

**PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN
TAMBAH CAMPURAN ASPAL PADA PEKERASAN
JALAN AC-WC TERHADAP NILAI MARSHALL**

Diajukan Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh:

FRENGKI HARTONO SITORUS

13.811.0048



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2018

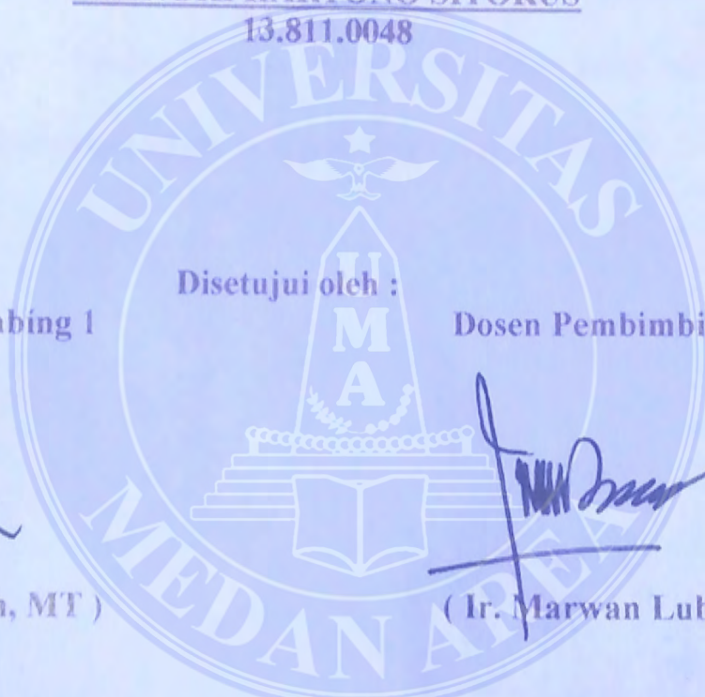
PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN ASPAL PADA PEKERASAN JALAN AC-WC TERHADAP NILAI MARSHALL

Diajukan Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh :

FRENGKI HARTONO SITORUS

13.811.0048



Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'mld'.

(Ir. Nurmaidah, MT)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Marwan Lubis'.

(Ir. Marwan Lubis MT)

Diketahui Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ka. Prodi Teknik Sipil

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Armansyah'.

(Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M.Eng)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Kamaluddin Lubis', with a large number '2' written above it.

(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi – sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juli 2018



Frenki Hartono Sitorus

13.811.0048

ABSTRAK

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah. Pada tahun 1999 departemen Perhubungan dan Pengembangan wilayah mengeluarkan spesifikasi baru tentang Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak. Salah satu spesifikasi baru yang dikeluarkan adalah *asphalt concrete – wearing course (AC – WC)* sebagai lapis aus ke-2 dalam lapisan jenis beton aspal merupakan lapisan paling atas dalam pekerasan lentur. Pada campuran AC – WC biasanya hanya menggunakan campuran agregat dan aspal panas, pada penelitian ini ditambahkan bahan plastik LDPE sebagai bahan tambah pengganti Aspal dengan tujuan apabila menunjukkan hal positif dapat digunakan di jalan Indonesia dan sekaligus menjadi salah satu solusi sampah plastik di Indonesia. Sebelum dilakukan pengujian Marshall dan durabilitas pada campuran dilakukan persiapan bahan dan pengujian materialnya, setelah semua memenuhi standart dilakukan pencetakan benda uji dengan kadar aspal 6,0% dari total campuran Benda uji tersebut dibuat dalam 3 variasi yaitu dengan menggunakan 100% Aspal, ditambah 4% plastik LDPE dan 6% plastik LDPE kemudian dilakukan penumbukan sebanyak 2 x 75. Hasil pengujian Marshall menunjukkan stabilitas rata – rata tanpa penambahan plastik sebesar 4004,316 kg dan pelelehan rata-rata 3,10 mm penambahan plastik sebanyak 4% menghasilkan stabilitas rata – rata 4637,348 kg dan pelelehan rata – rata 2,92 mm penambahan plastik sebanyak 6% menghasilkan stabilitas rata – rata 4670,814 kg dan pelelehan rata – rata 2,79 mm. Setelah dilakukan pengujian Marshall di dapatkan hasil bahwa pada penambahan plastik jenis Low Density Poliethylene sebanyak 4% dapat digunakan untuk campuran AC – WC namun untuk penambahan 6% sudah menunjukkan nilai pelelehan yang terlalu kecil dan tidak dapat digunakan untuk lapisan AC – WC.

Kata Kunci : Aspal, Plastik LDPE, Marshall

ABSTRACT

Road is the basic and main infrastructure in moving the wheels of national and regional economy. In 1999 the Regional Settlement and Development department issued a new set of Hot Asphalt Mixed Planning Guidelines Under the Absolute Density Approach. One of the new specifications issued is the asphalt concrete - wearing course (AC - WC) as the 2nd layer of coating in the asphalt concrete layer layer is the topmost layer in flexible pipe. In the mixture of AC - WC usually only use mixture of aggregate and hot asphalt, in this study added LDPE plastic material as add-on material of Asphalt substitute with the aim if show positive thing can be used in Indonesia road and also become one of plastic waste solution in Indonesia. Before Marshall testing and durability of the mixtures, the material preparation and material testing should be done after all of the specimens have been tested with 6.0% asphalt content of the total mixture. The specimens are made in 3 variations using 100% Asphalt, plus 4% LDPE plastic and 6% LDPE plastic then do the collision of 2 x 75. Marshall test results show average stability without adding plastic 4004.316 kg and flow an average of 3.10 mm of plastic addition by 4% resulting in an average stability of 4637,348 kg and an average flow of 2.92 mm plastic addition as much as 6% yields an average stability of 4670,814 kg and flow an average of 2.79 mm. After doing the Marshall test it was found that in addition to 4% of Low Density Polyethylene plastic can be used for AC-WC mixture but for addition of 6% it has shown that melting value is too small and can not be used for AC-WC layer.

Keywords: Asphalt, Plastic LDPE, Marshall

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH CAMPURAN ASPAL PADA PEKERASAN JALAN AC-WC TERHADAP NILAI MARSHALL” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (Strata-1) jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNIVERSITAS MEDAN AREA.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. Msc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Armansyah Ginting, M. Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT, selaku Kepala Program Studi Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Nurmaidah, MT selaku pembimbing I Penulis Yang selalu membimbing, memberi nasehat dan anjuran kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi Ini.

5. Bapak Ir. Marwan Lubis, MT selaku pembimbing II penulis yang juga memberikan saran dan masukan yang sangat baik bagi penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
6. Ucapan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada kedua orangtua saya, bapak Aris Sitorus dan ibu Nursalam Silaen yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta Doa yang tiada henti untuk penulis.
7. Teman-teman seperjuangan stambuk 2013 Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area, serta semua pihak yang telah banyak membantu penulis.
8. Teman – teman sebaya yang selalu menyemangati penulis dan khususnya kepada Sarina Simanjuntak yang selalu memberi himbauan dan tidak pernah lupa untuk selalu memberikan motivasi kepada penulis.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan dilapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Amin.

Hormat saya

Medan, 2018

Frengki Hartono Sitorus

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3. Perumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Bahan Campuran Aspal.....	5
2.1.1. Agregat	6
2.1.2. Plastik <i>low density polyethylene</i> (LDPE)	8
2.1.3. Aspal	9
2.2. Katakteristik Campuran Aspal Lapisan AC – WC	10
2.3. Perencanaan Gradasi Campuran.....	13
2.4. Kadar Aspal Rencana	16
2.5. Parameter dan Formula Perhitungan	16
2.5.1. Berat Jenis <i>Bulk</i> dan <i>Apparent</i> Total Agregat	16
2.5.2. Berat Jenis Efektif Agregat.....	17
2.5.3. Berat Jenis Maksimum Campuran.....	18
2.5.4. Berat Jenis <i>Bulk</i> Campuran Padat.....	19

2.5.5. Penyerapan Aspal	19
2.5.6. Kadar Efektif Aspal	20
2.5.7. Rongga Diantara Mineral Agregat.....	20
2.5.8. Rongga Didalam Campuran.....	21
2.5.9. Rongga Udara Yang Terisi Aspal.....	22
2.5.10. Stabilitas.....	22
2.5.11. Flow	23
2.3.12. Hasil Bagi Marshall	23
2.6. Durabilitas Standar.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Alur Penelitian.....	25
3.2. Bahan Penelitian.....	27
3.3. Peralatan Penelitian	27
3.4. Prosedur Perencanaan Penelitisn.....	28
3.5. Pengujian Marshall.....	30
3.6. Prosedur Pengujian Material	31
3.6.1. Pengujian Material Agregat.....	32
3.6.2. Pengujian Materian Aspal.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil dan Perencanaa Gradasi Agregat Campuran.....	36
4.2. Hasil Pengujian Kualitas Material.....	37
4.2.1. Agregat Kasar	37
4.2.2. Agregat Halus	38

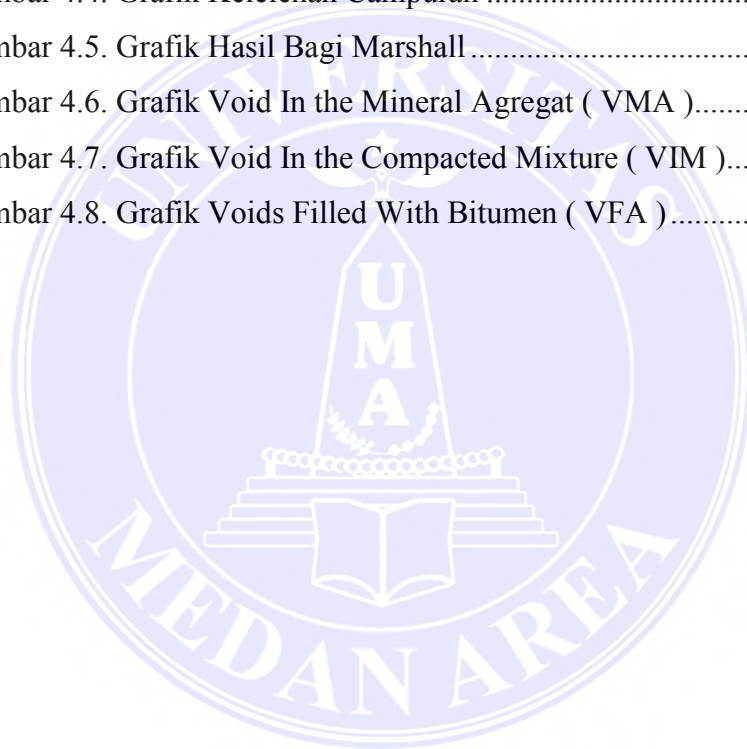
4.2.3. Filler.....	39
4.2.4. Aspal.....	40
4.3. Penentuan Berat Jenis, Penyerapan Aspal, dan Perkiraan	
Kadar Aspal Rencana.....	41
4.4. Hasil Analisa Marshall.....	42
4.4.1. Data Penelitian dan Pembahasan.....	42
4.4.2. Analisa.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal	12
2. Tabel 2.2. Ketentuan Sifat – sifat Campuran	13
3. Tabel 2.3. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC – WC	14
4. Tabel 3.1. Jumlah Sampel yang Direncanakan	30
5. Tabel 3.2. Ketentuan Agregat	33
6. Tabel 3.3. Ketentuan Agregat Halus	34
7. Tabel 3.4. Ketentuan <i>filler</i>	34
8. Tabel 3.5. Ketentuan Aspal	35
9. Tabel 4.1. Gradasi campuran	36
10. Tabel 4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar	38
11. Tabel 4.3. Hasil Pengujian Agregat Halus	39
12. Tabel 4.4. Hasil Pengujian <i>filler</i>	39
13. Tabel 4.5. Hasil Pengujian Aspal	40
14. Tabel 4.6. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Pengujian Aspal	41
15. Tabel 4.7. Perhitungan Kadar Aspal	42
16. Tabel 4.8. Data Benda Uji	42
17. Tabel 4.9. hasil Marshall	43
18. Tabel 4.10. Volume Benda Uji Setelah Pematatan	44
19. Tabel 4.11. Berat Isi Setelah Pematatan	45
20. Tabel 4.12. Volume Efektif Campuran dan Persen Volume Agregat	46
21. Tabel 4.13. Hasil Pengujian Marshall dengan 2 x 27 Kali Tumbukan	53

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1. Gradasi AC – WC dan Titik Kontrol Gradasi (Skala Logaritmik)	15
2. Gambar 2.2. Gradasi AC – WC dan Titik Kontrol Gradasi (Ukuran Butir Pangkat 0,45)	15
3. Gambar 3.1. Alur Penelitian	25
4. Gambar 4.1. Kurva Gradasi	37
5. Gambar 4.2. Grafik Kepadatan Campuran.....	48
6. Gambar 4.3. Grafik Stabilitas Campuran.....	48
7. Gambar 4.4. Grafik Kelelehan Campuran	49
8. Gambar 4.5. Grafik Hasil Bagi Marshall	49
9. Gambar 4.6. Grafik Void In the Mineral Agregat (VMA).....	50
10. Gambar 4.7. Grafik Void In the Compacted Mixture (VIM).....	50
11. Gambar 4.8. Grafik Voids Filled With Bitumen (VFA).....	51



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat. Seiring dengan hal tersebut mengakibatkan meningkatnya peningkatan mobilisasi penduduk, sehingga muncul kendaraan-kendaraan baru baik kendaraan ringan sampai dengan kendaraan berat yang melintas di jalan raya, sehingga dibutuhkan juga sarana transportasi yang cukup memadai untuk menampung volume kendaraan yang akan melintas.

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Ketersediaan jalan adalah prasyarat mutlak bagi masuknya investasi ke suatu wilayah. Jalan memungkinkan seluruh masyarakat mendapatkan akses pelayanan pendidikan, kesehatan dan pekerjaan. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi.

Di sisi lain keberadaan plastik semakin melimpah, diperkirakan sekitar 500 milyar – 1 triliun plastik digunakan di dunia tiap tahunnya. Jika sampah-sampah ini dibentangkan maka, dapat membungkus permukaan bumi setidaknya hingga 10 kali lipat. Diperkirakan setiap orang menghabiskan 170 kantong plastik setiap tahunnya. Lebih dari 17 milyar kantong plastik dibagikan secara gratis oleh supermarket di seluruh dunia setiap tahunnya. (Utomo,2010).

Plastik memiliki banyak manfaat tetapi juga memiliki sisi negatif khususnya limbah plastik. Namun limbah plastik membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya. Campuran beraspal memiliki beberapa kelemahan seperti mengalami deformasi (perubahan bentuk) permanen disebabkan tekanan terlalu berat oleh muatan truk yang berlebihan, keretakan-keretakan yang ditimbulkan oleh panas, juga kerusakan disebabkan karena kelembaban, ini semua terjadi pada campuran aspal (Brown, 1990).

Asrar, Y.D. (2007) dalam tesisnya menyimpulkan bahwa penambahan plastik dalam aspal akan memberikan pengaruh yang baik terhadap sifat-sifat aspal. Hasil pengujian Marshall terhadap campuran beraspal yang mengandung plastik menunjukkan bahwa penambahan kadar plastik sampai dengan 3% pada aspal meningkatkan nilai stabilitas, berat isi, kepadatan agregat yang dipadatkan (CAD) dan Marshall Quotient campuran HRA. Sejalan dengan peningkatan penambahan plastik pada aspal, nilai deformasi permanen campuran dari hasil tes jejak roda mengalami penurunan dan menyebabkan peningkatan terhadap stabilitas dinamis.

Mengacu pada hal tersebut maka penulis ingin melakukan pengujian terhadap nilai marshall lapisan aspal AC – WC yang di modifikasi dengan penambahan campuran limbah plastik type *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan beberapa karakteristik campuran.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah plastik dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal AC- WC sebagai

salah satu cara untuk mengurangi masalah sampah plastik yang terus meningkat setiap harinya oleh aktivitas masyarakat.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mengetahui Pengaruh Penambahan plastik terhadap peningkatan karakteristik campuran berspal AC-WC dengan aspal pen 60/70.

Mengetahui pengaruh penambahan plastik terhadap nilai marshall.

1.3. Perumusan Masalah

Masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah.

- Mengetahui tentang jenis plastik yang dapat digunakan pada pekerasan jalan AC – WC .
- Apakah limbah plastik mampu meningkatkan kuat tekan lapisan aspal AC-WC yang di uji dengan menggunakan Marshall Test

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

Adapun lingkup penelitian ini terbatas pada ;

- Perencanaan campuran menggunakan perencanaan campuran untuk lapis permukaan AC – WC mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010.
- Sumber campuran beton aspal yang dipakai pada penelitian terdiri dari ;
 - a. Aspal Pertamina Pen. 60/70.
 - b. Agregat (kasar, halus dan abu batu).
- Uji *Marshall* test terdiri dari uji stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ) dan uji Indeks kekuatan sisa standard dinyatakan dalam uji perendaman *Marshall* selama 24 jam dengan suhu 60° C.

- Pengujian dilakukan terhadap aspal dan campuran AC–WC dengan variasi persentase LDPE 0%, 4% dan 6% terhadap berat aspal.
- Pada penelitian ini plastik *low density polyethylene* (LDPE) digunakan sebagai *filler* campuran beraspal.
- Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya kajian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat bagi dunia konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya dan menambah wawasan mengenai penambahan plastik sebagai bahan tambah campuran aspal AC – WC yang di tinjau terhadap nilai Marshall, apabila penelitian ini memberikan hasil yang positif, semoga dapat digunakan pada konstruksi jalan raya di Indonesia sekaligus juga dapat menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan sampah yang semakin besar di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bahan Campuran Aspal

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Di Indonesia jenis campuran aspal panas yang lazim digunakan antara lain : Aspal Beton, Hot Rolled Sheet (HRS), dan Split Mastic Asphalt (SMA).

Pada tahun 1999, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah tentang pedoman teknik campuran beraspal yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya spesifikasi baru Beton Aspal Campuran Panas Pada tahun 2001. Semua campuran dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi.

Berikut adalah beberapa jenis campuran aspal yang masuk dalam spesifikasi campuran beraspal di Indonesia.

a. Latasir (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

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

b. Lataston (*HRS*)

Lataston (*Hot Roller Sheet*) mempunyai persyaratan kekakuan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (*AC*) yang bergradasi menerus. Lataston terdiri dari dua macam campuran, yaitu :

- Lataston Lapis Pondasi (*HRS-Base*)
- Lataston Lapis Permukaan (*HRSWearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

c. Laston (*AC*)

Laston (Lapis Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat daripada Lataston (*HRS*). Aspal Beton (*AC*) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu : Laston Lapis Aus 2 (*AC-WC*), Laston Lapis Aus 1 (*AC-BC*) dan Laston Lapis Pondasi (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm.

2.1.1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir – butir batu pecah, kerikil, pasir, atau material lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jenderal Bina Marga 1998).

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran – butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain – lain (Harold N. Atkins, PE. 1997)

Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman 2003)

Dari beberapa pendapat diatas maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk didalamnya antara lain : Pasir, kerikil, agregat pecah, abu/ debu, agregat dan lain – lain.

Beberapa tipikal ketentuan penggunaan dalam penggambaran agregat menurut Harold N. Atkins (1997) adalah sebagai berikut :

1. *Fine Agregat (sand size / ukuran pasir)* : sebagian besar partikel agregat berukuran antara 4,75 mm (*no.4 sieve test*) dan 75 mm (*no. 200 sieve test*).
2. *Coarse Agregate (Gravel size/ ukuran kerikil)*: sebagian besar agregat agregat berukuran lebih besar dari 4,75 mm (*no. 4 Sieve test*).
3. *Pit run* : agregat yang berasal dari pasir atau *gravel pit* (biji kerikil) yang terjadi tanpa melewati suatu proses atau secara alami.
4. *Crushed gravel : pit gravel* (kerikil dengan pasir atau batu bulat) yang mana telah didapatkan dari salah satu alat pemecah untuk menghancurkan banyak partikel batu yang berbentuk bulat untuk menjadikan ukuran yang lebih kecil atau untuk memproduksi lapisan kasar (*rougher surfaces*).
5. *Crushed rock* : agregat dari pemecahan batuan. Semua bentuk partikel tersebut bersiku-siku/tajam (*angular*), tidak ada bulatan dalam material tersebut.

6. *Screenings* : kepingan-kepingan dan debu atau bubuk yang merupakan produksi dalam pemecahan dari batuan (*bedrock*) untuk agregat.
7. *Concrete sand* : pasir yang (biasanya) telah dibersihkan untuk menghilangkan debu dan kotoran.
8. *Fines* : endapan lumpur (*silt*), lempung (*clay*) atau partikel debu lebih kecil dari 75mm (*no.200 sieve test*), biasanya terdapat kotoran atau benda asing yang tidak diperlukan dalam agregat.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas karena dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban di atasnya dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

2.1.2. Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Plastik banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia, mulai dari keperluan rumah tangga hingga industri. Penggunaan plastik sebagai pengemas pangan terutama karena keunggulannya dalam hal bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk pangan yang dikemas, berbobot ringan, tidak mudah pecah, bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat berbagai jenis pilihan bahan dasar plastik.

Dalam Penelitian akan digunakan plastik dengan mutu rendah yang memiliki karakteristik tingkat resistansi kimia yang sangat baik. Plastik bersifat termoplastik, memiliki densitas antara 0.910 - 0.940 g/cm³ , tidak reaktif pada temperatur kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut dapat

menyebabkan kerusakan. Memiliki percabangan yang banyak sehingga gaya antar molekulnya rendah.

Asrar, Y.D. (2007) dalam tesisnya menyimpulkan bahwa penambahan plastik dalam aspal akan memberikan pengaruh yang baik terhadap sifat-sifat aspal. Hasil pengujian Marshall terhadap campuran beraspal yang mengandung plastik menunjukkan bahwa penambahan kadar plastik sampai dengan 3% pada aspal meningkatkan nilai stabilitas, berat isi, kepadatan agregat yang dipadatkan (CAD) dan Marshall Quotient campuran HRA. Sejalan dengan peningkatan penambahan plastik pada aspal, nilai deformasi permanen campuran dari hasil tes jejak roda mengalami penurunan dan menyebabkan peningkatan terhadap stabilitas dinamis

2.1.3. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya dimana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*).

Aspal petroleum dan aspal liquid adalah material yang sangat penting.

Menurut *The Asphalt Institute Superpave (1999) Series No. 1 (SP – 1)*, tonase dari produksi aspal setiap tahunnya bertambah terus – menerus mulai dari 3 juta ton pada tahun 1926 meningkat menjadi 8 juta ton pada tahun 1946, kemudian terjadi peningkatan secara drastis pada tahun 1964 yaitu sebanyak 24 ton. Aspal adalah sistem koloida yang rumit dari material hydrocarbon yang terbuat dari *Asphaltenes, resin* dan *oil*.

Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak (Krebs, RD & Walker, RD,1971).

Aspal dibuat dari minyak mentah (*Crude Oil*) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yangterbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan terproses menjadi minyak mentah senyawa dan hydrocarbon. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (misal : Asbuton), dimana sering juga disebut mineral (*Shell Bitumen, 1990*).

2.2. Karakteristik Campuran Aspal lapisan AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)

Lapisan AC – WC adalah jenis pekerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Material – material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145 – 155 °C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan *Hot Mix* (*Sylvia Sukirman, 2003*).

Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan. Salah satu produk campuran aspal yang

kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)* / Lapis Aus Aspal Beton. *AC-WC* adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu *AC-WC*, *AC-BC* dan *AC-Base*. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

Penggunaan *AC-WC* yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran *AC-WC* lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran *AC-WC* yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batasbatas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel di bawah ini dengan membandingkan dengan *AC-BC* yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1” dan *AC-Base* 37,5 mm atau 1½”. Sedangkan *AC-WC* mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾”.

Tabel 2.1. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan ASTM	(mm)	%Berat yang Lolos		
		WC	BC	Base
1 ½ "	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
¾ "	19	100	90-100	maks.90
½ "	12,5	90-100	maks.90	
3/8 "	9,5	maks.90 -		
No.8	2,36	28-58	23-49	19-45
No.16	1,18	-	-	-
No.30	0,6	-	-	-
No.50	0,3	-	-	-
No.100	0,15	-	-	-
No.200	0,075	4-10	4-8	3-7
Daerah Larangan				
No.4	4,75	-	-	39,5
No.8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8
No.16	1,18	25,6 – 31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
No.30	0,6	19,1 – 23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No.50	0,3	15,5	13,7	11,4

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

Tabel dibawah ini merupakan ketentuan sifat – sifat campuran beraspal panas di Indonesia yang dikeluarkan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Hal tersebut merupakan acuan dalam penelitian ini

Tabel 2.2. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran

Sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Penyerapan aspal %	max		12,5	
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran %	min	3,5	max	5,5
Rongga dalam agregat (VMA) &	min	15	14	13
Rongga terisi aspal %	min	65	63	60
Stabilitas Marshall	min	800		1500
Kelelehan (flow)	min	3		5
Marshall Quotient	min	250		300
Stabilitas marshall sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam , 60° C	min		75	
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	min		2,5	

Catatan:

1. Modifikasi Marshall, diameter cetakan benda uji 152,4 mm. Untuk kondisi kepadatan mutlak digunakan alat penumbuk getar agar terhindar dari kemungkinan adanya agregat yang pecah.
2. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk begetar (vibratory hamer) disarankan digunakan untuk mnghindaripecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan oenumbuk manual, jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan ber diameter 6 inch dan 400 untuk cetakan 4 inch.
3. Berat jenis efektif agregat dihitung berdasarkan pengujian bj. Maksimum agregat (Gmm test AASHTO T-209)
4. Direksi pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T 283 sebagai alternatif pengujian kepekatan kadar air. Pengondisian beku cair (freze thaw conditioning) tidak diperlukan standar minimum untuk diterimanya prosedur T283 harus 80% kuat tarik sisa.

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah (2004)

2.3. Perencanaan Gradasi Campuran

Selanjutnya dilakukan pemilihan gradasi agregat campuran. Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran aspal panas AC untuk Lapisan Wearing Course dengan spesifikasi Gradasi menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004, seperti terlihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Gradasi Agregat Untuk campuran Aspal AC -WC

Ukuran Ayakan ASTM	(mm)	Berat yang lolos		% cintah target gradasi		
		Batasan	Daerah Larangan	Fuller	Lolos	Tertahan
1 ½"	37,5	-	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-	-
¾"	19	100	-	100	100	-
½"	12,5	90-100	-	82,8	93,0	7,0
3/8"	9,5	maks. 90	-	73,2	80,0	13,0
No.4	4,75	-	-	53,6	55,0	25,0
No.8	2,36	25-58	39,1	39,1	36,0	19,0
No.16	1,18	-	25,6 - 31,6	28,6	24,0	12,0
N0.30	0,6	-	19,1 - 23,1	21,1	17,0	7,0
No.50	0,3	-	15,5	15,5	12,0	5,0
N0.100	0,15	-	-	11,3	8,0	4,0
No.200	0,075	-	-	8,3	6,0	2,0
						6,0

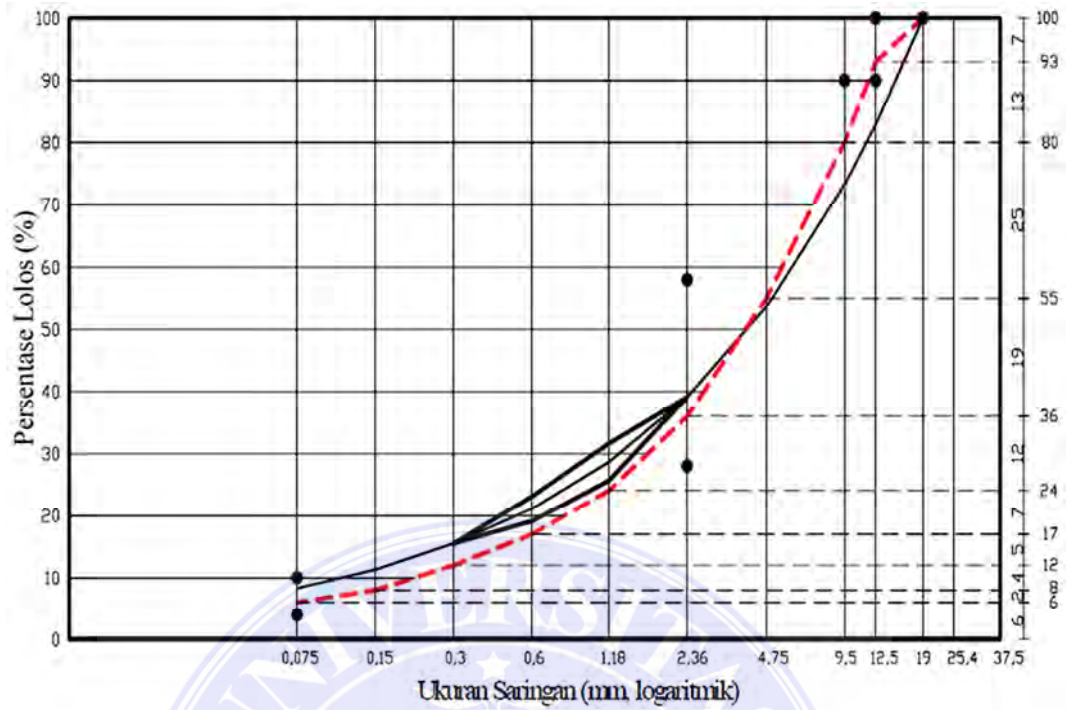
Untuk campuran AC – WC, kombinasi gradasi agregat dianjurkan tidak berhimpit dengan kurva fuller. Kurva fuller di sajikan pada tabel di bawah . untuk campuran AC – WC digunakan dalam spesifikasi ini diperoleh dari rumus berikut:

$$P = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^{0,45} \dots\dots\dots (2.1)$$

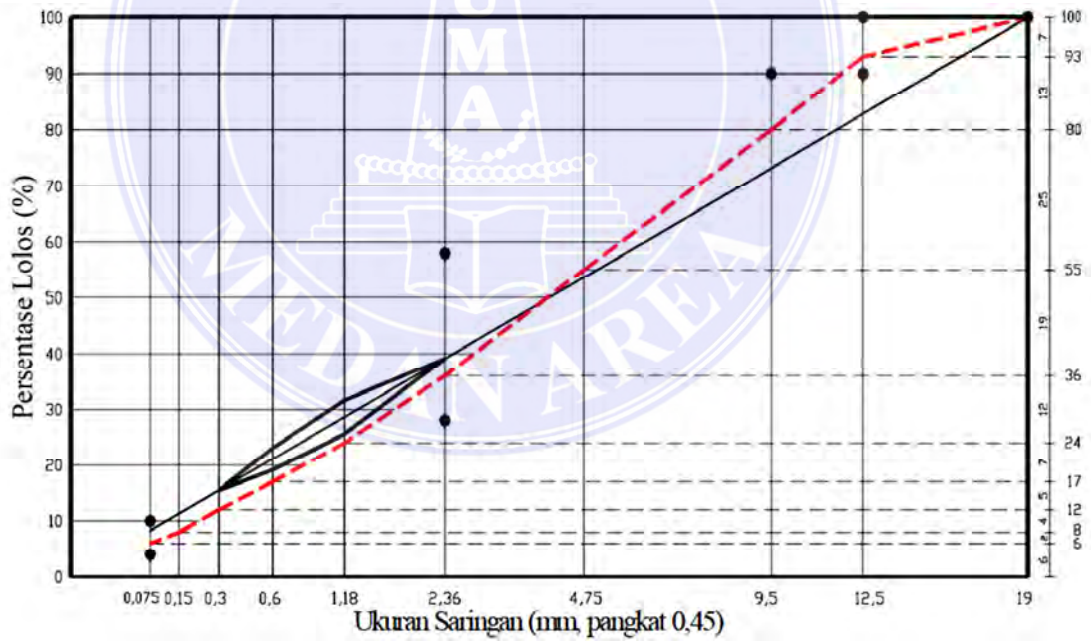
- Dimana :
- p : Persentase bahan yang lolos saringan d %
 - D : Ukuran Butir Terbesar (mm)
 - D : Ukuran saringan yang ditinjau (mm)

Gradasi kombinasi agregat untuk campuran aspal diharuskan menghindari daerah larangan (*restriction zone*) yang di cantumkan pada tabel dibawah ini.

Untuk gradasi agregat akan dibahas pada BAB III yang akan menunjukkan bagaimana gradasi menghindari daerah larangan melalui bagian bawah daerah tersebut. Namun dapat juga daerah larangan tersebut dihindari melewati bagian atas.



Gambar 2.1. Gradasi AC – WC dan titik kontrol gradasi (Skala Logaritmik)



Gambar 2.2. Gradasi AC – WC dan titik kontrol gradasi (Ukuran butir pangkat 0,45)

Keterangan :

- = Zona Terbatas
- = Fuller M S = 19 mm
- - - = Contoh Target Gradasi
- .

Untuk memperoleh gradasi gabungan cara yang digunakan oleh penulis adalah dengan cara analitis. Kombinasi agregat dari tiga fraksi yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler dapat digabungkan dengan persamaan dasar dibawah ini.

$$P = A.a + B.b + C.c \dots\dots\dots (2.2)$$

$$1 = a + b + c \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

P : Persen lolos agregat campuran dengan ukuran tertentu (%)

A,B,C : Persen bahan yang lolos saringan masing masing ukuran (%)

a,b,c : Proporsi masing masing agregat yang digunakan, jumlah total 100 %

$$a = \frac{P-B}{A-B} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$c = \frac{B.a-P}{B-C} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$b = 1 - a - c \dots\dots\dots (2.6)$$

setelah didapatkan nilai a, b, dan c maka, proporsi masing – masing fraksi agregat dalam campuran dapat dievaluasi.

2.4. Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat . sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

P_b : Perkiraan Kadar Aspal Optimum

CA : Nilai Persentase Agregat Kasar

FA : Nilai Persentase Agregat Halus

FF : Nilai Persentase Filler

K : Konstanta (Kira – Kira 0,5 – 1,0)

Hasil perhitungan P_b dibulatkan ke 0,5% keatas terdekat.

2.5. Parameter dan Formula Perhitungan

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas adalah sebagai berikut :

2.5.1. Berat jenis *Bulk* dan *Apparent Total* Agregat

Agregatb total terdiri atas fraksi – fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi / *Filler* yang masing masing mempunyai berat jenis yan berbeda, baik berat jenis kering (*Bulk spesific gravity*) dan berat jenis semu (*Apparent grafity*). Setelah didapatkan kedua macam berat jenis pada masing – masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persmaan berikut.

1. Berat Jenis Kering (*bulk Spesific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb\text{tot agregat}} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots\dots\dots+P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}}+\frac{P_2}{G_{sb2}}+\frac{P_3}{G_{sb3}}+\dots\dots\dots+\frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

$G_{sb\text{tot agregat}}$: Berat jenis semua agregat campuran

$G_{sa1}, G_{sa2n}..G_{san}$: Berat jenis semu dari masing – masing agregat 1,2,3,..n
(gr / cc)

$P_1, P_2, P_3... P_n$: Persentase berat dari masing – masing agregat (%)

2. Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb\text{tot agregat}} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots\dots\dots+P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}}+\frac{P_2}{G_{sb2}}+\frac{P_3}{G_{sb3}}+\dots\dots\dots+\frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

$G_{sb_{tot}}$ agregat : Berat jenis semua agregat campuran

$G_{sa1}, G_{sa2} \dots G_{san}$: Berat jenis semu dari masing – masing agregat 1,2,3,..n
(gr / cc)

P1, P2, P3... Pn : Persentase berat dari masing – masing agregat (%)

2.5.2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T.209 – 90, maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

Gse : Berat jenis efektif / *efektive spesific gravity* (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr / cc)

Pmm : Persen berat total campuran (100 %)

Pb : Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

Gb : Berat jenis aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)

Gsb : Berat jenis kering agregat / *bulk spesific gravity*, (gr/cc)

Gsa : Berat jenis semu agregat / *apparent spesific gravity*, (gr/cc)

2.5.3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T.209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat).

Selanjutnya Berat Jenis Maksimum (Gmm) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut:

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Pse}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

Gmm : Berat jenis maksimum campuran, (gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran (=100)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran, (%)

Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity*, (gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal, (gr/cc)

2.5.4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (G_{mb}) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut :

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

V_{bulk} : Volume campuran setelah pemadatan (cc)

W_a : Berat diudara (gr)

2.5.5. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} G_b \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} : Berat jenis bulk agregat (gr/cc)

G_{se} : berat jenis efektif agregat (gr/cc)

G_b : berat jenis aspal (gr/cc)

2.5.6. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja pekerasan beraspal. Rumus kadar aspal efektif adalah sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

P_{be} : Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)

P_b : Kadar aspal, persen total campuran (%)

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat(%)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

2.5.7. Rongga Diantara Mineral Agregat (*Void in the Mineral Agregate / VMA*)

Rongga antara mneral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu pekerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah sebagai berikut:

1. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 - \left[\frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right] \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total (%)

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

P_s : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

2. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \left[\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100+Pb)} \times 100 \right]$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr / cc)

Gsb : berat jenis bulk agregat (gr / cc)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran (%)

2.5.8. Rongga didalam campuran (Void in The Compacted Mixture / VIM)

Rongga udara dalam campuran (V_a) atau VIM dalam campuran pekerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$VIM = 100 - \left[\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right] \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, persentase dari volume total (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr / cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

2.5.9. Rongga Udara yang Terisi Aspal (Voids Filled With Bitumen / VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat, rumusnya adalah sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

VFA : Rongga udara yang terisi aspal, persentase dari VMA (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat , persentase dari volume total (%b)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan , persentase dari volume total (%)

2.5.10. Stabilitas

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

2.5.11. Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

2.5.12. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall/ *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall quotient (kg/mm)*

MS : *Marshall stability (kg)*

MF : *Flow marshall (mm)*

2.6 Durabilitas Standar

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58 – 1990. Uji perendaman dilakukan pada temperatur 60 ± 1 °C selama 24 jam. Masing – masing golongan terdiri dari 2 sampel yang direndam pada bak perendaman untuk semua variasi kadar aspal.

Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman dalam arir pada suhu 60 °C selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung dengan rumus berikut :

$$IRS = \left[\frac{MSi}{MSs} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots (2.21)$$

Keterangan :

IRS : Indeks kekuatan sisa (Index Retained Strength) (%)

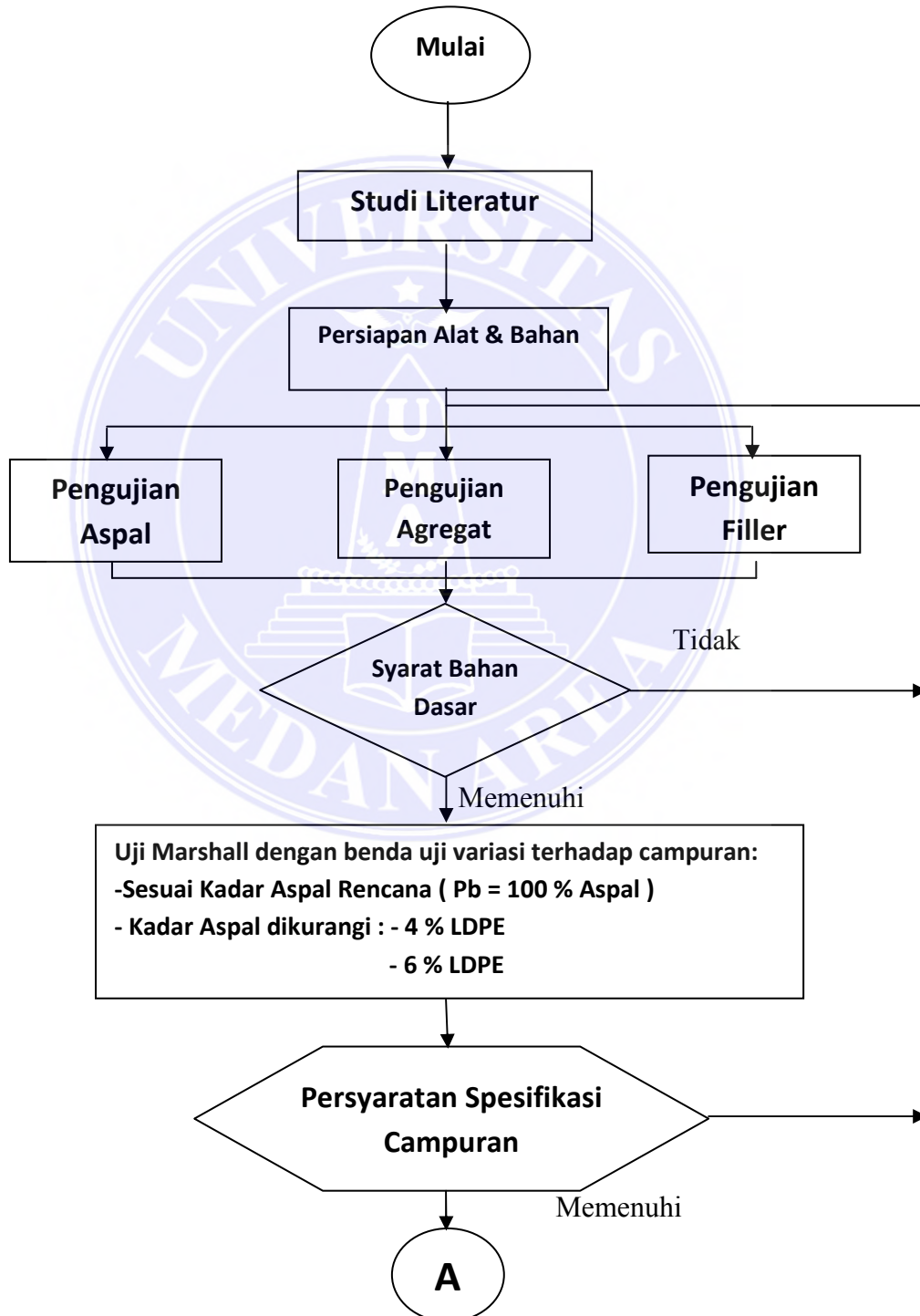
Msi : Stabilitas Marshall setelah perendaman 24 Jam suhu ruang 60 ± 1 °C (kg)

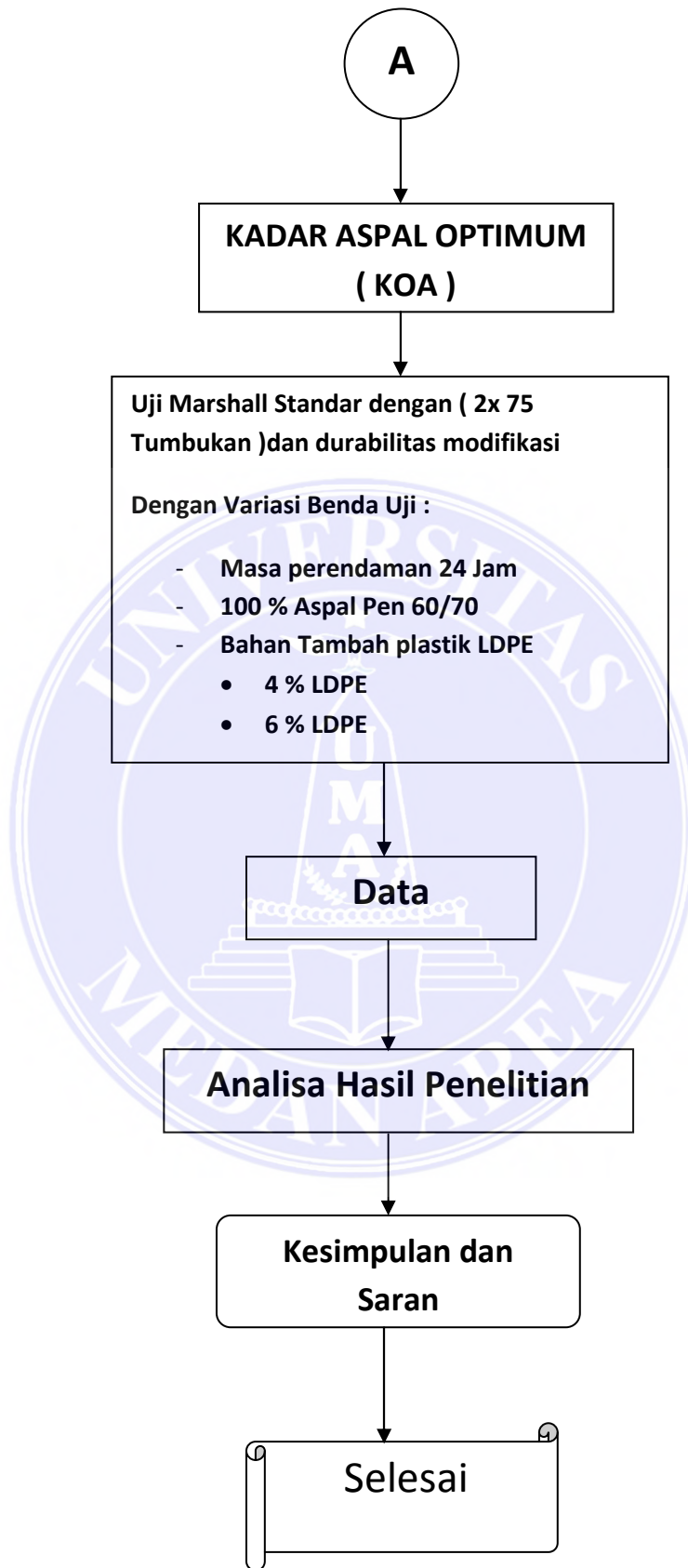
MSs : Stabilitas Marshall standar pada perendaman selama 30 Menit suhu 60 °C

BAB III

METODEOLOGI PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian





Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.2. Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Agregat kasar, berasal dari AMP PT. DINAMALA MITRA LESTARI di jl.akses bandara silangit desa hutaginjang Muara.
- Agregat halus dan abu batu juga berasal dari AMP PT. DINAMALA MITRA LESTARI di jl.akses bandara silangit desa hutaginjang Muara.
- Bahan tambah adalah limbah plastik tipe LDPE (*Low density polyethylene*) yang didapat dari hasil pengumpulan limbah plastik dari warung dan toko.
- Bahan aspal menggunakan aspal PERTAMINA Pen 60/70.

3.3. Peralatan Penelitian

- Alat uji pemeriksaan aspal
Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain : Alat uji penetrasi, alau uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (Piknometer dan timbangan) alat uji kelenturan (CCl_4).
- Alat uji pemeriksaan agregat
Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar (terdiri dari ukuran $\frac{3}{4}$ “, $\frac{1}{2}$ “, $\frac{3}{8}$ “, # 4, # 8, # 16, # 30, # 50 dan # 200), alat uji kepipihan, alat pengering (Oven), timbangan berat, alat uji berat jenis, (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

- Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat yang digunakan untuk metode Marshall, meliputi.

- a. Alat tekan Marshall yang terdiri dari kepala penekan bebrbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000 kg (5000 lb) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flow meter*.
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10,2 cm (4 Inci) dan tinggi 7,5 cm (3 inci) untuk Marshall standar.
- c. Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm, berat 4,5 kg (10 lb)dengan r=tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inci).
- d. Ejektor / dongkrak untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- e. Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- f. Alat – alat penunjang yang meliputi panci pencampur, kompor pemanas termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan cat/ tip-ex yang akan diunakan untuk menandai benda uji.

3.4. Prosedur Perencanaan Penelitian

Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar optimum secara empiris dengan persamaan (P_b) sesuai pada rumus 2.7 pada bab sebelumnya. Nilai P_b hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5 % . kemudian dilakukan penyiapan benda uji untuk tes Marshall sesuai dengan tahapan yang akan diuraikan berikut

- Tahap I

Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum Pb dibuat benda uji dengan jenis aspal pertamina dengan kadar aspal 6,0 % . kemudian dilakukan pengujian Marshall standar dengan penumbukan sebanyak 75 kali yang dilakukan pada kedua sisi benda uji. Pengujian durabilitas untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan, hasil bagi Marshall, dan indeks stabilitas sisa. Dari hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall dapat ditentukan kadar aspal optimum.

- Tahap II

Setelah didapat kadar aspal optimum maka dilakukan pembuatan benda uji dengan variasi 100% Aspal Pen 60/70, Kadar aspal dikurangi 4% dengan plastik LDPE, dan dikurangi 6 % plastik LDPE. Plastik LDPE di campur bersamanya kedalam aspal panas dan dimasak sampai suhu tertentu sehingga plastik LDPE tersebut melebur dan menyatu dengan aspal. benda uji direndam selama 24 jam kemudian dilakukan uji Marshall. Seluruh kriteria hasil Marshall yang didapatkan mengacu pada standar Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah 2004 yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 .

Perincian perkiraan jumlah sampel yang akan digunakan dalam pengujian dapat dilihat pada jumlah sampel penelitian yang akan ditunjukkan dalam tabel 3.1. dibawah ini.

Tabel 3.1. Jumlah Sampel yang Direncanakan

Tahap Pengujian	Jumlah Benda Uji
100% Aspal	10 Benda Uji
4% bahan tambah plastik LDPE	10 Benda Uji
6% bahan tambah plastik LDPE	10 Benda Uji
Total	30 Benda Uji

3.5. Pengujian Marshall

Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan persentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing – masing fraksi dengan berat campuran kira – kira 1200 gram untuk diameter 4 inci, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu ($105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada viskositas kinematik 100 ± 10 centistokes. Agar temperaturcampuran agregat dan aspal tetap, maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga lapisan aspal tercampur dengan baik pada agregat.

Untuk penambahan plastik jenis *low density polyethylene (LDPE)* terlebih dahulu dilakukan pencincangan agar lebih mudah dalam pemanasan dan peleburan dengan aspal, kedua benda dipanasi sampai menyatu kemudian dicampur dengan agregat.

Setelah temperatur dan pencampuran dirasa sudah baik, maka campuran dimasukkan kedalam cetakan,sebelumnya masukkan kertas filter atau kertas lilin pada bagian bawah cetakan kemudian ditusuk – tusuk dengan spatula sebanyak 25

kali 15 kali di bagian tepi dan 10 kali pada bagian tengah. Tutup kembali dengan kertas pada bagian atas nya.

Pemadatan standar dilakukan dengan pemadatan manual dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali dibagian sisi atas, kemudian dibalik dan ditumbuk lagi dengan volume yang sama sebanyak 75 kali tumbukan.

Setelah pemadatan selesai, benda uji didiamkan agar suhu nya perlahan menurun, kemudian benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan kemudian setiap benda uji diberikan kode.

Benda uji di ukur tinggi dan berat nya.

Benda uji direndam didalam air selama ± 24 jam sepaya jenuh.

Setelah perendaman lakukan penimbangan didalam air.

Benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dengan handuk atau kalin pada permukaan kemudian timbang.

Rendam benda uji pada suhu 60 ± 1 °C selama 30 hingga 45 menit .

Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.

Keluarkan benda uji dari bak perendam, kemudian letkkan tepat ditengah pada bagian bawah kepala penekan dan bagian atas kepala penekandengan memasukkan dengan batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat ditengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelehan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.

Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.

Pembebanan dilakukan pada kecepatan tetap 51 mm (2 inci) per menit, hingga kegagalan benda uji terjadi yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibuka arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat benda uji mengalami kegagalan adalah nilai stabilitas marshall.

Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan. Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 60 detik.

Untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan jenis aspal dengan tingkat penetrasi 60/70.

3.6. Prosedur Pengujian Material

Pengujian material yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus *filler* dan aspal dengan mengacu pada standar Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004).

3.6.1. Pengujian Material Agregat

Dalam pemilihan bahan agregat diupayakan menjamin tingkat penyerapan air yang paling rendah. Hal itu merupakan antisipasi atas hilangnya material aspal yang terserap oleh agregat.

Agregat dapat terdiri atas beberapa fraksi, misalnya fraksi kasar, fraksi medium dan abu batu atau pasir alam. Pada umumnya fraksi kasar dan fraksi medium digolongkan sebagai agregat kasar, sedangkan abu batu dan pasir sebagai agregat halus.

A. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk perencanaan ini adalah yang tertahan pada saringan no. 8. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran nominal. Sedangkan ketentuannya dapat dilihat pada Tabel 3.2. Berikut ini :

Tabel. 3.2. Ketentuan Agregat Kasar

No	Karakteristik	Metode pengujian	Persyaratan
1	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85-81	-
2	Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	-
3	Berat jenis Apparent	AASHTO T-85-81	-
4	Penyerapan air	SNI 1969-1989-F	Maks. 3 %
5	Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
6	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
7	Indeks kepipihan	ASTM D-4791	Maks 20 %
8	Indeks kelonjongan	ASTM D-4791	Maks 10 %
9	Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4142-1996	Maks.1 %

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah (2004)

B. Agregat Halus

Agregat halus dari masing masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu dan harus disediakan dalam ukuran nominal

maksimum 2,36 mm. Agregat halus hasil pemecahan dan pasir alam harus ditimbun dalam cadangan terpisah dari agregat kasar serta dilindungi dari hujan dan pengaruh air. Material tersebut harus merupakan bahan bersih, keras bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Ketentuan tentang agregat halus terdapat pada tabel 3.3 berikut ini :

Tabel. 3.3. Ketentuan Agregat Halus

No	Karakteristik	Metode Pungujian	Persyaratan
1	Berat jenis dan penyerapan air	AASHTO T-85-81	-
2	Berat jenis SSD	AASHTO T-85-81	-
3	Berat jenis apparent	AASHTO T-85-81	-
4	Penyerapan air	SNI 1969-1989- F	Maks. 3 %
5	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
6	Material lolos saringan no. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah (2004)

C. Filler

Bahan pengisi harus bebas dari semua bahan yang tidak dikehendaki.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan . bahan pengisi penelitian ini adalah abubatu yang tertahan pada saringan nomor 100, 200 dan pan yang masing masing memiliki persentase masing masing yang ditentukan pada taben 3.4 . berikut.

Tabel. 3.4. Ketentuan *filler*

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Karakteristik	AASHTO T-85-81	-
2	Material lolos saringan no 200	SNI M-02-1994-03	Min. 70 %

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah (2004)

3.6.2. Pengujian Material Aspal

Penggunaan aspal pen 60/70 disesuaikan dengan kondisi suhu udara rata – rata 25°C. Metode pengujian aspal sesuai spesifikasi Departemen Permikiman dan Prasarana Wilayah (2004) dengan mengacu pada SNI (1991) dan AASHTO T. 102 dengan ketentuan pada tabel 3.5. berikut.

Tabel 3.5. Ketentuan Aspal

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi; 25°C; 100 gr;5 detik;0,1mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Titik lembek °C	SNI 06-2434-1991	48 – 58
3	Titik nyala °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4	Daktilitas 25 °C ; cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat jenis; gr/cc	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelenturan dlm. Tricilor Ethylene;% berat	SNI 06-2438-1991	Min. 99
7	Penurunan berat (dg. TFOT) ; % berat	SNI 06-2440-1 991	Maks. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat ; % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9	Daktilitas setelah penurunan berat ; % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50

Sumber: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah – Direktorat Jendral Prasarana Wilayah (2004)

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Khusus Interim Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas Dengan Aspal Asbuton Lawele (SKh – 3.6.3.1)

Departemen Permukiman dan Pengembangan Wilayah, (2004)

Ir. Hamirhan Saodang (2004) Konstruksi Jalan Raya , buku 2 Perancangan Peralasan jalan, NOVA Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, Lampiran no 12 (1987) Petunjuk Peralasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, Yayasan Badan Penerbit PU.

<https://www.scribd.com/doc/52889551/Spesifikasi-Umum-Bina-Marga-Divisi-6-2010-Perk-Eras-An-Aspal>

Rian Putrowijoyo, (2006) Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler.

Ricky Kusmawan, (1999) Pengaruh Jenis Filler dan Gradasi Agregat pada Durabilitas Stone Mastic Asphalt, Tesis Magister, UGM, Yogyakarta.

Robert D. Krebs/Richard D Walker,(1971) Highway materials , McGraw – Hill Book Company.

Silvia Sukirman, (2015) Peralasan Lentur Jalan Raya, NOVA Bandung

SNI 06-2441-1991 Metoda Pengujian Berat jenis Aspal panas.

SNI ASTM C 136:2012 Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar

SNI 06-6472-2000 Tata Cara Penyiapan Contoh Uji – Pencampuran, Pembagian Cara Penempatandan Pengkondisian Campuran Beraspal di Laboratorium Untuk Pengujian Berdasarkan Kinerja

Sukirman, S, (2003) Beton Aspal Campuran Panas, Nova, Bandung.

Tjitjik Wasiah Suroso (2009)Pengaruh Penambahan Plastik LDPE dengan Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal.

LAMPIRAN I



HASIL TEST MARSHALL

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2017

Tabel. 4.13. Hasil Pengujian Marshall dengan 2 x 75 Kali Tumbukan

Hasil Uji Marshall Untuk Percobaan Pertama dengan menggunakan aspal PERTAMINA Pen 60/70 tanpa menggunakan bahan tambah plastik.

Benda Uji	kering	SSD	Dlm Air	Kepadatan	Stabilitas	Kelelahan	Hasil bagi Marshall	VMA	VIM	VFA
1	1190,24	1198,20	690,01	2,341	3303,32	2,56	1290,359	26,759	9,964	62,764
2	1004,74	1008,17	578,30	2,775	4888,98	3,67	1332,147	49,656	9,965	79,932
3	1204,23	1206,62	703,90	2,417	3324,92	2,59	1283,753	32,554	9,963	69,396
4	1220,23	1226,24	717,00	2,341	5603,68	4,20	1334,210	28,697	9,963	65,270
5	1169,13	1179,31	669,80	2,379	3117,76	2,34	1332,376	26,988	9,965	63,076
6	1188,65	1199,67	691,61	2,379	4340,00	3,18	1364,780	28,891	9,964	65,476
7	1112,09	1119,79	656,72	2,584	3853,18	3,09	1246,984	42,461	9,963	76,536
8	1200,44	1204,45	701,59	2,379	3987,83	3,14	1269,975	30,242	9,964	67,052
9	1217,58	1219,58	712,30	2,341	4153,56	3,11	1335,550	28,536	9,963	65,086
10	1176,27	1182,64	685,22	2,305	3469,93	2,88	1204,837	20,573	9,967	51,553
rata - rata	1168,36	1174,47	680,65	2,424	4004,316	3,10	1296,497	31,534	9,964	66,614

Kalibrasi Proving Ring : 10,358

Hasil uji marshall untuk percobaan kedua dimana aspal dikurangi dan ditambahkan dengan 4% plastik LDPE.

Benda Uji	kering	SSD	Dlm Air	Kepadatan	Stabilitas	Kelelehan	Hasil bagi Marshall	VMA	VIM	VFA
1	1184,99	1192,19	695,60	2,341	4806,112	3,14	1530,610	28,386	9,963	64,902
2	1205,79	1214,24	706,41	2,305	4888,976	3,09	1582,193	26,044	9,964	61,712
3	1218,25	1221,24	714,62	2,305	4755,038	3,03	1569,319	26,707	9,963	62,695
4	1190,75	1196,43	699,00	2,271	4329,644	2,67	1621,590	24,693	9,963	59,653
5	1189,55	1199,49	699,65	2,379	4671,458	2,89	1616,421	30,470	9,963	67,302
6	1213,56	1219,22	705,21	2,417	4402,150	2,78	1583,507	31,404	9,964	68,272
7	1194,59	1203,42	702,45	2,341	4319,286	2,77	1559,309	28,461	9,963	64,994
8	1188,73	1198,97	698,71	2,305	4681,816	2,99	1565,825	26,265	9,964	62,064
9	1210,01	1218,77	710,87	2,271	4868,260	2,86	1702,189	24,547	9,963	59,413
10	1192,72	1200,89	699,89	2,341	4650,742	3,00	1550,241	28,237	9,964	64,713
rata rata	1198,89	1206,49	703,24	2,325	4637,348	2,92	1588,120	27,521	9,963	63,572

Hasil uji Marshall untuk percobaan ke tiga , kadar aspla dikurangi sebanyak 6% dan ditambah dengan plastik LDPE.

Benda Uji	kering	SSD	Dlm Air	Kepadatan	Stabilitas	Kelelehan	Hasil bagi Marshall	VMA	VIM	VFA
1	1182,26	1194,81	703,16	2,540	5158,284	3,16	1632,368	40,530	9,963	75,418
2	1177,48	1183,29	692,15	2,417	3335,276	2,12	1573,243	32,864	9,963	69,684
3	1182,87	1199,23	693,22	2,379	5986,924	3,45	1735,340	29,264	9,964	65,951
4	1982,93	1206,77	698,98	2,584	4899,334	2,96	1655,180	22,973	9,964	56,627
5	1065,07	1077,98	625,44	2,341	4775,038	2,82	1693,276	27,642	9,964	63,953
6	1190,12	1198,37	702,43	2,379	4060,336	2,52	1611,244	31,082	9,963	67,946
7	1189,43	1192,56	699,91	2,457	4412,508	2,59	1703,671	35,539	9,963	71,966
8	1186,09	1193,19	692,33	2,540	4340,002	2,43	1786,009	38,572	9,964	74,168
9	1200,87	1208,85	701,42	2,417	4861,816	2,87	1690,013	31,862	9,964	68,728
10	1068,69	1079,98	626,13	2,379	4878,618	2,95	1653,769	29,638	9,964	66,381
Rata – rata	1242,58	1173,50	683,52	2,441	4670,814	2,79	1740,444	31,997	9,964	68,082

Sumber : hasil penelitian di laboratorium

LAMPIRAN II



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

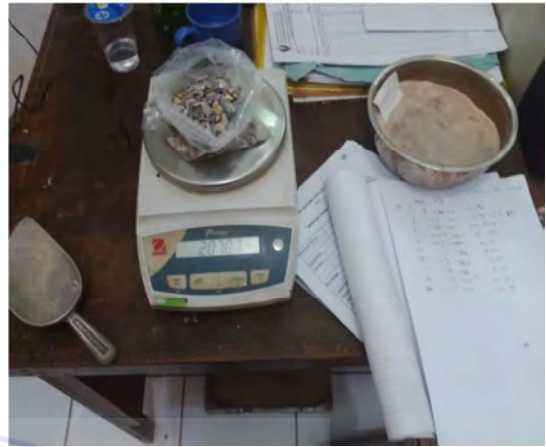
MEDAN

2017

PERALATAN LABORATORIUM



Gambar Tes Daktilitas



Gambar Timbangan Elektik



Gambar Tes Kelenturan Aspal



Gambar timbangan Elektronik



Gambar Bak Perendaman



Gambar tes Titk Nyala



Gambar Penumbuk Otomatis



Gambar Penumbuk Manual



Gambar Timbangan Manual Untuk Menimbang Berat Benda Uji dalam Air (SSD)



Gambar Corong



Gambar Benda Uji Yang Telah Dipadatkan 2 X 75 Tumbukan

PROSES PENELITIAN



Gambar Agregat Yang Telah Disaring Per Saringan



Gambar Limbah Plastik



Gambar Limbah Plastik yang dipotong Kecil



Gambar Pemanasan Limbah Plastik Dengan Ter

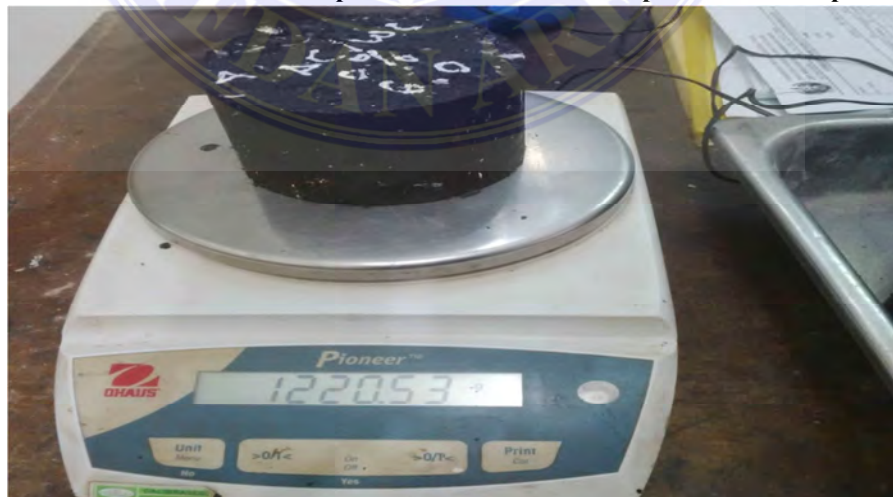


Gambar Penimbangan Benda Uji



Gambar Sebelum Pematatan Campuran

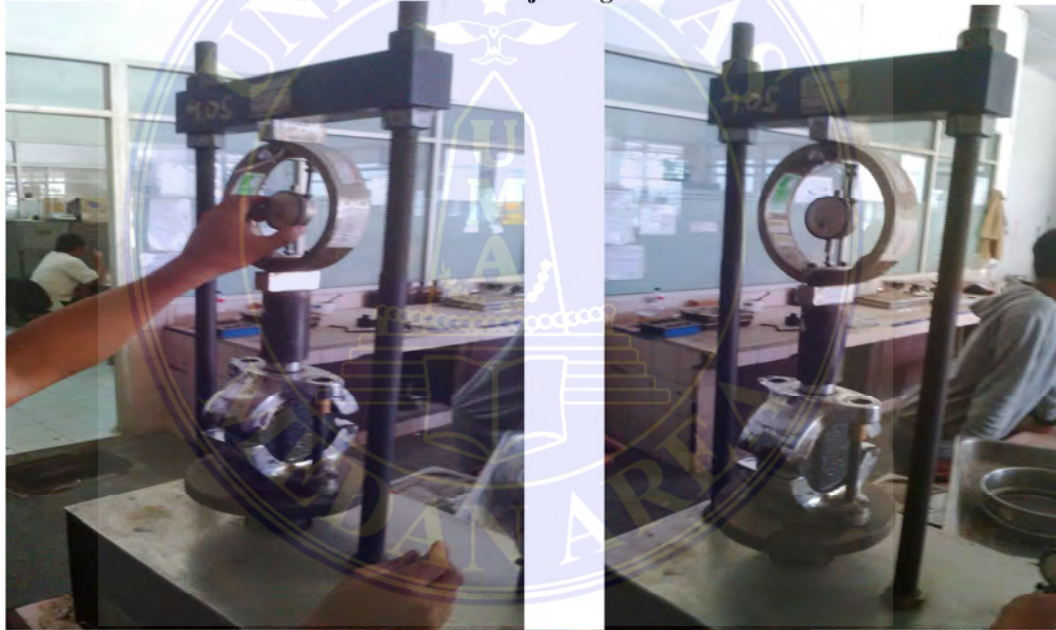
Gambar pematatan Campuran



Gambar Penimbangan Benda Uji



Gambar Benda Uji Yang Telah Jadi



Gambar Test Marshall