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE) sebagai Bahan Substitusi terhadap KAO I	88
Tabel 4.11	Hasil Evaluasi Nilai Parameter Marshall Komposisi II	95
Tabel 4.12	Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran Tanpa Plastik LDPE dan Campuran dengan Substitusi Plastik LDPE Optimum ..	98

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Lokasi Pengujian Agregat dan Material 5
Gambar 1.2	Lokasi Pengambilan Material 6
Gambar 2.1	Sistim <i>Runway</i> 11
Gambar 2.2	Struktur Lapis Perkerasan Lentur (<i>Flexible</i>)..... 14
Gambar 2.3	Struktur Lapis Perkerasan Kaku (<i>Rigid</i>) 15
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian 67
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Gabungan Cara Diagonal 70
Gambar 4.2	Grafik Gradasi Gabungan Cara <i>Trial and Error</i> 73
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I 81
Gambar 4.4	Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I..... 82
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Rongga Udara Dalam Campuran (<i>VIM</i>) dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I 83
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (<i>VFB</i>) dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I 84
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Berat Isi dengan Variasi Kadar Aspal Komposisi I 85
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Parameter Marshall yang Memenuhi Spesifikasi Terhadap Variasi Kadar Aspal Komposisi I 86
Gambar 4.9	Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 89
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Kelelahan (<i>Flow</i>) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 90
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (<i>VIM</i>) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 91
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Rongga Terisi Aspal (<i>VFB</i>) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 92
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 93
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 94
Gambar 4.15	Grafik Hasil Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal 96

Gambar 4.16	Grafik Hasil Hubungan Kelelehan (<i>Flow</i>) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal	96
Gambar 4.17	Grafik Hasil Hubungan Rongga Udara dalam Campuran (VIM) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal	97
Gambar 4.18	Grafik Hasil Hubungan Rongga Terisi Aspal (VFB) terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal	97
Gambar 4.19	Grafik Hasil Hubungan Berat Isi terhadap Variasi Persentase Plastik LDPE sebagai Bahan Substitusi Kadar Aspal	98
Gambar 4.20	Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran antara Komposisi I pada nilai Kadar Aspal Optimum dan Komposisi II pada Substitusi Plastik Maksimum.....	98

DAFTAR NOTASI

Pb	: Kadar aspal
CA	: Agregat kasar (<i>Coarse Aggregate</i>)
FA	: Agregat halus (<i>Fine Aggregate</i>)
<i>Filler</i>	: Abu batu
Konstanta	: 2,0 – 3,0 untuk Lataston
g	: Nilai kepadatan (gr/cc)
c	: Berat kering/ sebelum direndam (gr)
d	: Berat benda uji jenuh air (gr)
e	: Berat benda uji dalam air (gr)
f	: Volume benda uji (cc)
VIM	: Rongga udara dalam campuran padat, persentase dari total volume.
Gmm	: Berat jenis maksimum campuran.
Gmb	: Berat jenis curah campuran padat.
VMA	: Rongga dalam agregat mineral
Gsb	: Berat jenis curah agregat
Ps	: Agregat, persentase berat total campuran
Gmb	: Berat jenis curah campuran padat
VFA	: Volume rongga antar butir agregat yang terisi aspal persentase dari VMA
S ₁	: Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 menit
S ₂	: Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 menit
IKS	: Indeks Kekuatan Sisa (%)
Ps	: Kadar agregat, % terhadap berat aspal beton padat
Pa	: Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %
Gse	: Berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal beton padat.
Ga	: Berat jenis aspal
Gmb	: Berat jenis bulk dari aspal beton padat
Bk	: Berat kering aspal beton
Bssd	: Berat kering permukaan dari aspal beton yang telah didapatkan,
Ba	: Berat aspal beton padat di dalam air
a	: Berat total agregat kasar semula (5000 gram)
b	: Berat agregat kasar yang tertahan saringan No.12
<i>Bk</i>	: Berat agregat kering yang keluar dari dalam oven
<i>Bj</i>	: Berat sampel kering permukaan jenuh agregat kasar
<i>Ba</i>	: Berat sampel dari dalam air agregat kasar
<i>B</i>	: Berat sampel kering permukaan jenuh agregat halus
Bt	: Berat sampel dari dalam air agregat halus
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Landas pacu atau *Runway* merupakan infrastruktur yang berfungsi sebagai landasan pesawat terbang melakukan lepas landas dan pendaratan (Wahyudi, 2018). Ada beberapa jenis perkerasan yang digunakan pada bandar udara, seperti perkerasan lentur, perkerasan kaku, maupun perkerasan komposit. Salah satu jenis perkerasan yang sering digunakan di Indonesia untuk perencanaan *runway* adalah perkerasan lentur karena waktu yang dibutuhkan dalam perbaikan atau *maintenance* landas pacu lebih cepat daripada perkerasan kaku.

Aspal Beton (*Asphalt Concrete* atau AC) atau yang biasa disebut LASTON (Lapisan Aspal Beton) adalah lapisan permukaan struktural perkerasan lentur sebagai lapisan paling atas. Lapisan LASTON terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Pada umumnya di Indonesia LASTON menggunakan aspal penetrasi 60/70. Jika LASTON diberi bahan tambah (*additive*) maka disebut sebagai aspal modifikasi (Nasution, 2018).

Aspal modifikasi adalah aspal minyak yang ditambah dengan beberapa aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kinerjanya, seperti penambahan polimer, plastik, arang dan lain sebagainya. Ada tujuh karakteristik campuran aspal beton yang harus dimiliki diantaranya stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) ialah ketahanan dari lapis aspal

beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak (Sukirman, S., 2003). Alur adalah deformasi permukaan perkerasan aspal, berbentuk ke arah memanjang pada lintasan roda kendaraan. Alur biasanya baru terlihat jelas ketika hujan dan terjadi gennangan air didalamnya, untuk menghindari terjadinya alur diberikan penambahan bahan aditif untuk meningkatkan kinerja aspal salah satunya penambahan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) atau lebih dikenal dengan Plastik Kresek.

Di Indonesia, menurut data statistik persampahan domestik Indonesia, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua di dunia sebesar 5.4 juta ton per tahun atau 14 persen dari total produksi sampah dunia. Dengan demikian, plastik telah mampu menggeser sampah jenis kertas yang tadinya di peringkat kedua menjadi peringkat ketiga dengan jumlah 3.6 juta ton per tahun atau 9 persen dari jumlah total produksi sampah (Indonesia Solid Association Waste, 2013). Adanya penambahan PET dalam campuran aspal dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal dibandingkan dengan campuran tanpa penambahan PET (Putri Ajeng, 2016). Serta penambahan plastik jenis LDPE mengurangi kerusakan aspal terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) yang menyebabkan alur (Tjiktjik wasiah, 2009).

Penelitian ini mencoba melakukan pemanfaatan limbah plastik jenis LDPE yang akan digunakan sebagai bahan substitusi aspal dalam campuran perkerasan lentur Landas Pacu Bandar Udara Tjilik Riwut yang terdiri dari lapis permukaan (*surface course*) dan lapis pondasi atas (*base course*) ditinjau dari karakteristik marshall, dengan agregat yang berasal dari Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas. Pemilihan agregat ini untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam yang ada

didaerah tersebut. Diharapkan dengan penambahan limbah plastik bekas jenis LDPE sebagai bahan substitusi aspal pen. 60/70 pada campuran mampu meningkatkan kualitas campuran aspal dan juga sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan sampah yang sulit terurai dengan peningkatan nilai fungsinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah agregat yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete (AC)* untuk landas pacu memenuhi persyaratan spesifikasi?
2. Bagaimana komposisi *Asphalt Concrete (AC)* yang dihasilkan?
3. Berapa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan nilai karakteristik marshall yang dihasilkan pada campuran *Asphalt Concrete (AC)* ?
4. Bagaimanakah karaktersistik marshall yang dihasilkan menggunakan plastik jenis *Low Density Polyethylene (LDPE)* sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar plastik 4%, 8%, 12%, dan 16% terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)?
5. Berapa nilai substitusi limbah plastik maksimum terhadap aspal serta bagaimana pengaruhnya terhadap campuran dibandingkan dengan campuran tanpa limbah plastik dilihat dari nilai Marshallnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitan ini adalah:

1. Mengetahui apakah agregat yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete (AC)* untuk landas pacu memenuhi persyaratan spesifikasi.

2. Mengetahui komposisi *Asphalt Concrete* (AC) yang dihasilkan.
3. Menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan nilai karakteristik marshall yang dihasilkan pada campuran *Asphalt Concrete* (AC).
4. Mengetahui karakteristik marshall yang dihasilkan menggunakan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar plastik 4%, 8%, 12%, dan 16% terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO).
5. Mengetahui nilai maksimum substitusi limbah plastik terhadap aspal serta pengaruhnya terhadap campuran dibandingkan dengan campuran tanpa limbah plastik dilihat dari nilai Marshallnya.

1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Spesifikasi yang menjadi acuan dalam penelitian ini menggunakan standar yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara pada Pedoman Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) dan Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Tahun 2014.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70.
3. Bahan tambahan yang digunakan adalah plastik kresek bekas yang termasuk jenis plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE), dipotong dengan ukuran panjang dan lebar ± 1 cm, kemudian dicampurkan bersamaan dengan campuran aspal dan agregat yang dipanaskan.
4. Plastik yang dicacah dalam keadaan kering dan bersih.

5. Perubahan kimia yang terjadi dalam campuran aspal dengan bahan aditif plastik tidak ditinjau beserta besarnya pengaruhnya dari segi ekonomi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan plastik bekas jenis LDPE sebagai bahan substitusi pada campuran aspal untuk landas pacu pesawat.
2. Salah satu solusi pengurangan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) juga untuk peningkatan nilai ekonomis dan fungsinya.
3. Apabila penelitian ini memberikan hasil yang positif, semoga dapat digunakan pada konstruksi perkerasan lentur landas pacu pesawat sekaligus juga dapat menjadi solusi terhadap permasalahan sampah yang semakin besar Indonesia khususnya di kota Palangka Raya.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi pengujian agregat dan uji marshall dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 1.1 Lokasi Pengujian Agregat dan Uji Marshall
Sumber: Google Maps

1.7 Lokasi Pengambilan Material

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas bertepatan di Km 2 ruas jalan Kuala Kurun-Tewah. Dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Material

Sumber: Google Map



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bandar Udara

Bandar udara adalah lapangan terbang yang dipergunakan untuk mendarat dan lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat kargo dan/atau pos, serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan juga sebagai tempat perpindahan antar moda (Peraturan Jenderal Perhubungan, 2005).

Fungsi Bandar Udara yaitu untuk menunjang kelancaran, keamanan dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, kargo dan/atau pos, keselamatan penerbangan, tempat perpindahan intra dan/atau moda serta mendorong perekonomian baik daerah maupun secara nasional. Tatanan Kebandarudaraan nasional yang mengatur penyelenggaraan Bandar Udara sesuai dengan fungsi, penggunaan, klasifikasi, status, penyelenggaraan dan kegiatan Bandar Udara.

Klasifikasi bandar udara terdiri atas beberapa kelas yang ditetapkan berdasarkan kapasitas pelayanan dan kegiatan operasional bandar udara. Transportasi udara umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yakni angkutan udara, penerbangan umum dan militer. Kategori penerbangan swasta dan umum selain penerbangan terjadwal yang dilaksanakan penerbangan (*Airlines*) meliputi juga penerbangan terjadwal yang digunakan oleh industri swasta dan komersial untuk mengirimkan barang ataupun alat-alat hasil produksi. Dalam penerbangan juga termasuk kegiatan penerbangan *non-transport*, misalnya untuk keperluan inspeksi penerbangan, pemadam kebakaran, dan lain-lain.

Di Indonesia klasifikasi Bandar udara sesuai dengan keputusan Menteri Perhubungan No. 36 Tahun 1993 didasarkan pada beberapa kriteria berikut :

1. Komponen jasa angkutan udara.
2. Komponen pelayanan keselamatan dan keamanan penerbangan.
3. Komponen daya tampung bandara (landasan pacu dan tempat parkir pesawat).
4. Komponen fasilitas keselamatan penerbangan (fasilitas elektronik dan listrik yang menunjang operasi fasilitas keselamatan penerbangan).
5. Komponen status dan fungsi bandara dalam konteks keterkaitannya dengan lingkungan sekitarnya.

Dalam melaksanakan pelayanannya, kegiatan bandar udara dibagi atas dua sistem yaitu sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*). Agar pelayanan berjalan lancar sehingga diperlukan pintu terbuka sebanyak mungkin dari *land side* ke *air side*.

2.1.1 Fasilitas sisi darat (*Landside Facility*) bandar udara

Sisi Darat suatu bandar udara adalah wilayah bandar udara yang tidak langsung berhubungan dengan kegiatan operasi penerbangan. Ditinjau dari pengoperasiannya, fasilitas sisi darat sangat terkait erat dengan pola pergerakan barang dan penumpang serta pengunjung dalam suatu bandar udara. Sehingga pengoperasian fasilitas ini harus dapat memindahkan penumpang, kargo, surat, pesawat, pergerakan kendaraan permukaan secara efisien, cepat dan nyaman dengan mudah dan berbiaya rendah.

Dalam penetapan standar persyaratan teknis operasional fasilitas sisi darat, satuan yang digunakan untuk mendapatkan nilai standar adalah satuan jumlah

penumpang yang dilayani. Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. KP 590 Tahun 2014 Fasilitas sisi darat (*Landside Facility*) bandar udara antara lain:

- a. Bangunan terminal penumpang;
- b. Bangunan terminal kargo;
- c. Menara pengatur lalu lintas penerbangan (*control tower*);
- d. Bangunan operasional penerbangan;
- e. Jalan masuk (*access road*);
- f. Parkir kendaraan bermotor;
- g. Depo pengisian bahan bakar pesawat udara;
- h. Bangunan hanggar;
- i. Bangunan administrasi/perkantoran;
- j. Marka dan rambu; serta
- k. Fasilitas pengolahan limbah.

2.1.2 Fasilitas sisi udara bandar udara

Sisi Udara suatu Bandar Udara adalah bagian dari Bandar Udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik tempat setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan/atau memiliki izin khusus.

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. KP 590 Tahun 2014 Fasilitas sisi darat (*Airside Facility*) bandar udara antara lain :

- a. Landas pacu;
- b. Strip landas pacu, *runway end safety area (resa)*, *stopway*, *clearway*;

- c. Landas hubung (*taxiway*);
- d. Landas parkir (*apron*);
- e. Marka dan rambu; dan
- f. Taman meteo (fasilitas dan peralatan pengamatan cuaca).

2.2. Konfigurasi Bandar Udara

Konfigurasi bandar udara adalah jumlah dan arah orientasi dari landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang relatif terhadap landasan pacu.

Jumlah landasan bergantung pada volume lalu-lintas dan orientasi landasan, tergantung pada arah angin dominan yang bertiup, tetapi kadang juga bergantung pada luas tanah yang tersedia bagi pengembangan. Karena orientasi utama dalam bandar udara adalah landasan pacu (*runway*), maka penempatan landasan hubung (*Taxiway*) pun harus benar-benar tepat sehingga lokasinya memberi kemudahan dalam melayani penumpang. Orientasi yang paling penting dalam perencanaan bandar udara adalah: Landasan pacu (*Runway*), landasan hubung (*Taxiway*) dan tempat parkir (*Apron*) (Ravandy, 2019).

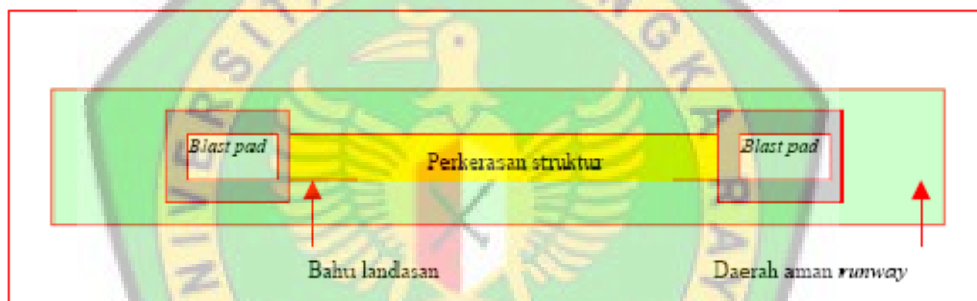
2.3. Landas Pacu (*Runway*)

Berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara No. KP 590 Tahun 2014 Pasal 1 ayat (9) menerangkan bahwa Landas Pacu adalah suatu daerah persegi panjang yang ditentukan pada bandar udara di kawasan daratan dan/atau perairan yang dipergunakan untuk pendaratan dan lepas landas pesawat udara. Sistem *runway* terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal

hembusan (*blast pad*), dan daerah aman *runway* (*runway end safety area*) (Horonjeff, 1994).

Pada dasarnya landasan pacu diatur sedemikian rupa untuk:

- a) Memenuhi persyaratan pemisahan lalu lintas udara.
- b) Meminimalisasi gangguan akibat operasional suatu pesawat dengan pesawat lainnya, serta akibat penundaan pendaratan.
- c) Memberikan jarak landas hubung yang sependek mungkin dari daerah terminal menuju landasan pacu.
- d) Memberikan jumlah landasan hubung yang cukup sehingga pesawat yang mendarat dapat meninggalkan landasan pacu yang secepat mungkin dan mengikuti rute yang paling pendek ke daerah terminal.



Gambar 2.1 Sistim Runway

Sumber: Sandhyavitri dan Taufik (2005)

2.4. Struktur Perkerasan Landasan Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Perkerasan yang dibuat dari campuran aspal dengan agregat digelar di atas suatu permukaan material granular mutu tinggi disebut perkerasan lentur, sedangkan perkerasan yang dibuat dari slab-slab beton (*Portland Cement Concrete*) disebut perkerasan “*Rigid*”.

Pada struktur perkerasan bekerja muatan roda pesawat terjadi sampai beberapa juta kali selama periode rencana. Setiap kali muatan ini lewat, terjadi defleksi lapisan permukaan dan lapisan dibawahnya. Pengulangan beban (repetisi) menyebabkan terjadinya retakan yang pada akhirnya mengakibatkan kerusakan /kegagalan total. Perkerasan dibuat dengan tujuan untuk memberikan permukaan yang halus dan aman pada segala kondisi cuaca, serta ketebalan dari setiap lapisan harus cukup aman untuk menjamin bahwa beban pesawat yang bekerja tidak merusak perkerasan lapisan di bawahnya (Basuki, 1986).

Perkerasan lentur terdiri dari satu lapisan bahan atau lebih yang digolongkan sebagai lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*) yang terletak di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang telah dipersiapkan.

Lapisan tanah dasar dapat berupa galian atau timbunan. Lapisan permukaan terdiri dari bahan berbitumen yang berfungsi untuk memberikan permukaan yang halus yang dapat memikul beban-beban yang bekerja dan berpengaruh pada lingkungan untuk jangka waktu operasional tertentu untuk menyebarkan beban yang bekerja ke lapisan dibawahnya. Lapisan pondasi atas adalah bahan yang terdiri dari material berbutir dengan bahan pengikat atau tanpa pengikat yang berfungsi memikul beban yang bekerja dan menyebarkan ke lapisan-lapisan dibawahnya (Yoder dan Witczak, 1975). Lapisan pondasi bawah dapat terdiri dari batu alam yang dipecahkan terlebih dahulu atau yang alami. Seringkali digunakan bahan sirtu (batu-pasir) yang diproses terlebih dahulu atau bahan yang dipilih dari hasil galian di tempat pekerjaan. Tetapi perlu diketahui bahwa tidak setiap perkerasan lentur

memerlukan lapisan pondasi bawah. Sebaliknya perkerasan yang tebal dapat terdiri dari beberapa lapisan pondasi bawah.

Pada perencanaan perkerasan pada *runway*, memiliki konsep dasar yang sama dengan perencanaan perkerasan pada jalan raya, dimana perencanaan berdasarkan beban yang bekerja dan kekuatan bahan yang digunakan untuk mendukung beban yang bekerja. Namun pada aplikasi sesungguhnya tentu terdapat perbedaan pada perencanaan perkerasan runway dan jalan raya, yaitu :

1. Jalan raya dirancang untuk kendaraan yang berbobot sekitar 9000 lbs, sedangkan *runway* dirancang untuk memikul beban pesawat yang rata-rata berbobot jauh lebih besar yaitu sekitar 100.000 lbs.
2. Jalan raya direncanakan mampu melayani perulangan beban (repetisi) 1000-2000 truk per harinya, sedangkan *runway* direncanakan untuk melayani repetisi beban 20.000 sampai 40.000 kali selama umur rencana.
3. Tekanan ban pada kendaran yang bekerja kira-kira 80-90 psi, sedangkan pada *runway* tekanan ban yang bekerja di atasnya adalah mencapai 400 psi.
4. Perkerasan jalan raya mengalami distress yang lebih besar karena beban bekerja lebih dekat ke tepi lapisan, berbeda pada *runway* dimana beban bekerja pada bagian tengah perkerasan.

2.4.1 Jenis konstruksi perkerasan

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan. Jenis konstruksi perkerasan yang digunakan di bandara, yaitu:

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan flexible adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat elastis, maksudnya adalah perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. Perkerasan *Flexible* terdiri dari lapisan-lapisan *surface course*, *base course*, dan *subbase course*. Semua digelar di atas tanah asli yang dipadatkan (*subgrade*), lapisan *subgrade* bisa terletak di atas timbunan atau galian (Basuki, 1986). Karakteristik perkerasan lentur, yaitu:

1. Bersifat elastastis (melendut saat diberi pembebanan).
2. Campuran aspal dan agregat.
3. Campurannya diletakkan di atas permukaan material granular mutu tinggi (*granular base aggregate*) (Ravandy, 2019).



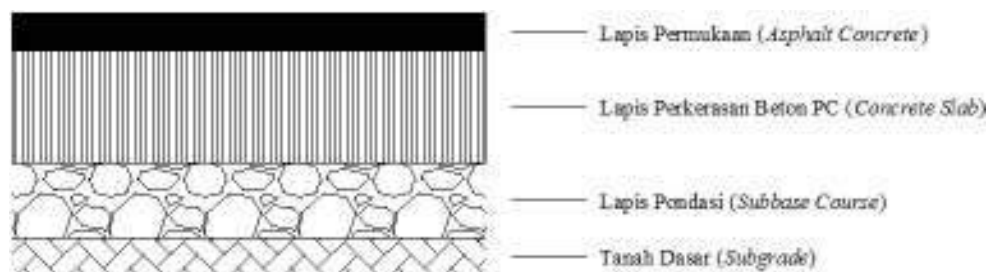
Gambar 2.2 Struktur Lapis Perkerasan Lentur (*Flexible*)

Sumber : Ravandy (2019)

2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), terdiri dari slab-slab beton, digelar di atas *granular* atau *subbase course* yang telah distabilkan (dipadatkan), ditunjang oleh lapisan tanah asli dipadatkan disebut *subgrade*, pada kondisi-kondisi tertentu kadang-kadang subbase tidak diperlukan. Berikut merupakan beberapa karakteristik perkerasan lentur:

1. Perkerasan tidak mengalami perubahan bentuk saat pembebanan berlangsung.
2. Dibuat dari slab-slab beton.
3. Slab tersebut diletakkan di atas *subbase* (Ravandy, 2019).



Gambar 2.3 Struktur Lapis Perkerasan Kaku (*Rigid*)

Sumber : Ravandy (2019)

Perkerasan *Rigid* biasanya dipilih untuk : ujung landasan, pertemuan antara landas pacu dan *taxiway*, *apron* dan daerah-daerah lain yang dipakai untuk parkir pesawat atau daerah-daerah yang mendapat pengaruh panas *blast jet* dan limpahan minyak.

2.4.2 Fungsi lapis perkerasan

Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang *comfort*, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas ke bawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami “distress” (perubahan karena tidak mampu menahan beban (Basuki, 1986). Berikut fungsi dari tiap lapisan perkerasan bandar udara, sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan yang terletak paling atas. Lapisan ini berfungsi sebagai berikut:

- a. Lapisan perkerasan yang menumpu beban roda pesawat dan menahan beban berulang serta menyebarkan ke lapisan bawahnya.
- b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya.
- c. Lapis perata dan keselamatan penerbangan.

2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah bagian dari perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Fungsi lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut:

- a. Lapisan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban lapisan dibawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) adalah bagian dari konstruksi perkerasan yang terletak di antara tanah dasar (*Sub Grade*) dan lapis pondasi atas (*Base Course*). Fungsi lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut:

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan yang mendukung dan menyebarkan beban roda ke tanah dasar.

- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
 - c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi atas.
4. Tanah dasar (*Subgrade*)
- Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.5 Perencanaan Perkerasan *Runway* dan *Taxiway*

Dalam merencanakan perkerasan suatu landasan pacu, terdapat berbagai metode-metode yang digunakan untuk mendesain perkerasannya. Pola penyelesaiannya pun berbeda-beda, namun semuanya bertujuan untuk menghasilkan desain perkerasan yang aman dan terjamin. Menurut Basuki (1986), terdapat beberapa metode perencanaan perkerasan lapangan terbang, yaitu:

- a. Metode *US Corporation Of Engineers* lebih dikenal dengan metode CBR.
- b. Metode FAA.
- c. Metode LCN dari Inggris.
- d. Metode *Asphalt Institute*.
- e. Metode *Canadian Departement Of Transportation*.

Namun demikian, tidak ada yang dianggap sebagai metode standar oleh badan dunia penerbangan ICAO (*International Civil Aviation Organization*). Akan tetapi metode yang dipakai secara luas di dunia adalah metode yang dikembangkan

oleh *Corps of Engineer* tentara Amerika yang didasarkan kepada test CBR. Beberapa pertimbangan dalam desain perkerasan lapangan terbang, meliputi:

1. Prosedur pengujian bahan untuk dan komponen-komponen lainnya harus akurat dan teliti.
2. Metode yang dipakai harus sudah dapat diterima umum dan terbukti telah menghasilkan desain perkerasan yang memuaskan.
3. Dapat dipakai untuk mengatasi persoalan-persoalan perkerasan dalam waktu yang relatif singkat.

Dalam perencanaan perkerasan, baik untuk *runway* maupun *taxiway*, tebal perkerasan yang didapat sangat bergantung kepada beberapa faktor dibawah ini.

- a. Jenis pesawat yang akan beroperasi, sangat berpengaruh terhadap beban yang akan diterima oleh lapisan perkerasan baik *runway* (pada saat lepas landas) maupun *taxiway* (pada saat pesawat berjalan dari dan menuju *runway*).
- b. Daya dukung tanah dasar, karena fungsi perkerasan adalah untuk menyebarkan beban sampai ke tanah dasar (*subgrade*). Semakin besar daya dukung tanah dasar, maka tebal perkerasan yang dibutuhkan semakin tipis, demikian pula sebaliknya. Daya dukung tanah dasar biasanya ditentukan oleh besarnya nilai CBR (*California Bearing Ratio*).
- c. Metode perencanaan perkerasan yang digunakan.

2.6 Aspal Beton (*Asphalt Concrete*)

Asphalt Concrete merupakan aspal panas (*hotmix*) yang digunakan sebagai lapis permukaan. Secara umum komposisi campuran *asphalt concrete* terdiri dari agregat kasar (*course aggregate*), agregat sedang (*medium aggregate*), agregat halus

(*fine aggregate*) yang berupa abu batu serta aspal (Ravandy, 2019). Bahan penyusun campuran *Asphalt Concrete* untuk bandar udara telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara pada Pedoman Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) dan Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Tahun 2014, yaitu aspal, agregat, dan filler.

Secara umum campuran aspal panas (*hotmix*) yang digunakan dalam struktur perkerasan *runway* bandar udara di Indonesia dapat dibagi menjadi dua, yaitu: *surface course* (lapis permukaan) dan *base course* (lapis pondasi).

Hal yang paling utama dalam desain sebuah campuran bitumen/aspal adalah memilih tipe agregat, mutu agregat, mutu aspal, modifer aspal (jika diperlukan), dan untuk menentukan kadar aspal yang dapat berkerja paling optimum selama kurun waktu umur perkerasan tersebut. Komposisi bahan dalam campuran beraspal panas terlebih dahulu harus direncanakan sehingga setelah terpasang diperoleh perkerasan aspal yang memenuhi kriteria (Sukirman, 2003).

2.7 Aspal

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

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama dengan material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai

bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese*, *Resisns* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viskositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi pada saat masa pelayanan, aspal mempunyai sifat viskositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan (Yahya, 2019).

Fungsi aspal dalam campuran agregat aspal adalah sebagai bahan pengikat yang bersifat *visco-elastis* dengan tingkat viskositas yang tinggi selama masa layan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga mudah untuk dipadatkan. Fungsi kandungan aspal juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal untuk menahan gaya geser permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang lebih lanjut, juga berarti mengurangi penetrasi air dalam campuran.

Pada AASHTO (1982) menerangkan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal, angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.

Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin tinggi tingkat penetrasi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Semakin tinggi suhu udara dan makin lambat beban yang lewat, maka modulus elastisitas aspal makin kecil. Lama

pembebanan merupakan fungsi dari tebal perkerasan dan kecepatan kendaraan (Yahya, 2019).

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

Jenis spesifikasi dan suhu campuran untuk aspal kualitas import adalah sebagai berikut:

- a. *Penetration grade 60-70* (Aspal Penetrasi 60/70).
- b. *Spesification ASTM D 946*.
- c. Kadar parifin kurang dari 2%.
- d. *Mixing temperature* ditentukan berdasarkan tes viscositas atau biasanya 150°C-160°C (Ravandy, 2019).

Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100. Jenis aspal yang digunakan untuk perkerasan *runway* sesuai dengan kondisi iklim di Indonesia adalah Aspal Penetrasi 60/70 dengan kualitas yang sesuai dengan dengan spesifikasi.

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi		Satuan
			Min	max	
1.	Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik	ASTM D 5 – 95	60	70	0,1 mm
2.	Titik Lembek	ASTM D 36 – 86	48	56	°C
3.	Titik Nyala (COC)	ASTM D 92 – 90	232	-	°C
4.	Daktalitas pada 25°C, 5 cm/menit	ASTM D 113 – 86	100	-	Cm

Tabel 2.1 Lanjutan

5.	Berat Jenis	ASTM D 70 – 82	1,01	1,06	-
6.	Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃	ASTM D 2042	99	-	%
7.	Kehilangan berat (TFOT)	ASTM D 1754 – 94	-	0,2	%
8.	Penetrasi setelah TFOT	ASTM D 5 – 95	80	-	% asli
9.	Daktilitas setelah TFOT	ASTM D 36 – 86	100	-	Cm
10.	Kadar Parafin	SNI 03-3639-1994	0	2	%

Sumber : Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

Dengan memperhatikan kondisi setempat, terutama iklim / suhu untuk daerah-daerah yang temperatur udaranya lebih rendah dari 25°C, dapat digunakan alternatif bahan aspal dengan nilai penetrasi yang lebih besar dari Pen. 60/70.

Tabel 2.2 Material Aspal Alternatif

Spesifikasi Grade			Keterangan
Penetration Grade ASTM D 946	Viscosity Grade ASTM D 3381		
40-50	AC-5		Aspal PG 60-70 pada umumnya cocok untuk kondisi iklim tropis. Namun dimungkinkan untuk menggunakan aspal dengan spesifikasi pada tabel ini dengan memperhatikan kondisi setempat, terutama iklim / suhu.
60-70	AC-10	AR-1000	
85-100	AC-15	AR-2000	
100-120	AC-20	AR-4000	
120-150	AC-30	AR-8000	
	AC-40		

Sumber : Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

2.8 Agregat

Menurut Sukirman (1999) mendefinisikan Agregat/batuan sebagai formasi kulit bumi yang keras atau penyal (*solid*) yang merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90 - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikina daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat yang terjadi secara alami adalah pasir, kerikil dan batu. Kebanyakan agregat memerlukan beberapa proses seperti dipecah, dicuci sebelum agregat tersebut digunakan. Klasifikasi agregat dapat dilakukan melalui beberapa cara, yaitu klasifikasi berdasarkan sumber bahan (*resource*) dan dimensi butiran.

2.8.1 Klasifikasi agregat berdasarkan sumber bahan (*Resource*)

Berdasarkan asal didapatkannya bahan, agregat terdiri dari agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam diperoleh secara alamiah di alam dengan sedikit pengolahan, seperti pasir dan kerikil. Agregat alam dapat ditemukan di alam terbuka (*pitrun*) selanjutnya diambil (dari tempat asalnya, seperti sungai) disebut sebagai *banktrun*. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*), untuk dijadikan material yang memenuhi syarat sebagai bahan perkerasan. Berbagai macam ukuran butir yang dihasilkan digunakan sesuai dengan kebutuhan gradasi komponen perkerasan. Residu dari hasil pemecahan berupa abu batu yang dapat digunakan sebagai *filler* (bahan pengisi) campuran dari bahan-bahan agregat dan aspal tersebut (Saodang, 2005).

2.8.2 Klasifikasi agregat berdasarkan dimensi butiran

2.8.2.1 Agregat kasar

Agregat kasar harus terdiri dari bahan yang bersifat tahan aus/keras dan bebas dari lapisan (*coatings*) yang melekat dan sesuai ketentuan-ketentuan *American Standard Testing and Material (ASTM)* dari persyaratan ASTM D 692-79, ASTM D 693-77. *Course aggregate* (agregat kasar) bila di test

berdasarkan *Los Angeles Abrasion Test*, harus tidak boleh hilang lebih dari 25% (Ravandy, 2019).

Untuk bandar udara yang direncanakan menampung pesawat terbang *narrow body* maka untuk *course aggregate* proses pemecahan batu harus memenuhi syarat-syarat (tertahan) pada saringan No. 8 (2,36 mm) sebagai berikut :

- a. Minimum 75% dari berat butiran yang mempunyai bentuk minimum tiga muka bidang pecah.
- b. 100% dari berat butiran dengan satu atau lebih muka bidang pecah.
- c. Penelitian material sebagai berikut :
 - 1) *Sand Equivalent* minimum 65% di uji dengan ASTM D.2419-74.
 - 2) Kotoran organik maksimum 3% bila diuji dengan ASTM C.40-79.
 - 3) *Mix design* aspal beton dengan metode *mashall* memenuhi syarat seperti ayat 23.1 bila diuji dengan ASTM D 1559-79.
 - 4) Tidak boleh menampakkan adanya tanda-tanda *desintegration* bilamana diadakan percobaan lima kali dengan *Sodium Sulphate Soundness Test* mempergunakan ASTM C 88 dengan jumlah kehilangan lebih besar dari 10% dan bila diadakan *Magnesium Sulphate Soundness Test* pada material tidak boleh lebih dari 12%.

Jika dikehendaki adanya agregat sedang (*medium aggregate*) maka diambil dari material yang lewat saringan no. 3/8" tertinggal di No. 8. Pada umumnya di lapangan agregat kasar disebut juga sebagai batu 1-2, agregat sedang batu 1-1, dan agregat halus batu $\frac{1}{2}$ -1. Bagian dari *fine aggregate*,

termasuk *filler* yang lewat saringan No. 40 harus mempunyai *plasticity index* tidak lebih dari 6%, seperti ditentukan ASTM D 424 dan *liquid limit* tidak boleh lebih dari 25% bila diuji dengan ASTM D 423.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan <i>Sodium Sulphate Soundness Test</i> untuk <i>surface course</i>	ASTM C 88	Maks. 10%
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan <i>Sodium Sulphate Soundness Test</i> untuk <i>base course</i>	ASTM C 88	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> pada bandar udara dengan berat pesawat lebih dari 28 ton	ASTM C 131	Maks. 25%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> pada bandar udara dengan berat pesawat maksimum 28 ton	ASTM C 131	Maks. 40%
Partikel pipih	ASTM D 4791	Maks. 25%
Partikel lonjong	ASTM D 4791	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

2.8.2.2 Agregat halus

Agregat harus terdiri dari batu pecah, screening, bahan lain, butiran-butiran, material-material yang mempunyai sifat dan kualitas yang sama dan memenuhi semua persyaratan bila dicampurkan dalam batas gradasi yang ditentukan pada spesifikasi teknis (Ravandy, 2019). Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel. Berkenaan dengan hal ini, sifat-sifat khas yang diperlukan dari agregat

adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik (Yahya, 2019).

Frakasi agregat halus pecah mesin dan harus ditumpuk terpisah dari agregat kasar. Kotoran organik maximum 3% bila diuji dengan ASTM C.4079. Agregat halus harus memiliki nilai *sand equivalent* minimum 65% bila diuji sesuai dengan ASTM D 2419. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Material Lolos Saringan No. 200	ASTM C.40-79	Maks. 3 %
<i>Plasticity index</i>	ASTM D 4318	Maks. 6 %
<i>Liquid limit</i>	ASTM D 4318	Maks. 25 %

Sumber: Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

2.8.2.3 Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan Pengisi/*Filler* merupakan tambahan yang diperlukan pada agregat yang ada maka harus terdiri dari abu batu pecah, *portland cement*, abu terbang, abu tanur semen atau bahan lainnya. Meterial *filler* harus memenuhi persyaratan dari ASTM D 242.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering serta bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai dengan SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan no.200 tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan bersifat non plastik. Kapur yang tidak terhidrasi sebagian dapat digunakan sebagai bahan pengisi yang ditambahkan dengan proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1,0% dari berat total campuran

beraspal. Kapur yang seluruhnya terhidrasi yang dihasilkan dari pabrik yang disetujui dapat digunakan maksimum 2% terhadap berat total agregat (Bina Marga Revisi 3, 2010).

2.9 Campuran *Asphalt Concrete*

Pada campuran *asphalt concrete* ini menggunakan persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara dalam Pedoman Penyusunan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) dan Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Tahun 2014.

Agregat yang digunakan untuk penelitian ini dari Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas. Pada lapis permukaan landas pacu yang berupa *asphalt concrete* sedapat mungkin memenuhi beberapa hal berikut ini :

1. Agregat yang digunakan dalam pekerjaan lapis permukaan ini 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. *Filler* (bahan pengisi) yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran berupa abu batu pecah.

Gradasi agregat untuk *asphalt concrete* harus berada dalam batas-batas dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.5 Gradasi Agregat *Asphalt Concrete*

Saringan ASTM	Lolos Saringan Persentase Terhadap Berat <i>Asphalt Concrete</i>
-	Max ¾"
1" (25.0 mm)	-
¾" (19.0 mm)	100

Tabel 2.5 Lanjutan

½" (12.5 mm)	77-99
3/8" (9.5 mm)	68-88
No. 4 (4.75 mm)	48-68
No. 8 (2.36 mm)	33-53
No. 16 (1.18 mm)	20-40
No. 30 (0.60 mm)	14-30
No. 50 (0.30 mm)	9-21
No. 100 (0.15 mm)	6-16
No. 200 (0.075 mm)	3-8
<i>Asphalt percent:</i>	
<i>Stone of gravel</i>	5.5-7.0
<i>Slag</i>	6.5-9.5

Sumber: Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

a. *Bituminous percent*

Kadar bitumen dari mixture diperhitungkan dari berat mixture seluruhnya, untuk persyaratan gradasi dan agregat dan kadar bitumen disamping hal-hal tersebut, dapat pula dipakai komposisi lain sesuai dengan persyaratan teknis yang berlaku umum (ASTM) tebal lapisan yang dilaksanakan.

b. *Gradasi*

Dalam tabel diatas menunjukkan batas-batas yang akan menentukan agregat yang dipersyaratkan untuk dapat dipakai. Gradasi yang ditentukan terakhir di dalam batas yang ditetapkan dalam tabel tersebut harus dipilih merata dari yang kasar sampai halus dan tidak boleh dari batas terendah dari suatu *sieve* sampai batas tertinggi dari *sieve-sieve* yang berdekatan dan sebaliknya.

Untuk mengetahui persentasi dari seluruh material yang lolos saringan No. 200 suatu sampel dari *course aggregate* dan *fine aggregate* harus dicuci. Dari jumlah material yang lolos saringan No. 200 minimum separuhnya harus lolos saringan No. 200 dengan *dry sieving*. Meskipun diatur dengan komposisi limit yang telah

ditetapkan masih perlu juga pengawasan teliti terhadap bahan-bahan yang dipakai untuk dapat disesuaikan dengan *Job Mix Formula*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam spesifikasi campuran yaitu:

1) Komposisi umum campuran

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

2) Kadar campuran aspal

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

3) Proporsi komponen campuran

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

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

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

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

5) Sifat campuran yang diperlukan

Bila diuji dengan alat Marshall, campuran *asphalt concrete* harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Persyaratan Hasil Uji Marshall

<i>Test Property</i>	<i>Asphalt Concrete</i>	Standar Pemeriksaan
<i>Number of blows</i>	75	SNI 06-2489-1991
<i>Stability (MIN)</i>	2200 lbs	
	998,8 kg	
<i>Flow</i>	3-4 mm	
<i>Voids total Mix</i>	3 – 4 %	
<i>Voids Filled With Bitumen</i>	76 – 82 %	
Berat Isi	Min. 2,303 gram/cm ³	

Sumber: Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

6) Temperatur

Temperatur untuk *mixing* dan pemadatan pada prinsipnya didapatkan dari hasil tes viscositas aspal, secara umum untuk AC 60-70 temperatur *mixing* dan pemadatan sebagai berikut :

Mixing temperature : *Asphalt cement* 149°C - 160°C

Agregat 160°C - 170°C. Temperatur agregat tidak boleh diatas temperatur *Asphalt cement*.

Laying temperature : Antara 135°C -155°C.

Rolling temperature : Seperlunya untuk memperoleh *field density* yang dimaksud tetapi tidak boleh kurang dari 122°C.

Berikut toleransi yang diberikan terhadap *Job Mix Formula*.

Tabel 2.7 Toleransi *Job Mix*

Toleransi	Plus atau Minus
<i>Aggregate passing sieve No. 8 to 100</i>	4 %
<i>Aggregate passing sieve No. 4 and large</i>	7 %
<i>Aggregate passing sieve No. 100 and No. 200</i>	2 %
<i>Asphalt cement</i>	0,4 %
<i>Temperature of Mixing</i>	14°C

Sumber: Spesifikasi Teknis Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014)

2.10 Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Berdasarkan Balitbang dan BBPJK VIII Surabaya Kementerian PUPR (2017) menerangkan bahwa plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya yang kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna. Plastik dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene* dan *polyvinyl chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, seperti *formaldehid* dan *urea formaldehid*.

Suparna (2002), mengelompokkan beberapa jenis plastik yang biasa digunakan, yaitu:

1. HDPE (*High Density Polyethylene*) umumnya digunakan untuk botol susu cair, botol obat dan botol kosmetik.
2. LDPE (*Low Density Polyethylene*) digunakan untuk tutup plastik, plastik pembungkus daging dan berbagai jenis plastik tipis (seperti plastik kresek);

3. PE (*Polyethylene*);
4. PP (*Polypropylene*) digunakan untuk membuat tutup botol dari plastik, mainan anak-anak dan wadah margarin;
5. PS (*Polystyrene*) digunakan untuk membuat garpu dan sendok plastik, tempat makan dari styrofoam dan tempat makan dari plastik yang transparan;
6. Vinyl (*Polyvinyl Chloride*);
7. PET (*Polyethylene Terephate*) digunakan untuk botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, botol obat dan botol kosmetik.

Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan konstruksi masih sangat jarang ditemui. Pada Tahun 1980 an, di Inggris dan Italia limbah plastik digunakan untuk membuat tiang telepon sebagai pengganti tiang-tiang kayu dan besi. Di Swedia limbah plastik dimanfaatkan sebagai bata plastik untuk membuat bangunan bertingkat, karena ringan serta lebih kuat dibandingkan dengan bata yang umum dipakai (Abdul Syukur, 2014 dalam Balitbang dan BBPJN VIII Surabaya Kementerian PUPR, 2017)

Selain penggunaan limbah plastik sebagai bahan daur ulang, sejumlah besar limbah plastik juga dapat digunakan dalam industri konstruksi (Shemilha, 2015 dalam Balitbang dan BBPJN VIII Surabaya Kementerian PUPR, 2017). 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.

Salah satu modifier yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal adalah polimer. Polimer juga dapat meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap berbagai kerusakan, seperti deformasi permanen, retak akibat perubahan suhu, fatigue damage, serta pemisahan/pelepasan material (Yildirim, 2007 dalam Nasution, 2017) sementara plastik mengandung senyawa polimer. Dengan demikian limbah plastik berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal (Balitbang dan BBPJK VIII Surabaya Kementerian PUPR, 2017). Berikut tipe-tipe polimer yang dicampur sebagai bahan aditif.

Tabel 2.8 Tipe-tipe Polimer

Tipe Polimer	Nama Umumnya	Keperluan untuk Perkerasan
SBS (Styrene Butadiene Styrene)	Thermoplastic Rubber	Hotmix, Pengisian retak
EVA (Ethylene Vinyl Acetate)	Thermoplastic	Daya tahan terhadap alur, seal, retak
PolyEthylene; Polypropylene	Thermoplastic	Daya tahan terhadap alur
SBR (Styrene Butadiene Rubber)	Karet Sintesis	Retak, alur
Karet Alam	Karet	Retak, alur

Sumber: Pusat Penelitian Bangunan Jalan dan Jembatan dalam Ravandy (2019)

Dalam pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan perkerasan (Balitbang dan BBPJK VIII Surabaya Kementerian PUPR, 2017), dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- a. *Wet Process*, limbah plastik digunakan sebagai bahan modifikasi aspal; dan
- b. *Dry Process*, limbah plastik digunakan sebagai bahan modifikasi agregat.

Pada metode *wet process* limbah plastik digunakan sebagai bahan tambah untuk memodifikasi aspal sehingga kualitas aspalnya menjadi lebih baik. Sedangkan metode *dry process* limbah plastik digunakan sebagai bahan modifikasi agregat. dalam penelitian yang akan dilaksanakan ini pemanfaatan limbah plastik LDPE dilakukan secara *wet process*. Berikut adalah tabel hasil uji pemanfaatan plastik LDPE/kreseksecara *wet process*.

Tabel 2.9 Sifat-sifat Aspal dengan Modifikasi Limbah Plastik LDPE

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian					
	0% Plastik	1% Plastik	2% Plastik	3% Plastik	5% Plastik	10% Plastik
Penetrasi pada 25°C, 100gr, 5dtk	69	64	56	52	36	26
Titik Lembek	48,8	49,3	52,8	54	62,8	120
Daktilitas pada 25°C, 5cm/menit	>140	116	50	28	14	7

Sumber: Balitbang dan BBPJN VIII Surabaya Kementerian PUPR (2017)

Dalam pemanfaatan limbah plastik dalam campuran perkerasan khususnya plastik LDPE terlebih dahulu plastik tersebut dicacah dengan ukuran gradasi yang diperlukan. Dalam pencacahan dalam skala besar harus menggunakan mesin pencacah plastik.

2.11 Membuat *Design Mix Formula*

Kadar aspal total dalam campuran *asphalt concrete* adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat yang mengisi pori antara agregat ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir. Untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai tengah dari rentang kadar

aspal dalam spesifikasi campuran. Perkiraan awal kadar aspal rancangan dapat diperoleh dari rumus :

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

Keterangan:

P_b = Kadar aspal

CA = *Coarse Aggregate* (agregat kasar)

FA = *Fine Aggregate* (agregat halus)

Filler = Bahan pengisi

Konstanta = 2,0 - 3,0 untuk lataston

2.12 Metode Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran tentunya diperlukan untuk memenuhi spesifikasi, sehingga diharapkan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi kriteria yang baik dari agregat yang tersedia.

Metode perencanaan campuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode *asphalt institute*. Metode ini dipakai hanya untuk menghitung perkerasan *asphalt concrete* 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, antara lain :

1. Cara diagonal

Prinsip dan langkah dari cara diagonal adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui gradasi ideal yang akan digunakan dari persyaratan gradasi yang ditentukan.
- b. Menggambar empat persegi panjang dengan ukuran (10 x 20) cm pada milimeter block.
- c. Membuat garis diagonal dari ujung kiri bawah keujung kanan atas.
- d. Sisi vertikal menyatakan persen lolos saringan dengan skala 0 dibawah dan 100 diatas.
- e. Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai ideal tersebut diletakkan pada garis diagonal berupa titik.
- f. Dari tiap titik pada diagonal ditarik garis vertikal untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
- g. Digambar grafik gradasi dari masing-masing fraksi yang akan dicampur.

- h. Untuk menentukan persentase agregat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama pada suatu garis lurus.
- i. Pada garis tersebut ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat persentase agregat kasar yang diperlukan.
- j. Langkah 8 dan 9 diulangi untuk mendapatkan persentase agregat halus dan bahan pengisi (*filler*).

Setelah diperoleh komposisi dari setiap jenis fraksi agregat, dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana persentase masing-masing fraksi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan persentase lolos untuk masing-masing nomor saringannya. Kemudian dijumlahkan untuk masing-masing nomor saringan lalu dilihat apakah gradasi tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan sesuai jenis campuran yang akan dibuat.

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

berat masing-masing fraksi yaitu persentase fraksi dikali dengan kapasitas *mould*.

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

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

Prinsip dan langkah dari 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 batuan ke dalam persentase lolos.
- d. Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom *target value*, yaitu nilai salah satu dari 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 dari 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 dari cara grafis adalah sebagai berikut:

- a. Membuat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10 x 10) cm sebanyak dua buah pada milimeter block.
- b. Untuk sisi kiri merupakan persen agregat kasar.
- c. Plot pada garis paling tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang.
- d. Gabungkan masing-masing titik/nomor saringan yang sama.
- e. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi.
- f. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat terhadap garis agregat kasar dan agregat sedang yang paling dekat.
- g. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertikal.
- h. Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari 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 dari 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 dari masing-masing agregat maka selanjutnya akan dibuat beberapa contoh campuran dengan variasi kadar aspal. Bruce Marshall mengembangkan suatu metode untuk pembuatan dan pengujian benda uji. Metode inilah yang akhirnya dikenal dengan istilah “Metode Marshall”.

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

2.13 Kajian terhadap Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, tidak ditemukan penelitian dengan judul yang sama. Sebenarnya telah ada beberapa penelitian terdahulu yang cukup erat kaitannya dengan modifikasi campuran *asphalt concrete*, perkerasan bandar udara maupun penggunaan material. Berikut disajikan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya:

1. Gaporin (2006), dalam tugas akhir berjudul “Kajian Teknis Perencanaan Campuran *Asphalt Concrete* (AC) untuk *Airport Surface Course*

Menggunakan Agregat dari Merak” ini melakukan penelitian terhadap penggunaan batu pecah dari Merak sebagai agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat sedang (*medium aggregate*) dan agregat halus (*fine aggregate*) yang dikombinasikan dengan pasir alam dari Jalan Jend. Sudirman km. 12 Sampit-Pangkalan Bun sehingga di dapat karakteristik campuran *Asphalt Concrete Pavement* (AC) untuk *airport surface course*.

Dari hasil kajian melalui penelitian laboratorium bahwa agregat dari Merak ini dapat digunakan sebagai *asphalt concrete pavement* (ac) untuk *airport surface course*, dengan kadar aspal optimum (KAO) campuran I = 6,4% dengan parameter Marshall didapat stabilitas 1355 kg, berat isi (*density*) 2,324 gr/cm³, keelehan (*flow*) 3,42 mm, rongga dalam campuran (VIM) 3,6% dan rongga terisi aspal (VFB) 78%, KAO campuran II = 6,6% dengan parameter Marshall didapat stabilitas 1280 kg, berat isi (*density*) 2,313 gr/cm³, keelehan (*flow*) 3,80 mm, rongga dalam campuran (VIM) 3,8% dan rongga terisi aspal (VFB) 78%, KAO campuran III = 6,7% dengan parameter Marshall didapat stabilitas 1020 kg, berat isi (*density*) 2,310 gr/cm³, keelehan (*flow*) 3,965 mm, rongga dalam campuran (VIM) 3,95% dan rongga terisi aspal (VFB) 78,5%. Seluruh parameter marshall ini memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam perencanaan campuran *asphalt concrete pavement* (ac) untuk *airport surface course*.

2. Fauziah (2006), dalam tugas akhir berjudul “Analisis Kombinasi Batu Pecah Merak dan Batu Pecah Tangkiling sebagai Agregat Kasar Pada Campuran *Asphalt Treated Base* (ATB)”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemakaian kombinasi batu pecah ex. Merak dan batu pecah ex.

Tangkiling. Dari hasil pengujian terhadap variasi proporsi kombinasi tersebut, yang memenuhi syarat spesifikasi pada masing-masing kombinasi adalah: Kombinasi I dengan komposisi 40,00% agregat kasar, 11,50% agregat sedang, 12,50% abu batu dan 36,00% pasir; Kombinasi II dengan komposisi 38,50% agregat kasar, 12,50% agregat sedang, 13,00% abu batu dan 36,00% pasir; Kombinasi III dengan komposisi 41,50% agregat kasar, 10,50% agregat sedang, 13,50% abu batu dan 34,50% pasir; Kombinasi IV dengan komposisi 39,00% agregat kasar, 12,50% agregat sedang, 13,00% abu batu; 35,50% pasir dan Kombinasi V dengan komposisi 41,50% agregat kasar, 10,50% agregat sedang, 13,50% abu batu dan 34,50% pasir; dan Kombinasi VI dengan komposisi 40,00% agregat kasar, 12,00% agregat sedang, 12,50% abu batu dan 35,50% pasir. Stabilitas tertinggi terjadi pada Kombinasi III untuk kadar aspal 6,00% (1443,215 kg). Stabilitas terendah terjadi pada kombinasi I untuk kadar aspal 6,00% (942,356 kg). Pada beberapa kadar aspal, untuk seluruh kombinasi, tidak memenuhi syarat nilai stabilitas (*stability*) dan kelenturan (*flow*).

3. Fitri (2018), dalam Jurnal yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC”. Tujuan Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemakaian limbah plastik kresek sebagai substitusi Aspal Pen 60/70 dengan menggunakan agregat bassalt terhadap karakteristik Marshall campuran aspal beton AC-BC. Tahapan awal penelitian adalah mencari Kadar Aspal Optimum (KAO). Penambahan variasi kantong plastik bekas sebagai aditif secara berturut turut yaitu 2%, 4%, 6%, dan 8% pada KAO-0,5, KAO dan KAO+0,5 dari KAO

awal 5,35%. Dari ketiga KAO tersebut diambil nilai yang tertinggi yaitu pada KAO+0,5 sebesar 3,3% untuk pembuatan benda uji pada persentase variasi plastik KPO $\pm 2\%$ dengan mendapatkan nilai Marshall dan durabilitas. Nilai stabilitas terus meningkat pada persentase variasi kadar plastik bekas 1,3%, 3,3% dan 5,3% masing-masing sebesar 1470,48kg, 1476,28kg, dan 1489,28kg dengan rendaman 30 menit (suhu 60°C) dan 1286,42kg, 1316,35kg, 1345,41kg dengan rendaman 24 jam (suhu 60°C). Kondisi ini disebabkan oleh kandungan dalam aditif yang bercampur dengan aspal pen 60/70 di dalam campuran menyebabkan daya lekat aspal dengan agregat menjadi lebih baik hingga mencapai batas nilai tertentu, yaitu pada batas 5,3% dengan nilai stabilitas terbaik yaitu sebesar 1489,28kg pada rendaman 30 menit dan sebesar 1345,41kg pada rendaman 24 jam. Dari perbandingan ke dua stabilitas tersebut maka diperoleh nilai durabilitas sebesar 99,84% sehingga telah memenuhi spesifikasi untuk campuran yang ditambahkan aditif, yaitu sebesar $\geq 90\%$.

4. Yahya (2018), dalam tugas akhir yang berjudul “Analisis Karakteristik Marshall Campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET)”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan plastik bekas jenis PET sebagai bahan tambahan 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 labotatorium, melalui pengujian marhall 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 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 berata aspal yang diperoleh dari KAO.

Berdasarkan hasil pemeriksaan material yang digunakan diperoleh komposisi campuran dengan proporsi agregat kasar sebesar 32%, abu batu sebesar 34%, dan pasir 34%. Dari pengujian Marshall 1 diperoleh nilai KAO sebesar 7,30%. Pengujian Marshall 2 dengan penambahan palstik 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 3,9% 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 7,8%. Penambahan PET sebesar 7,8% dari berat aspal mengasilkan nilai stabilitas naik 8,37% dari nilai stabilitas campuran tanpa menggunakan bahan 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 Qoutient*) naik sebesar 4,50 kg/mm.

Tabel 2.10 Korelasi Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

NO	Penelitian Terdahulu	Korelasi Penelitian dengan Penelitian Terdahulu
1	Gaparin (2006), judul Tugas Akhir “Kajian Teknis Perencanaan Campuran <i>Asphalt Concrete</i> (AC) untuk <i>Airport Surface Course</i> Menggunakan Agregat dari Merak”	Penelitian ini dan penelitian terdahulu sama-sama meneliti tentang <i>Asphalt Concrete</i> landas pacu tetapi untuk sumber agregat yang digunakan berbeda, pada penelitian ini menggunakan agregat yang bersumber dari Kurun tetapi untuk penelitian terdahulu menggunakan batu pecah yang berasal dari merak.
2	Fauziah (2006), judul Tugas Akhir “Analisis Kombinasi Batu Pecah Merak dan Batu Pecah Tangkiling sebagai Agregat Kasar Pada Campuran <i>Asphalt Treated Base</i> (ATB)”	Pada penelitian terdahulu khusus meneliti perbandingan batu pecah yang digunakan, apakah masing-masing telah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga sedangkan hubungannya dengan penelitian yang sekarang yang dilakukan adalah sama-sama menggunakan batu pecah dan pengujian agregat yang dilakukan sama walaupun agregat batu pecah yang digunakan berasal dari daerah yang berbeda.
3	Fitri (2018), Jurnal yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC”	Hubungan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sama-sama meneliti tentang pengaruh penggunaan plastik kresek sebagai bahan substitusi aspal pen. 60/70 pada campuran sedangkan perbedaan antara kedua penelitian tersebut adalah pada perkerasannya. Campuran yang pada penelitian ini untuk perkerasan AC landas pacu tetapi pada penelitian terdahulu pada perkerasan AC-BC jalan raya.
4	Yahya (2018), Judul Tugas Akhir “Analisis Karakteristik Marshall Campuran <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i> (HRS-WC) menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)”.	Hubungan antara penelitian terdahulu terhadap penelitian ini adalah sama-sama meneliti tentang pemanfaatan limbah plastik untuk perkerasan, untuk perbedaannya yaitu: jenis plastik yang digunakan, pemanfaatan plastik digunakan sebagai apa dan untuk campuran perkerasan yang digunakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk mengetahui manfaat dari limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* atau plastik kresek sebagai bahan substitusi sebagian pada aspal penetrasi 60/70 pada perkerasan lentur landas pacu Bandar Udara. Dalam penelitian di laboratorium diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap proporsi campuran yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji (briket) untuk dilakukan uji Marshall sehingga diketahui karakteristik campuran tersebut. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian ini dimulai selama ± 1 bulan bertempat di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

3.2 Pengambilan Material

Pengambilan material berupa agregat batu pecah yang diambil dari Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas selanjutnya akan dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat.

3.3 Pengambilan Data Sampel

Pengambilan data dilakukan dengan membuat briket/benda uji sebanyak 29 buah. Benda uji tersebut dibagi dalam 3 kali percobaan, yaitu:

- a. Percobaan pertama dibuat 15 briket/benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal

dengan persentase 0% plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* bekas. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah briket/benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).

- b. Percobaan kedua, dalam percobaan ini Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat pada percobaan pertama dikurangi sebesar 3% selanjutnya dipergunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 12 buah briket/benda uji, yang terdiri dari 4 variasi persentase berat plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* bekas terhadap berat Kadar Aspal Optimum (KAO), dengan penambahan plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* sebesar 4%, 8%, 12%, dan 16%. Tiap variasi persentase berat plastik *Polyethylene (LDPE)* dibuat 3 buah briket/benda uji.
- c. Percobaan ketiga, dalam percobaan ini Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat pada percobaan pertama dikurangi sebesar 6% selanjutnya dipergunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 12 buah briket/benda uji, yang terdiri dari 4 variasi persentase berat plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* bekas terhadap berat Kadar Aspal Optimum (KAO), dengan penambahan plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* sebesar 4%, 8%, 12%, dan 16%. Tiap variasi persentase berat plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* dibuat 3 buah briket/benda uji.

3.4 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Agregat kasar dan agregat halus (Abu batu) yang digunakan berasal dari Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas.

2. Aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah aspal dengan penetrasi 60/70.
3. Plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* bekas sebagai bahan substitusi sebagian aspal pen. 60/70.

3.5 Alat-alat Penelitian

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

a. Pemeriksaan gradasi agregat

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari benda uji, berguna untuk menimbang bahan.
- 2) Satu set saringan meliputi saringan dengan ukuran 19 mm (3/4"), 12.5 mm (1/2"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (no.4), 2.36 mm (no.8), 1.18 mm (no. 16), 0.60 mm (no.30), 0.30 mm (no. 50), 0.15 mm (no.100) dan 0.075 mm (no.200).
- 3) Oven, mesin pengguncang saringan, stop watch, talam-talam, kuas, sikat, sendok dan alat-alat lainnya.

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat agregat kasar.

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

- a) Keranjang kawat yang berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No.8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg. Keranjang berguna untuk meletakkan sampel dan tempat mengayak dari sisa air.
- b) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, berguna untuk merendam bahan uji.
- c) Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan dilengkapi dengan alat pengantung keranjang. Berguna untuk menimbang bahan yang akan di uji.
- d) Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu sampai $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, dan alat pemisah contoh dan saringan No. 4.

2) Berat jenis dan penyerapan agregat halus

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

- a) Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih, piknometer dengan kapasitas 500 ml, kerucut terpancung dengan diameter (90 ± 3) mm. Peralatan yang digunakan diatas berguna untuk pemeriksaan jenis. Timbangan untuk menimbang bahan, piknometer untuk mengukur massa jenis atau densitas fluida dan kerucut terpancung untuk mengisikan benda uji.
- b) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 1) kg dengan diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm. 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*), stop watch dan lap bersih.

c. Pengujian keausan agregat kasar

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

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

d. Pemeriksaan kadar lempung pada agregat halus

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

- 1) Tabung *sand equivalent*, beban *equivalent* dan larutan standar. Berguna untuk mengetahui kadar lempung yaitu dengan

memasukan bahan ke dalam tabung *sand equivalent*, kemudian dimasukan larutan standar.

- 2) Talam, saringan no. 4, sumbut karet gabus, corong dan stop watch. Talam berfungsi sebagai tempat menaruh sampel, saringan no. 4 sebagai pemeriksaan ini untuk agregat yang lolos saringan no. 4, karet gabus berfungsi sebagai penutup tabung *sand equivalent* ketika dikocok dan stop watch berfungsi sebagai pengukur waktu ketika tabung tabung *sand equivalent* dikocok.

3.5.2 Alat pembuatan dan pemeriksaan benda uji.

a. Pembuatan benda uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- 1) Sejumlah cetakan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung. Berfungsi untuk cetakan benda uji dan pelat alas sebagai alas benda uji.
- 2) Alat pengukur benda.
- 3) Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Berfungsi untuk menumbuk benda uji dengan ketinggian yang telah ditentukan.
- 4) Landasan pematat terdiri dari balok kayu dan dilapisi dengan pelat baja.

- 5) Oven dengan pengatur suhu, kompor, timbangan, wajan, talam-talam, sendok pengaduk, termometer, kertas saring dan sarung tangan.

b. Pemeriksaan benda uji

Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan benda uji adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan yang dilengkapi dengan keranjang pengantung berkapasitas 5 kg. Berguna untuk menimbang benda uji.
- 2) Bak perendam (*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) Cicin 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.

3.6 Cara Penelitian

3.6.1 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.

3.6.2 Pemeriksaan gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir. Hasil akhir dari gradasi adalah pemadatan. Peralatan yang digunakan adalah: timbangan, satu set saringan, oven, alat pemisah contoh, mesin pengguncang saringan, stop watch, talam, kuas sikat, sendok dan lain-lain.

Adapun langkah-langkah pemeriksaan gradasi agregat adalah sebagai berikut:

- a. Sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap selama ± 24 jam.
- b. Sampel ditimbang sesuai kebutuhan masing-masing 1 kg untuk agregat kasar dan agregat halus (abu batu). Khusus untuk kombinasi, sampel ditimbang masing-masing 500 gram dari masing-masing asal lokasi agregat, kemudian dicampur menjadi 1 kg.
- c. Sampel dicuci sampai bersih, kemudian air dibuang secara hati-hati di atas saringan No. 200, agregat yang tertahan pada saringan dikembalikan pada wadah pencucian.

- d. Sampel dikeringkan sampai berat tetap dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$.
- e. Saring sampel lewat satu set saringan. Saringan dengan nomor saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan mesin penguncang saringan selama ± 15 menit, kemudian diamkan selama ± 5 menit.
- f. Sampel yang tertahan pada setiap nomor saringan masing-masing ditimbang dan selanjutnya dilakukan perhitungan persentase berat sampel pada masing-masing saringan terhadap berat total sampel setelah disaring.

3.6.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat

Pada metode pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang tertuang pada SNI 1969:2008 dan SNI 1970:2008. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dibagi atas :

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 1969:2008 untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan jenuh atau *saturated surface dry* (SSD), berat jenis semu (*apparent*) dan penyerapan air agregat kasar. Sampel yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah agregat yang lolos saringan 1” dan tertahan saringan No. 8.

Adapun prosedur pelaksanaan dan pemeriksaan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Timbang sampel kering oven seberat 5 kg.
- 2) Cuci sampel sampai bersih dengan hati-hati supaya tidak ada yang terbang.
- 3) Keringkan sampel dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam.

- 4) Keluarkan sampel dan dinginkan selama 1-3 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dan catat beratnya sebagai (B_k).
- 5) Rendam sampel dalam air selama ± 24 jam.
- 6) Keluarkan sampel dari dalam air, kemudian keringkan/anginkan sampai sampel kering permukaan jenuh.
- 7) Timbang sampel kering permukaan jenuh dan catat beratnya sebagai (B_j).
- 8) Timbang sampel dalam air dan catat beratnya sebagai (B_a).

Perhitungan berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$B_j. \text{ Kering Oven (bulk)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (3-1)$$

$$B_j. \text{ Kering Permukaan (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots (3-2)$$

$$B_j. \text{ Semu (apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots (3-3)$$

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

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pemeriksaan ini mengacu pada SNI 1969:2008 untuk menentukan berat jenis kering oven (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan 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 sebanyak 1 kg.
- 2) Rendam sampel dalam air selama ± 24 jam.
- 3) Buang air perendam dengan hati-hati supaya butiran tidak ada yang hilang.
- 4) Hamparkan sampel di atas talam, keringkan di udara panas dengan cara membolak-balik sampel. Lakukan pengeringan sampai terjadi keadaan kering permukaan jenuh.
- 5) Periksa sampel pada keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan sampel ke dalam kerucut terpancung dalam tiga lapis dan padatkan 25 tumbukan.
- 6) 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 (B_k).

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:

$$\text{Bj. Kering Oven (bulk)} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \dots\dots\dots (3-5)$$

$$\text{Bj. Kering Permukaan(SSD)} = \frac{500}{B + 500 - B_t} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\text{Bj. Semu (apparent)} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \dots\dots\dots (3-7)$$

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

3.6.4 Pengujian keausan agregat kasar

Pada metode pengujian keausan agregat kasar menggunakan standar pengujian yaitu SNI 03-2417-1991. Dalam penelitian ini pengujian keausan agregat kasar berupa batu pecah dimana banyaknya sampel terdiri dari 2500 gram agregat yang lolos saringan dengan ukuran 3/4'' dan tertahan saringan 1/2'' dan 2500 gram agregat yang lolos saringan 1/2'' dan tertahan saringan 3/8''. Jumlah bola baja yang digunakan adalah sebanyak 11 buah.

Adapun prosedur pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Timbang sampel secukupnya kemudian dicuci sampai bersih.
- b. Keringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Timbang sampel sesuai gradasi/spesifikasi yang digunakan.
- d. Masukkan sampel ke dalam mesin los angeles.

- e. Masukkan bola-bola baja sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.
- f. Putar mesin los angeles dengan jumlah putaran 500 kali.
- g. Keluarkan sampel dalam molen, kemudian saring dengan saringan no. 12.
- h. Material yang lolos saringan no. 12 dibuang, sedangkan material yang tertahan saringan no. 12 langsung dicuci sampai bersih, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- i. Keluarkan sampel dari dalam oven dan dinginkan pada suhu ruang, kemudian ditimbang.

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

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

Keterangan:

a = berat total sampel semula (5000 gram)

b = berat sampel yang tertahan saringan No.12

3.6.5 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 ke dalam tabung *sand equivalent*, ketuk-ketuk beberapa saat kemudian diamkan selama 10 menit.
- c. Tutup tabung *sand equivalent* dengan penutup karet atau kayu gabus, kemudian dimiringkan sampai arah hampir mendatar dan kocok sebanyak 90 gerakan sejauh 200 mm pada arah mendatar.
- d. Masukkan lagi larutan standar melalui selang ke dalam tabung sampai setinggi skala 15, kemudian diamkan selama 20 menit.
- e. Baca skala pembacaan lumpur.
- f. Masukkan beban *equivalent* secara perlahan-lahan sampai beban tersebut berhenti.
- g. Pembacaan skala setelah pembebanan.

$$\text{Nilai S.E} = \frac{\text{Skala Pasir}}{\text{Skala Lempung}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-10)$$

3.6.6 Perencanaan campuran (*Mix Design*)

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

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

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

Keterangan:

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

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

Adapun urutan perencanaan campuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penentuan proporsi campuran terhadap total agregat.
- b. Dari hasil perhitungan proporsi campuran, selanjutnya dilakukan dengan variasi kadar aspal (5 variasi kadar aspal) yaitu berdasarkan kadar aspal yang telah ditentukan pada spesifikasi teknis.
- c. Membuat benda uji (briket) untuk setiap campuran (untuk 1 variasi dibuat 3 buah briket) dengan cara dicetak dan ditumbuk dengan alat khusus.
- d. Pemeriksaan benda uji meliputi: keadaan campuran, berat isi campuran, besarnya pori/rongga dalam campuran (*voids in mixture*, vim), besarnya pori/rongga yang terisi aspal (*voids filled bitumen*, vfb), kekuatan (*stability*) campuran dan besarnya kelelahan (*flow*).

3.6.7 Penentuan proporsi campuran terhadap total agregat

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

Dalam penelitian ini, ada 2 (dua) cara perhitungan yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran, yaitu cara diagonal dan cara coba-coba.

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

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

3.6.8 Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dalam penelitian ini mengikuti prosedur yang ada dalam SNI 06-2489-1991. Benda Uji tersebut dibuat dengan 2 komposisi, yaitu komposisi pertama benda uji dengan kadar aspal rencana (untuk mendapatkan KAO), untuk komposisi kedua campuran yang digunakan sesuai komposisi campuran Kadar Aspal Optimum yang diperoleh dari komposisi I hanya saja pada campuran komposisi II ini menggunakan plastik LDPE sebagai substitusi aspal dengan variasi 4%, 8%, 12% dan 16%.

Adapun prosedur pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

a. Campuran

- 1) Keringkan agregat kasar, agregat sedang, abu batu dan agregat halus 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. Pematatan 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 pematatan $(140\pm 15)^{\circ}\text{C}$.

- 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.

Tabel 3.1 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji	Keterangan
Pb – 1,0 (%)	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + kadar aspal Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + kadar aspal Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + kadar aspal Pb(%)
Pb + 0,5 (%)	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + kadar aspal Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0 (%)	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + kadar aspal Pb + 1,0 (%)
Jumlah		15 Buah

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).

Setelah nilai KAO diperoleh maka dilanjutkan pembuatan benda uji dengan bahan substitusi limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE). Pengujian tersebut dilakukan dengan variasi limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) 4%, 8%, 12% dan 16% terhadap KAO yang telah didapat dari pengujian sebelumnya. Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dipotong dengan ukuran ± 1 cm, kemudian dicampurkan secara *wet process* dengan campuran aspal dan agregat yang dipanaskan. Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall sebanyak 3 (tiga) buah benda uji (briket) tiap persentasi masing-masing persentasi.

Tabel 3.2 Benda Uji Campuran dengan Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai Bahan Substitusi Aspal

Limbah Plastik (LDPE)	Jumlah Benda Uji	Keterangan
4%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + 96% KAO + 4% LDPE terhadap KAO
8%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + 92% KAO + 8% LDPE terhadap KAO
12%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + 88% KAO + 12% LDPE terhadap KAO
16%	3 buah	Campuran agregat sesuai komposisi + 84% KAO + 16% LDPE terhadap KAO
Jumlah		12 Buah

3.7 Pemeriksaan Benda Uji (Tes Marshall)

Pemeriksaan benda uji dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran agregat dan variasi kadar aspal. Adapun urutan pelaksanaan Tes Marshall adalah sebagai berikut:

a. Persiapan pengujian

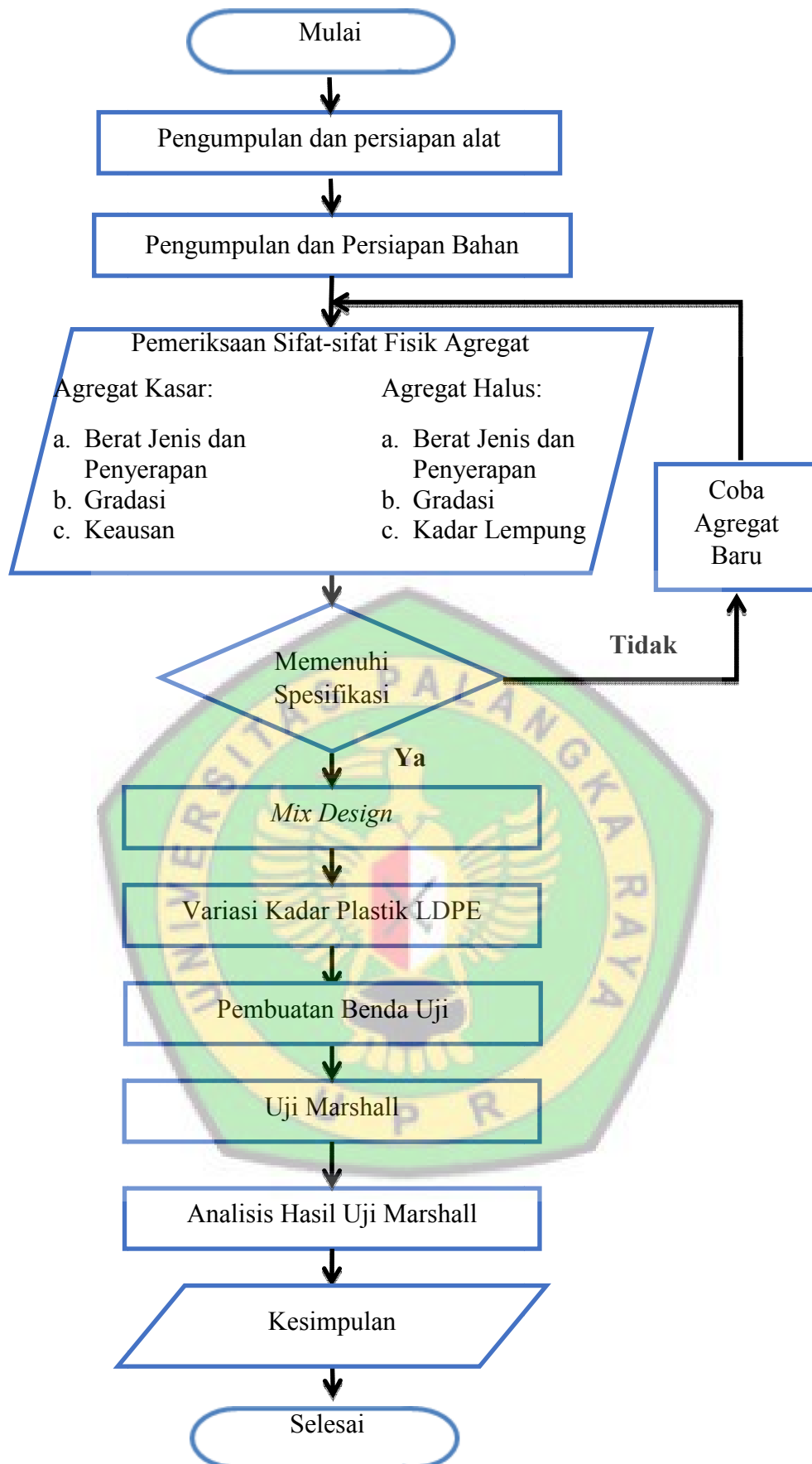
- 1) Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
- 2) Timbanglah benda uji yang sebelumnya dibiarkan selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering di udara.
- 3) Selanjutnya benda uji diangkat dan dilap, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat dalam keadaan kering permukaan jenuh.

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 alat Marshall.
- 10) Selanjutnya nilai pembacaan stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) digunakan dalam perhitungan yang dilakukan dalam tabel perhitungan Test Marshall.





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap “Pemanfaatan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE) sebagai Bahan Substitusi Aspal Penetrasi 60/70 pada Perkerasan Lentur Landas Pacu Bandar Udara” sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Material penyusun dalam campuran *asphalt concrete* untuk Landas Pacu ini dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat berupa pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis dan penyerapan air, serta keasusan untuk material dari Kecamatan Kurun memenuhi persyaratan spesifikasi.
2. Dari hasil pengujian gradasi agregat diperoleh komposisi campuran agregat kasar 32%, agregat sedang 26%, abu batu 42%, dengan variasi kadar aspal 6%; 6,5%; 7%; 7,5% dan 8%.
3. Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO I) senilai 6,48% dengan nilai karakteristik parameter Marshall sebagai berikut: stabilitas sebesar 1531,00 kg, *flow* sebesar 3,21 mm, rongga dalam campuran (VIM) sebesar 3,26%, rongga terisi aspal (VFB) sebesar 80,20% dan berat isi sebesar 2,331 gram/cm³.
4. Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik marshall yang dihasilkan menggunakan komposisi agregat sama dengan komposisi I dan limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar plastik 4%, 8%, 12%, dan 16% terhadap Kadar Aspal

Optimum Komposisi I (KAO I), dihasilkan karakteristik parameter Marshall sebagai berikut:

- a. Nilai stabilitas yang diperoleh pada percobaan Marshall dengan menggunakan Plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal sudah memenuhi spesifikasi. Nilai stabilitas tertinggi pada kadar substitusi Plastik LDPE 16% yaitu 1321,39 kg dan nilai stabilitas terendah pada kadar substitusi Plastik LDPE 8% yaitu 1038,793 kg.
- b. Nilai Kelelahan (*Flow*) yang diperoleh pada percobaan Marshall dengan menggunakan Plastik LDPE sebagai bahan substitusi kadar aspal sudah memenuhi spesifikasi. Nilai *Flow* pada campuran dengan kadar substitusi Plastik LDPE 8% hingga 16% semakin besar. Nilai *Flow* tertinggi pada substitusi Plastik LDPE 16% sebesar 3,98 mm dan terendah pada kadar 8% sebesar 3,69 mm.
- c. Nilai Rongga Udara dalam Campuran (VIM) pada kadar substitusi plastik LDPE rentang 4% hingga 12% memenuhi spesifikasi, tetapi pada kadar 16% (VIM 4,294%) tidak memenuhi spesifikasi dikarenakan melebihi 4%. Dari hasil pengujian Marshall dapat disimpulkan bahwa semakin besar substitusi plastik LDPE terhadap kadar aspal pada campuran, maka akan meningkatkan nilai Rongga Udara dalam Campuran (VIM).
- d. Nilai Rongga Terisi Aspal (VFB) pada percobaan Marshall dengan menggunakan plastik LPDE sebagai bahan substitusi aspal pada kadar 8% hingga 16% sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014) VFB sebesar 76% - 82%, sedangkan

untuk kadar substusi plastik 4% (VFB 82,141%) tidak memenuhi spesifikasi karena lebih dari 82%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar substitusi plastik LDPE terhadap kadar aspal pada campuran, maka nilai VFB akan cenderung menurun dikarenakan semakin bertambahnya substitusi plastik terhadap kadar aspal.

- e. Nilai Berat Jenis pada campuran dengan substitusi plastik LDPE terhadap kadar aspal untuk semua presentasinya memenuhi spesifikasi sesuai yang ditetapkan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2014). Dari grafik berat isi Komposisi I dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar kadar substitusi plastik LDPE semakin rendah nilai Berat Jenis campuran tersebut.
5. Berdasarkan hasil parameter karakteristik Marshall dari Komposisi II pemanfaatan limbah Plastik LDPE sebagai bahan substitusi aspal maksimum sebesar 13,6 % atau menggunakan aspal pada campuran hanya sebesar 5,6%. Berikut adalah pengaruh substitusi aspal menggunakan limbah plastik LDPE pada campuran dilihat dari nilai Marshallnya serta perbandingan campuran tersebut (Komposisi II) dengan campuran tanpa menggunakan limbah plastik (Komposisi I):
 - a. Nilai Stabilitas campuran mengalami penurunan sebesar 14,15 % (1531 kg menjadi 115 kg), hal tersebut dapat mengakibatkan menurunnya kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas dalam mempertahankan bentuknya untuk menghindari terjadinya deformasi permanen.
 - b. Nilai Kelelahan (*Flow*) meningkat sebesar 10,08 % (3,21 mm menjadi 3,93 mm), sehingga kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban berulang tanpa terjadi kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak dapat meningkat.

- c. Nilai Rongga Udara dalam Campran (VIM) meningkat 4,99 % (3,62 % menjadi 4%) hal tersebut mengakibatkan rongga udara dalam campuran semakin besar.
- d. Nilai Rongga Terisi Aspal (VFB) mengalami penurunan 1,13% (80,2% menjadi 78,4%) hal tersebut mengakibatkan rongga tersis aspalnya semakin menurun.
- e. Berat Isi campuran mengalami peningkatan 0,4 % (2,331gr/cm³ menjadi 2,35gr/cm³), untuk nilai stabilitas antara komposisi I dan Komposisi II tidak terlalu mengalami perubahan yang terlalu signifikan.

5.2 Saran

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

1. Diharapkan untuk penelitian berikutnya dapat memanfaatkan limbah plastik dengan jenis yang berbeda dengan plastik LDPE (plastik kresek) dengan asal material lokasi yang berbeda.
2. Pada penelitian berikut bisa digunakan jenis campuran yang berbeda.
3. Diharapkan pada penelitian lebih lanjut dapat ditinjau pengaruh pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan substitusi aspal dari segi ekonominya.
4. Diharapkan pengaruh campuran tersebut dalam pengaplikasian dilapangan dapat ditinjau, seperti retak alurnya dan lain sebagainya.
5. Dalam hal meningkatkan stabilitas campuran yang cenderung mengalami penurunan ketika limbah plastik LDPE digunakan sebagai sebagai bahan substitusi aspal perlu dilakukan dengan proporsi penyusun yang berbeda atau ditambahkan bahan lain untuk meningkatkan Stabilitas campuran tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ummah, Natiqoh. 2013. *Uji Ketahanan Bidegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Anonim. 2018. *Spesifikasi Umum untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim. 2005. *Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway) dan Landas Parkir (Apron), serta Fasilitas Penunjang di Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Anonim. 2005. *Petunjuk Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Anonim. 2014. *Pedoman Penyusun Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) dan Spesifikasi Teknis Pekerjaan Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Basuki, H. 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*. Bandung : Alumni.
- Desriantomy. 2007. *Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*. Palangka Raya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Fauziah, B. 2006. Analisis Kombinasi Batu Pecah Merak dan Batu Pecah Tangkiling sebagai Agregat Kasar pada Campuran Asphlat Treated Base (ATB). *Tugas Akhir Jurusan Teknnik Sipil/Program Studi Universitas Palangka Raya*. Palangka Raya.
- Fitri, S., Saleh, S. M., & Isya, M. 2018. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek sebagai Substitusi Aspal Pen 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 1(3), pp. 737-748.
- Gaparin. 2006. Kajian Teknis Perencanaan Campuran Asphalt Concrete Pavement (AC) untuk Airport Surface Course menggunakan Agregat dari Merak. *Tugas Akhir Jurusan/Program Studi Teknnik Sipil Universitas Palangka Raya*. Palangka Raya.
- Ravandy, V. 2019. Analisis Penggunaan Batu Pecah Kecamatan Kurun Kabupaten Gunung Mas sebagai Material Campuran Asphalt Concrete (AC) untuk Landas Pacu Bandar Udara Tjilik Riwut. *Tugas Akhir Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya*. Palangka Raya.
- 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.

Yoder & Witczak. 1975. *Principles of Pavement Design Edition*. New York: A Willey – Interscience Publication.

Vaza, H., dkk. 2017. *Penerapan Skala Penuh Teknologi Aspal Limbah Plastik*. Surabaya: Balitbang dan BBPKN VIII Surabaya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

