

**PENGARUH PEMANFAATAN PET PADA LASTON LAPIS PENGIKAT
TERHADAP PARAMETER *MARSHALL***

(Skripsi)

Oleh

PUTRI AJENG PRAMESWARI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PENGARUH PEMANFAATAN PET PADA LASTON LAPIS PENGIKAT TERHADAP PARAMETER MARSHALL

Oleh

PUTRI AJENG PRAMESWARI

Jumlah konsumsi plastik terus meningkat disetiap tahunnya. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC). Mencampur sampah plastik ke dalam konstruksi jalan raya mempunyai dua tujuan, yaitu mengurangi sampah plastik dan meningkatkan kualitas jalan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik parameter *Marshall* akibat penambahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) menggunakan metode *Marshall* dan mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2010. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan potongan PET pada campuran aspal menggunakan cara kering.

Sebelum menambahkan PET pada campuran aspal, terlebih dahulu membuat benda uji dari gradasi batas tengah dan gradasi batas atas. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh pada kedua kelompok benda uji yaitu sebesar 6,44 %. Selanjutnya dilakukan penambahan PET pada campuran aspal pada nilai KAO tersebut. Kadar PET yang ditambahkan pada campuran yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat aspal.

Dari hasil pengujian dan analisis *Marshall*, penambahan PET pada campuran aspal beton lapis pengikat dapat meningkatkan nilai stabilitas. Nilai stabilitas terbesar yaitu pada penambahan PET 2 %. Nilai stabilitas akibat penambahan PET pada campuran aspal meningkat dibandingkan campuran aspal tanpa PET. Kadar penambahan PET yang baik untuk campuran aspal yaitu 2 % karena selain nilai stabilitasnya tinggi, parameter *Marshall* seperti VIM, VFA, VMA, MQ dan *Flow* juga telah memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010.

Kata Kunci : AC-BC, PET, stabilitas, parameter *Marshall*, spesifikasi Bina Marga 2010

ABSTRACT

EFFECT OF UTILIZATION PET ON LASTON BINDER LAYER TO PARAMETERS OF MARSHALL

By

PUTRI AJENG PRAMESWARI

Total consumption of plastic continues to increase every year. Utilization of plastic waste can be used as an ingredient added to the binder layer of asphalt concrete (AC-BC). Mixing plastic waste in road construction has two objectives, namely reducing plastic waste and improve the quality of roads. The purpose of this study was to determine the characteristics of the *Marshall* parameters due to the addition of PET (*Polyethylene Terephthalate*) in the binder layer of asphalt concrete (AC-BC) using the method of *Marshall* and refer to the specifications of Highways, 2010. The research was carried out by adding pieces of PET in the asphalt mix using the dry method.

Before adding PET to the asphalt mixture, first making a specimen of middle limit gradation and upper limit gradation. The value of Optimum Asphalt Content (KAO) obtained in the two groups of test object is equal to 6.44%. Furthermore, the addition of PET in the asphalt mix on the KAO value. PET levels are added to the mixture which is 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% of the weight of the asphalt.

From the results of the testing and analysis of *Marshall*, the addition of PET on asphalt concrete binder layer can increase the value of stability. The most of stability value is on the addition of 2% PET. Value stability due to the addition of PET in the asphalt mix increased compared to asphalt mixture without PET. Levels of PET good addition to the asphalt mixture that is 2% because in addition to high stability values, parameters such as VIM Marshall, VFA, VMA, MQ and Flow also has qualified specification of Highways, 2010.

Keywords: AC-BC, PET, stability, *Marshall* parameter, specification of Highways 2010

**PENGARUH PEMANFAATAN PET PADA LASTON LAPIS PENGIKAT
TERHADAP PARAMETER *MARSHALL***

Oleh

PUTRI AJENG PRAMESWARI

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**Judul Skripsi : PENGARUH PEMANFAATAN PET PADA
LASTON LAPIS PENGIKAT TERHADAP
PARAMETER MARSHALL**

Nama Mahasiswa : Putri Ajeng Prameswari

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115011080

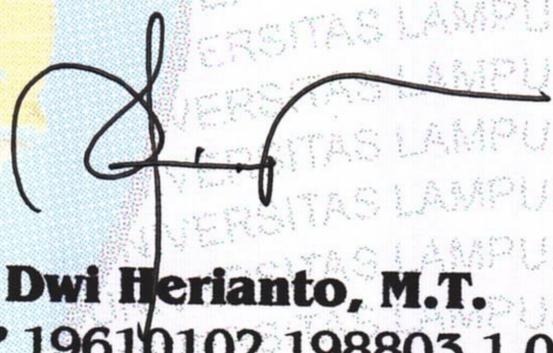
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

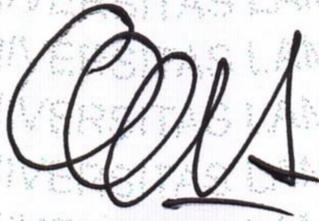
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ir. Priyo Pratomo, M.T.
NIP 19530926 198503 1 003


Ir. Dwi Herianto, M.T.
NIP 19610102 198803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

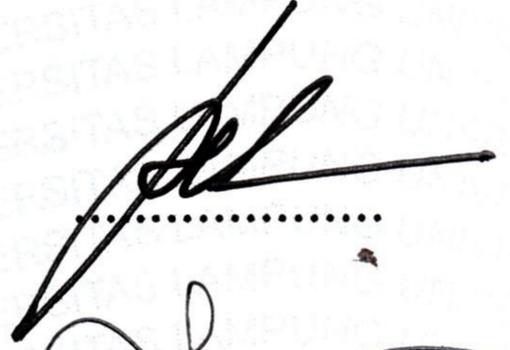

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

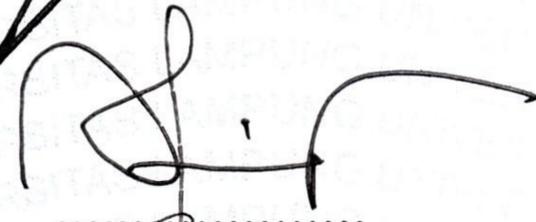
Ketua

: **Ir. Priyo Pratomo, M.T.**



Sekretaris

: **Ir. Dwi Herianto, M.T.**

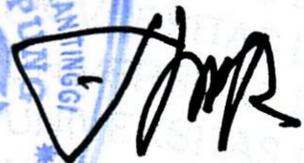


Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Hadi Ali, M.T.**

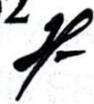


2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 Januari 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Januari 2016



Putri Ajeng Prameswari

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Tambahrejo pada tanggal 5 Juni 1993 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Terlahir dari pasangan Bapak Joko Siswanto dan Ibu Murni Supraptiningsih. Mempunyai seorang kakak bernama Andhika Putra Pratama dan seorang adik Adinda Ayu Kartika.

Penulis mengawali studi di Taman Kanak-Kanak Pertiwi, Kec. Gadingrejo, Pringsewu pada tahun 1998. Kemudian melanjutkan ke SD Negeri 2 Tambahrejo, Kec. Gadingrejo, Pringsewu pada tahun 1999 dan lulus pada tahun 2005. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi ke SMP Negeri 3 Pringsewu dan lulus pada tahun 2008. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi ke SMA Negeri 1 Gadingrejo dan lulus pada tahun 2011. Kemudian penulis berhasil masuk ke Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung dan terdaftar pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil (S1) melalui jalur Undangan pada tahun 2011.

Pada tahun 2012-2014 Penulis menjabat sebagai anggota Dinas Penelitian dan Pengembangan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) untuk periode I, dan sebagai Sekretaris Dinas Penelitian dan Pengembangan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM-FT) untuk periode II. Selain itu penulis telah mengikuti Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan Gedung E IBI

Darmajaya Bandar Lampung selama tiga bulan dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gedung Rejo Sakti, Kecamatan Penawar Aji, Kabupaten Tulang Bawang selama 40 hari.

Penulis diangkat menjadi asisten dosen pada Laboratorium Inti Jalan Raya pada mata kuliah Praktikum Perkerasan Jalan Raya tahun ajaran 2015/2016.

MOTO

“Berusaha dan berdo’a, percayalah Tuhan akan memberi yang terbaik”

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhan lah engkau berharap”

Q.S Al-Asr: 5 - 8

“ALL IS WELL”

PERSEMBAHAN

Teriring do'a dan cinta,

Skripsi ini saya persembahkan kepada orang-orang yang saya sayangi

Untuk kedua orang tua ku tersayang (Bapak dan Ibu), mamas, dan adik ku terima kasih atas semua dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan.

Untuk Dian Sasmita yang akan setia menemani ku nantinya.

Serta untuk teman-teman ku Kiki Lolita Sari, Suhardi, Tri Utami, Sepriskha Dian Sari, Mega Astriyana, Khoiru Ni'mah, Astika Murni Lubis, Esty Handayani, dan Ratih Diah Permani yang selalu memberikan dukungan dan semangat.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul “**PENGARUH PEMANFAATAN PET PADA LASTON LAPIS PENGIKAT TERHADAP PARAMETER MARSHALL**” tepat pada waktunya, sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Pada penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengungkapkan rasa terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
2. Bapak Gatot Eko S, S.T., M.Sc., PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung;
3. Bapak Ir. Priyo Pratomo, M.T., sebagai Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
4. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., sebagai Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;

5. Bapak Ir. Hadi Ali, M.T., sebagai dosen penguji skripsi saya yang telah memberikan saran dan kritik dalam menyempurnakan dan melengkapi skripsi penulis ini;
6. Ibu Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, M.T., selaku Pembimbing Akademik penulis yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk berkonsultasi dan memberikan nasehat;
7. Bapak, Ibu tercinta, mamas serta adik ku tersayang yang telah memberikan dorongan materil dan spiritual kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Seluruh staf pengajar dan karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, khususnya Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung, atas apa yang telah penulis rasakan manfaatnya.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2011 dan rekan-rekan mahasiswa lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Penulis berharap skripsi ini bisa menjadi referensi bagi pembaca mengenai perkerasan jalan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, baik dari segi isi maupun cara penyampaiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir

kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Januari 2016

Penulis

Putri Ajeng Prameswari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
 I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	5
2.2 Lapis Aspal Beton (Laston)	6
2.3 Karakteristik Campuran Aspal Beton	8
2.4 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan.....	9
2.4.1 Agregat.....	9
2.4.2 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	12
2.4.3 Aspal.....	13
2.5 Gradasi	15
2.6 PET	18
2.6.1 Pengertian PET	18
2.6.2 Plastik	19
2.6.3 Plastik dan Perkerasan.....	20
2.7 Karakteristik <i>Marshall</i>	21
2.7.1 Stabilitas (<i>Stability</i>)	21
2.7.2 Kelelehan (<i>Flow</i>)	22
2.7.3 Kerapatan (<i>Density</i>).....	23
2.7.4 VIM (<i>Void In the Mix</i>).....	24
2.7.5 VFA (<i>Void Filled With Asphalt</i>).....	26
2.7.6 VMA (<i>Void in Mineral Agregate</i>).....	27
2.7.7 <i>Marshall Quotient</i> (MQ)	28
2.8 Penelitian Terdahulu	29

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	31
3.2 Bahan	31
3.3 Peralatan.....	32
3.4 Tahap-Tahap Penelitian	33
3.5 Diagram Alir Penelitian	42

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Aspal dan Agregat	43
4.2 Desain Campuran.....	49
4.2.1 Menghitung Persentase Agregat.....	49
4.2.2 Penentuan Perkiraan Kadar Aspal Rencana	50
4.2.3 Menghitung Berat Total Agregat.....	52
4.2.4 Menghitung Berat Masing-Masing Agregat.....	55
4.2.5 Benda Uji <i>Marshall</i>	56
4.2.6 Hasil Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i>	56
4.2.7 Analisis Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	59
4.2.8 Penetapan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	69
4.2.9 Hasil dan Analisis <i>Marshall</i> Kadar Aspal Optimum dengan PET	71

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal Panas (AC).....	7
2. Ketentuan Agregat Kasar.....	11
3. Ketentuan Agregat Halus.....	12
4. Spesifikasi aspal keras pen 60/70.....	15
5. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal.....	17
6. Standar Pengujian Aspal.....	34
7. Standar Pemeriksaan Agregat.....	34
8. Pembuatan Benda Uji Laston AC-BC Untuk Mendapatkan KAO....	37
9. Pembuatan Benda Uji Setelah Didapat KAO.....	38
10. Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	44
11. Hasil Pengujian Agregat Halus.....	45
12. Hasil Pengujian <i>Filler</i>	46
13. Hasil Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60.....	47
14. Gradasi Agregat Campuran <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>	49
15. Jumlah Proporsi Agregat pada Setiap Fraksi.....	50
16. Perkiraan Nilai Kadar Aspal Kelompok Benda Uji.....	51
17. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum dan Berat Benda Uji untuk Kelompok Benda Uji I (Gradasi % Lolos Batas Tengah/Ideal)	53

18. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum dan Berat Benda Uji untuk Kelompok Benda Uji II (Gradasi % Lolos Batas Atas).....	54
19. Berat Masing-Masing Agregat untuk Kelompok Benda Uji I (Gradasi % Lolos Batas Tengah/Ideal).....	55
20. Berat Masing-Masing Agregat untuk Kelompok Benda Uji II (Gradasi % Lolos Batas Atas).....	56
21. Parameter dan Karakteristik Campuran Kelompok Benda Uji I pada Masing-Masing Kadar Aspal.....	57
22. Parameter dan Karakteristik Campuran Kelompok Benda Uji II pada Masing-Masing Kadar Aspal.....	57
23. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	70
24. Proporsi Campuran Agregat KAO 6,44 % Gradasi Batas Tengah.....	71
25. Proporsi Campuran PET pada KAO 6,44 % Gradasi Batas Tengah.....	72
26. Proporsi Campuran Agregat KAO 6,44 % Gradasi Batas Atas.....	72
27. Proporsi Campuran PET pada KAO 6,44 % Gradasi Batas Atas.....	73
28. Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Marshall</i> Akibat Penambahan PET Benda Uji I.....	73
29. Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Marshall</i> Akibat Penambahan PET Benda Uji II.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva Gradasi Agregat AC-BC Bergradasi Kasar Spasifikasi Bina Marga 2010.....	18
2. Diagram Alir Penelitian.....	30
3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.....	60
4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i>	61
5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ.....	63
6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM.....	65
7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.....	67
8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFA.....	68
9. Grafik Nilai Stabilitas Akibat Penambahan PET.....	74
10. Grafik Nilai <i>Flow</i> Akibat Penambahan PET.....	75
11. Grafik Nilai MQ Akibat Penambahan PET.....	76
12. Grafik Nilai VIM Akibat Penambahan PET.....	77
13. Grafik Nilai VMA Akibat Penambahan PET.....	78
14. Grafik Nilai VFA Akibat Penambahan PET.....	79
15. Keseluruhan Grafik Parameter <i>Marshall</i> Campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course</i> (AC-BC).....	81
16. Keseluruhan Grafik Parameter <i>Marshall</i> Campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course</i> (AC-BC) Akibat Penambahan PET pada Benda Uji I (% Lolos Batas Tengah) dan Benda Uji II (% Lolos Batas Atas).....	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di era globalisasi ini, penggunaan kemasan plastik tidak bisa lepas dalam kehidupan sehari-hari. Jumlah konsumsi plastik terus meningkat disetiap tahunnya. Hal ini dikarenakan sifat plastik yang ringan tetapi kuat, tahan air, harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Namun, limbah plastik yang semakin menumpuk belum dimanfaatkan sebaik mungkin. Lain dari pada itu, jumlah kendaraan yang semakin meningkat setiap tahunnya juga merupakan dampak dari era globalisasi ini. Semakin banyak kendaraan yang melintasi jalan seharusnya pelayanan jalan semakin ditingkatkan.

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik yaitu dengan menambahkan limbah PET pada campuran beraspal. Dengan penambahan PET diharapkan dapat menambah kekuatan dan umur rencana suatu campuran beraspal.

PET (*Polyethylene Terephthalate*) adalah salah satu jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku botol minuman. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC). Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton dan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penambahan plastik botol minuman (PET) sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate (VMA)*, *void in mix (VIM)*, *void filled with asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient (QM)*. Penelitian ini menggunakan campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) spesifikasi Bina Marga 2010 yang diuji dengan metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Banyaknya jumlah kendaraan yang melintasi jalan mendorong untuk meningkatkan pelayanan jalan dengan mencegah kerusakan pada lapis perkerasan jalan.
2. Dengan peningkatan jumlah kendaraan diperlukan perkerasan jalan dengan kualitas tinggi.
3. Dari penelitian sebelumnya, pencampuran PET dan agregat dapat menaikkan titik lembek aspal.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2010.
2. Permasalahan yang diamati adalah parameter-parameter *Marshall*.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal pertamina penetrasi 60/70.
4. Agregat yang dipakai adalah agregat halus batas tengah dan batas atas.
5. PET yang digunakan adalah limbah botol plastik air mineral yang dipotong-potong dengan ukuran tertentu dengan variasi 0%, 2%, 4%, 6% , 8% dan 10% terhadap total berat campuran aspal.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik parameter *Marshall* akibat penambahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) menggunakan metode *Marshall* dan mengacu kepada Spesifikasi Bina Marga 2010.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan limbah plastik, sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan.
2. Dapat menambah variasi studi pustaka mengenai manfaat limbah plastik, sebagai bahan tambahan campuran perkerasan pada uji *Marshall*.
3. Mengetahui dampak akibat penambahan PET pada campuran aspal beton

(AC-BC) terhadap uji *Marshall*.

4. Dapat menjadi pertimbangan untuk pemilihan material dan bahan tambah dalam usaha meningkatkan kualitas lapis perkerasan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.6.1 Bab 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

1.6.2 Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

1.6.3 Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

1.6.4 Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

1.6.5 Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Berdasarkan bahan pengikatnya, menurut Silvia Sukirman (1999), konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi :

- a. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Contohnya yaitu Laston (Lapis Aspal beton), Lataston (Lapis Atas Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt* (HRA), *Hot Rolled Sheet* (HRS), *Split Mastic Asphalt* (SMA).

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan–lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Konstruksi perkerasan tersebut, antara lain :

1. Lapis permukaan (*Surface Course*)
2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapis pondasi bawah (*Sub base Course*)
4. Lapisan tanah dasar (*Sub Grade*)

- b. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.

2.2 Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999). Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, laston terdiri dari atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil.

Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran beraspal Departemen Pekerjaan Umum 2010, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, hal itu menjadi acuan dalam penelitian ini. yaitu seperti tertera dalam Tabel 1. dibawah ini :

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-sifat Campuran		Lapis aspal beton (Laston)		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	5,1	4,3	4,0
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		4,5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada	Min	2,5		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (1c)

2.3 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran panas aspal beton adalah:

1. Stabilitas, yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (*VMA*) yang kecil. Tetapi akibat *VMA* yang kecil maka pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya *bleeding* karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.
2. Durabilitas atau ketahanan, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (*VIM*) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk ke dalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga *VMA* yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.
3. Fleksibilitas atau kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*). Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan *VMA* yang besar, *VIM* yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi.
4. Kekesatan (*skid resistance*), yaitu kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang

melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*), yaitu kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).
6. Permeabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal dirembesi udara dan air.
7. *Workability*, yaitu kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi workabilitas antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan *filler*, dimana *filler* yang banyak akan mempersulit pelaksanaan.

2.4 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan lapis perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran yang *solid* dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Pada pekerjaan perkerasan diperlukan bahan-bahan penyusun perkerasan antara lain sebagai berikut :

2.4.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat. Agregat mempunyai peranan yang

sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi syarat akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu :

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serat mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2. dibawah :

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 1
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)			80/75 1
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2 (1a)

b. Agregat Halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (*interlocking*) antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butir Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 3. di bawah :

Tabel 3. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)		Min. 40

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.(2a)

2.4.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis.

Fungsi *filler* dalam campuran adalah :

- Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
- *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.

- *Mengisi* ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

2.4.3 Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous.

Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal.

Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah :

1. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Jenis aspal terdiri dari aspal keras, aspal cair, aspal emulsi, dan aspal alam yaitu :

1. Aspal keras

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya.

2. Aspal cair

Aspal cair merupakan aspal hasil dari pelarutan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

3. Aspal emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

4. Aspal alam

Aspal yang secara ilmiah terjadi di alam.

Campuran beraspal di atas harus memenuhi spesifikasi yang telah dibuat sebagai standar pekerjaan jalan. Namun, tidak jarang perkerasan jalan diatas mengalami tingkat penurunan pelayanan jalan yang disebabkan terjadinya kerusakan dini perkerasan diawal umur pelayanan. Akibatnya tingkat keamanan dan kenyamanan berkendara berkurang karena kondisi bentuk dan hasil pemeliharaan rutin maupun peningkatan jalan tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Oleh sebab itu dilakukan evaluasi dengan cara mengontrol kualitas

perkerasan konstruksi pada spesifikasi yang ditetapkan pada pekerjaan jalan.

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 4. dibawah

Tabel 4. Spesifikasi aspal keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik;	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48
4	Indeks Penetrasi	-	- 1,0
5	Daktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-1991	100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	232
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1,0
8	Berat yang Hilang	SNI 06-2440-1991	0.8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.5

2.5 Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran.

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya

rongga dalam campuran dan menentukan *workability* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas.

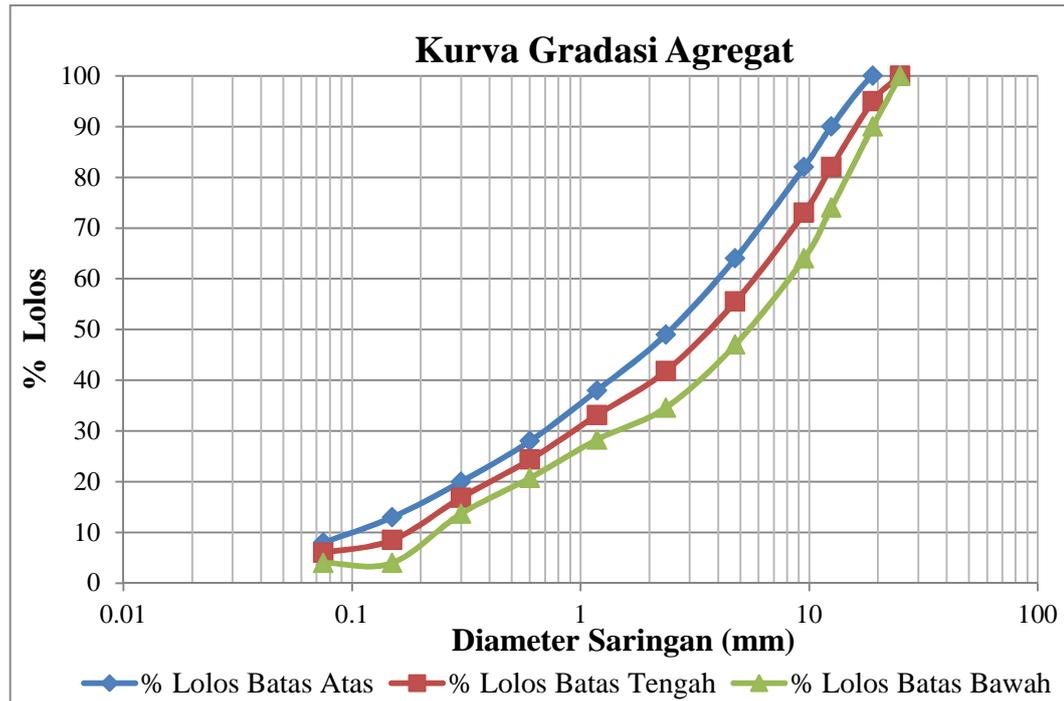
Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 5. di bawah ini :

Tabel 5. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos LASTON (AC)					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
(Inch)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 _{1/2} "	37,5	-	-	100	-	-	100
1"	25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
3/4"	19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
1/2"	12.5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
3/8"	9.5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
No.4	4.75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
No.8	2.36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
No.16	1.18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
No.30	0.6	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
No.50	0.3	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
No.100	0.15	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
No.200	0.075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel

6.3.2.3



Gambar 1. Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2010

2.6 PET

2.6.1 Pengertian PET

Polyethylene terephthalate yang sering disebut PET dibuat dari glikol (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau asam terephthalat (DMT). Sifat-sifat PET yaitu:

- a. PET merupakan keluarga *polyester* seperti halnya PC. *Polymer* PET dapat diberi penguat fiber glass, atau *filler* mineral. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET *engineer resin* mempunyai kombinasi sifat-sifat: kekuatan (*strength*)-nya tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik.

b. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518- 608°F, selain itu juga dapat diproses dengan teknik cetak injeksi maupun cetak tiup. Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02 %) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan. Penggunaan PET sangat luas antara lain : botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. (Iman Mujiarto, 2005)

2.6.2 Plastik

Menurut Mujiarto (2005) plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. Polimer alam yang telah kita kenal antara lain : selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik *thermoplast* dan plastik *thermoset*. Plastik *thermoplast* adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas (dapat didaur ulang). Yang termasuk plastik *thermoplast* antara lain : PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PET, BPT, Polyacetal (POM), PC dll. Sedangkan plastik *thermoset* adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya

berbentuk jaringan tiga dimensi (tidak dapat didaur ulang). Yang termasuk *plastic thermoset* adalah : PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), polyester, epoksi dll

2.6.3 Plastik dan Perkerasan

Menurut Suroso (2008), pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal ada dua cara yaitu cara basah dan cara kering.

- a. Cara basah (*wet process*) yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan kedalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, *mixer* kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.
- b. Cara kering (*dry process*) yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini lebih murah, dikatakan lebih murah karena tidak perlu ada aspal yang harus dikeluarkan dari tangki aspal di AMP apabila tangki aspal akan digunakan untuk keperluan pencampuran aspal dengan aspal konvensional. Selain lebih murah, cara kering ini juga lebih mudah karena hanya dengan memasukkan plastik dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*). Kekurangan cara ini adalah harus benar-benar dapat dipertanggungjawabkan kehomogenan dan keseragaman kadar

plastik yang dimasukkan/dicampurkan.

2.7 Karakteristik *Marshall*

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

2.7.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1) di bawah ini :

$$S = p \times q \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2.7.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

interlocking resistance campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.7.3 Kerapatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur

pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran. Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin besar nilai *density* campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/*density* dihitung dengan rumus (2) dan (3) di bawah ini :

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

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

Keterangan :

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)

2.7.4 VIM (*Void In The Mix*)

Void In The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini

mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak.

Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$\text{VIM} = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.7.5 VFA (*Void Filled With Asphalt*)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap air dan udara campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis

perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 63 %. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFA dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$\text{VFA} = 100 \times \frac{i}{j} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ.Agregat}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ.Agregat}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$l = 100 - j \quad \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.7.6 VMA (*Void In Mineral Agregate*)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas

terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.7.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Patria Yudha Asmara, Anthony Fernandus Wijaya dan Apriyana Kharisma Mentari dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) Dalam Campuran AC-WC Terhadap Parameter Marshall “. Hasil yang diperoleh yaitu pada uji Marshall dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan penambahan 0,5% plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) serta 1,5% Minyak Pelumas Bekas (MPB) seluruh sifat-sifat Marshall yang didapatkan memenuhi syarat-syarat yang ditentukan, yaitu mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga edisi 2006. Selain itu, penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) cenderung menaikkan nilai stabilitas, VIM, VMA dan QM

Penelitian lainnya dilakukan oleh Ardiyanto Nugroho, Moh. Dwi Aprilianto, dan Egis Abdul Aziz dengan judul “Pengaruh Penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) Dalam Campuran Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall*”. Hasilnya yaitu pada aspal modifikasi dengan penambahan Plastik PET pada aspal mengalami peningkatan pada titik lelehnya dari pada aspal yang non modifikasi, itu terjadi karena pengaruh titik leleh pada plastik PET yang sangat tinggi yaitu $225^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$. Dalam campuran *Marshall* aspal modifikasi mempengaruhi nilai VIM, VMA, VFA, QM, Kepadatan, *flow* dan stabilitas. Tetapi yang mengalami peningkatan paling signifikan pada nilai stabilitasnya jika dibanding dengan aspal yang non modifikasi. Nilai stabilitas pada aspal non modifikasi yaitu 2442,6kg. Sedangkan pada aspal modifikasi mengalami peningkatan pada kadar 1% PET yaitu 2696,7kg. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada kadar 3% yaitu 3086,5kg. Tetapi, pada kadar 5% mengalami penurunan nilai stabilitas yaitu 2801,5kg. Pada aspal yang dicampur PET pada kadar 1% dan 3% memenuhi semua kriteria *Marshall*. Tetapi, pada kadar 5% PET tidak memenuhi kriteria pada VIM.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Agregat kasar

Agregat kasar berupa batu pecah yang diambil dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) yang berlokasi di Tanjungan, Lampung Selatan.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) yang berlokasi di Tanjungan, Lampung Selatan.

3. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah semen *portland*.

4. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.

5. PET

PET yang digunakan adalah limbah botol plastik air mineral dengan merek dan ukuran yang sama.

3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Satu Set Saringan (*Sieve*)

Alat ini digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat.

2. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji kehilangan berat, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan).

3. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), alat pengering (oven), timbangan berat alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).

4. Alat karakteristik campuran agregat aspal

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

- a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujian berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flowmeter*.
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 3 inchi (7,5 cm).
- c. *Marshall automatic compactor* yang digunakan untuk pemadatan

campuran sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah).

- d. *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
- f. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, ember untuk merendam benda uji, jangka sorong, dan tipe-x yang digunakan untuk menandai benda uji.

3.4 Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir seperti pada gambar (gambar alir penelitian) yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu persiapan bahan, dan juga persiapan alat-alat yang digunakan. Persiapan bahan (aspal keras, agregat kasar, agregat halus, *filler*) dengan mendatangkan bahan-bahan yang diperlukan ke Laboratorium inti jalan raya Fakultas Teknik Universitas Lampung dan menyiapkan serta mengecek peralatan tersebut sebelum digunakan.

2. Pengujian bahan

a. Aspal *pertamina* penetrasi 60/70

Pada aspal dilakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Standar pengujian aspal seperti tertera pada Tabel 6. di bawah.

Tabel 6. Standar Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetrasi 25°C (mm)	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991
3	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991
4	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991
5	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6

b. Agregat kasar, Agregat halus, dan *filler*

Agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Untuk agregat kasar, agregat halus, dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan dan *filler* yang digunakan adalah semen.

Tabel 7. Standar Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990
3	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1969-1990
4	<i>Los Angeles Test</i>	SNI 03-2417:2008

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6

3. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

- a. Pada Penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-BC. Perencanaan campuran beraspal AC-BC ini dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
- b. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi.
- c. Setelah didapat komposisi masing-masing fraksi agregat, kemudian mengayak agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan.

4. Tahapan dalam merencanakan campuran aspal sebagai berikut :

- a. Menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) sebagai berikut :

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

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)

Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta

Nilai konstanta berkisar antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston dan 2,0 sampai 3,0 untuk Lataston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 sampai 2,5.

- b. Bulatkan perkiraan nilai P_b sampai 0,5% terdekat. Jika hasil perhitungan diperoleh 5,85 % maka dibulatkan menjadi 6 %.
- c. Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (*BJ Max*) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
- d. Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat dan menghitung kebutuhan agregat tiap sampel berdasarkan persentase tertahan.
- e. Mencampur agregat dengan aspal pada suhu optimum 155°C pada gradasi kasar pada batas atas dan batas tengah.
- f. Melakukan pemadatan standard dengan *Automatic Marshall Compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 kali tumbukan.
- g. Setelah itu benda uji di tes *Marshall* dan di dapat nilai KAO.
- h. Setelah di dapat nilai KAO, membuat campuran benda uji dengan penambahan PET pada gradasi batas atas dan batas tengah.
- i. Melakukan pemadatan standar dengan *Aautomatic Marshall Compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 kali tumbukan pada campuran agregat beserta PET dan aspal.
- j. Mendinginkan benda uji terlebih dulu agar mulai mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, dan kemudian mendinginkannya selama kurang lebih 24 jam.

k. Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air pada suhu normal selama 24 jam.

l. Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).

m. Sebelum menguji benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit.

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah pada masing-masing variasi kadar aspal dengan gradasi batas atas dan batas tengah dan total benda uji adalah 66 benda uji, yang dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 8. Pembuatan Benda Uji Laston AC-BC Untuk Mendapatkan KAO

Kadar Aspal	Gradasi Batas Atas	Gradasi Batas Tengah	Keterangan
Pb – 1,0 (%)	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb (%)
Pb + 0,5 (%)	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0 (%)	3 buah	3 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb +1,0 (%)
Jumlah		30 buah	

Tabel 9. Pembuatan Benda Uji Setelah Didapat KAO

Variasi PET	Gradasi Batas Atas	Gradasi Batas Tengah
0 %	3 buah	3 buah
2 %	3 buah	3 buah
4 %	3 buah	3 buah
6 %	3 buah	3 buah
8 %	3 buah	3 buah
10 %	3 buah	3 buah
Jumlah	18 buah	18 buah

n. Melakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*).

o. Menghitung parameter *Marshall* yaitu: VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

p. Gambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar hubungan antara :

- Kadar aspal dengan stabilitas
- Kadar aspal dengan kelelahan
- Kadar aspal dengan VIM
- Kadar aspal dengan VMA
- Kadar aspal dengan berat volume

5. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji dengan Alat Marshall

a. Berikut langkah-langkah pembuatan benda uji :

- 1) Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi kadar aspal.

- 2) Memanaskan aspal untuk pencampuran, agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata. Suhu pencampuran antara agregat dengan aspal dilakukan pada suhu 155°C dan pepadatan selalu dikontrol dengan menggunakan termometer digital pada setiap variasi PET.
- 3) Sebelum dilakukan pepadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan benda uji dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu campuran yang terlalu cepat. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
- 4) Kemudian melakukan pepadatan standar dengan alat *Marshall Automatic Compactor* dengan jumlah tumbukan 75 kali dibagian sisi atas kemudian 75 kali tumbukan pada sisi bawah *modal*.
- 5) Proses pepadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan *ejector* dan diberi kode dengan menggunakan tipe-x.
- 6) Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm di keempat sisi benda uji dengan menggunakan jangka sorong dan ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering.
- 7) Benda uji direndam dalam air selama 16 – 24 jam supaya jenuh.
- 8) Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.
- 9) Kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan

dikeringkan dengan kain lap sehingga kering permukaan dan didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang.

b. Pengujian dengan alat *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat *Marshall* :

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit.
- 2) Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- 3) Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- 4) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- 5) Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch.) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji

kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas *Marshall*.

- 6) Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.

6. Menghitung Parameter *Marshall*

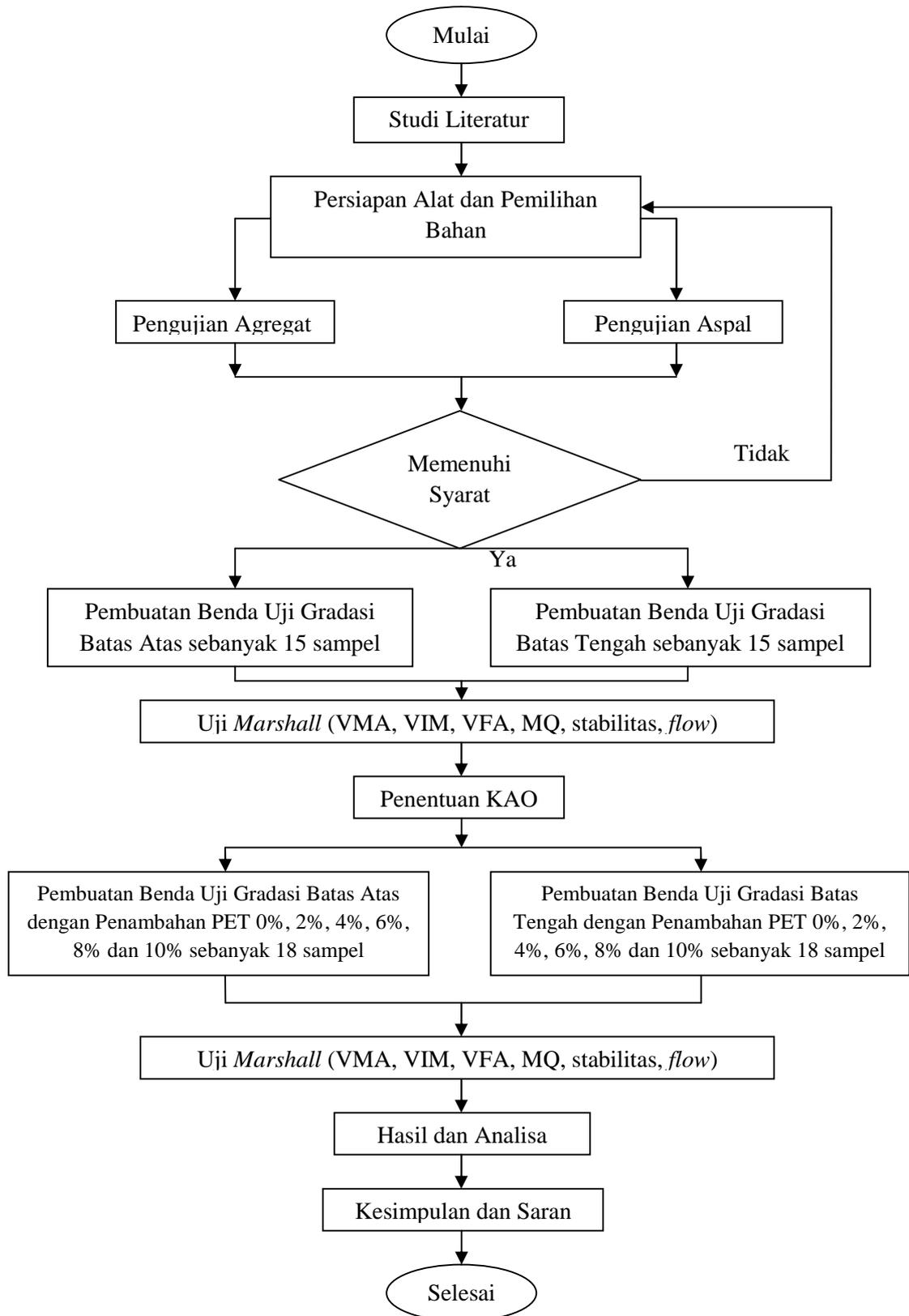
Setelah pengujian *Marshall* selesai serta nilai stabilitas dan *flow* didapat, selanjutnya menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, dan parameter lainnya sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

7. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Dari data hasil penelitian di Laboratorium akan membandingkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran (rongga dalam campuran, rongga antar agregat dan rongga terisi aspal) akibat penambahan PET serta hasil pengolahan akan diuraikan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar grafik hubungan antara:

- a. Kadar aspal terhadap VIM
- b. Kadar aspal terhadap VMA
- c. Kadar aspal terhadap VFA
- d. Kadar aspal terhadap stabilitas
- e. Kadar aspal terhadap *flow*
- f. Kadar aspal terhadap *Marshall Quotient* (MQ)

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian dan pembahasan, didapat beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh sebesar 6,44 %. Nilai ini diperoleh dari rata-rata kadar aspal kelompok benda uji I (gradasi batas tengah) dan kelompok benda uji II (gradasi batas atas) yang memenuhi semua syarat parameter Marshall.
2. Nilai KAO tidak diperoleh pada campuran aspal bergradasi kasar sehingga spesifikasi gradasi yang digunakan adalah gradasi halus.
3. Setelah adanya penambahan PET pada kelompok benda uji I dan II yang memenuhi kriteria persyaratan Bina Marga 2010 adalah pada penambahan kadar PET 2 %.
4. Nilai stabilitas akibat penambahan PET pada kelompok benda uji I dan II meningkat dibandingkan campuran aspal tanpa PET.
5. Penambahan kadar PET yang semakin banyak kurang baik digunakan untuk campuran aspal.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis berikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan PET dengan kadar 2 % pada campuran beraspal dapat dilakukan uji durabilitas pada penelitian selanjutnya.
2. Dilakukan pengoreksian nilai K (konstanta) pada saat menghitung kadar aspal rencana (P_b) agar diperoleh nilai KAO pada campuran bergradasi kasar.
3. Dapat dilakukan penelitian lanjutan tentang penambahan PET pada campuran beraspal dengan ukuran potongan PET yang lebih kecil agar PET dapat lebih mengisi rongga.
4. Pada penelitian selanjutnya dapat digunakan berbagai jenis plastik PET, karena pada penelitian ini hanya menggunakan botol minuman plastik mineral.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus, SNI 03- 1970-1990*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia.
- _____. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar, SNI 03-1969-1990*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia.
- _____. 1990. *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-bahan Aspal, SNI 03-1971-1990*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- _____. 1991. *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak Dengan Aspal, SNI 06-2440-1991*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- _____. 1991. *Metode Pengujian-Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen, SNI 06-2456-1991*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- _____. 1991. *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat, SNI 06-2441-1991*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- _____. 1991. *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter, SNI 04-2434-1991*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- _____. 2010. *Spesifikasi umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Beraspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- _____. 2011. *Format Penulisan Karya Ilmiah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 Hlm
- Asmara,P.Y., Wijaya, A.F., dan Mentari, A.K. 2015. *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polyethilene Terephthalate (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) Dalam Campuran AC-WC Terhadap Parameter Marshall*. Makalah Lomba CBR UNILA. UAJY

- Carlina, Serli. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall pada Laston AC-WC*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Lestari, Tri. 2012. *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Bergradasi Kasar Akibat Perubahan Gradasi Agregat*. Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Nyoman, Desak. 2011. *Karakteristik Marshall dengan Bahan Tambahan Limbah Plastik pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*. Universitas Atma Yogyakarta. Yogyakarta.
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Semarang : AMNI.
- Nugroho, Ardiyanto., Aprilianto. Moh. Dwi, dan Aziz, E.A. 2015. *Pengaruh Penambahan Polyethylene Terephthalate (PET) Dalam Campuran Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas Marshall*. Makalah Lomba CBR UNILA. UMY
- Saodang, Hamirhan. 2005. *Konstruksi Jalan Raya*. Bandung. Nova. 243 Hlm.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.
- Suprpto, 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit KMTS FT UGM. Universitas Gadjah Mada
- Suroso, Tjitjik Wasiah. 2008. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.