

**PENGARUH LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH
PENGIKAT ASPAL TERHADAP KEKUATAN CAMPURAN *ASPHALT*
*CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)***

(Skripsi)

Oleh

MUHAMMAD RAFLY NOVENDRA

1815011076



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF PLASTIC WASTE AS AN ADDED ASPHALT BINDING MATERIAL ON THE STRENGTH OF ASPHALT CONCRETE BINDER-COURSE (AC-BC) MIXTURE

By

MUHAMMAD RAFLY NOVENDRA

In its use, road pavement experiences a lot of disturbance or damage caused by several factors such as the quality of the road, which causes the life of the road to be shorter. To prevent damage to the road pavement, a binding material can be added in the form of an aggregate mixture or other additives. Therefore, in this research, asphalt was modified with plastic waste as an added binding material to determine the strength of the AC-BC mixture.

In this research, the plastic that used is PET (Polyethylene Terephthalate) in amount of 1%, 2%, 3%, 4% and 5% was used as the asphalt mixture. This research was conducted to determine the effect of adding plastic waste on the strength of the Asphalt Concrete Binder-Course (AC-BC) mixture using the Marshall method. This research was conducted at the Jalan Raya Core Laboratory, University of Lampung.

The results of this research show that by adding PET to the AC-BC mixture, there are several characteristic changes at each in amount of plastic added. Among other things, as the PET content increases, the stability value, voids in the mixture (VIM), voids in the aggregate (VMA), and marshall quotient (MQ) increase, while the voids filled with asphalt (VFA) and flow values decrease.

Key words: road pavement, PET, marshall, AC-BC.

ABSTRAK

PENGARUH LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PENGIKAT ASPAL TERHADAP KEKUATAN CAMPURAN *ASHPALT* *CONCRETE-BINDER COURSE* (AC-BC)

Oleh

MUHAMMAD RAFLY NOVENDRA

Dalam penggunaannya perkerasan jalan banyak mengalami gangguan atau kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti mutu atau kualitas jalan sehingga menyebabkan umur jalan menjadi lebih singkat. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan dapat ditambahkan bahan pengikat yang berupa campuran agregat atau bahan tambah lainnya. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan modifikasi aspal dengan limbah plastik sebagai bahan tambah pengikat untuk mengetahui kekuatan pada campuran AC-BC.

Pada penelitian ini digunakan plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan kadar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% sebagai bahan campuran aspal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik terhadap kekuatan campuran *Ashphalt Concrete Binder-Course* (AC-BC) dengan menggunakan metode *marshall*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan dengan menambahkan plastik PET pada campuran AC-BC, campuran mengalami beberapa perubahan karakteristik pada setiap kadar plastik yang ditambahkan. Antara lain yaitu seiring bertambahnya kadar PET nilai stabilitas, rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), dan *marshall quotient* (MQ) mengalami peningkatan sedangkan nilai rongga terisi aspal (VFA) dan Kelelehan (*flow*) mengalami penurunan.

Kata kunci: perkerasan jalan, PET, *marshall*, AC-BC.

**PENGARUH LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH
PENGIKAT ASPAL TERHADAP KEKUATAN CAMPURAN *ASPHALT*
*CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)***

Oleh

MUHAMMAD RAFLY NOVENDRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: **PENGARUH LIMBAH PLASTIK SEBAGAI
BAHAN TAMBAH PENGIKAT ASPAL
TERHADAP KEKUATAN CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE
(AC-BC)**

Nama Mahasiswa

: **Muhammad Rafly Novendra**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1815011076**

Program Studi

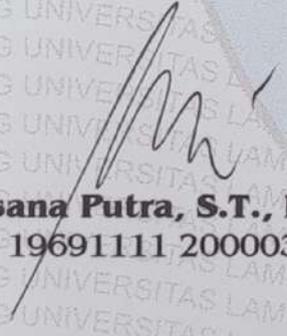
: **Teknik Sipil**

Fakultas

: **Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Sasana Putra, S.T., M.T.

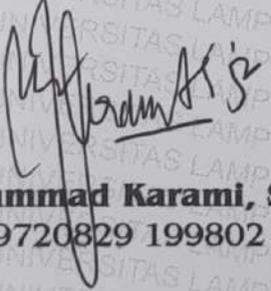
NIP 19691111 200003 1 002


Ir. Dwi Herianto, M.T.

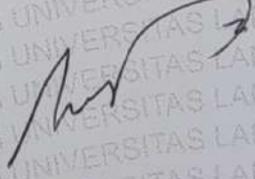
NIP 19610102 199803 1 000

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIP 19720829 199802 1 001


Ir. Laksmi Irianti, M.T.

NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Sasana Putra, S.T., M.T.

Sekretaris : Ir. Dwi Herianto, M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 November 2023

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

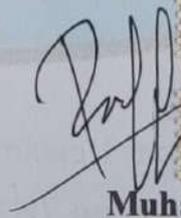
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD RAFLY NOVENDRA
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815011076
Judul Skripsi : PENGARUH LIMBAH PLASTIK SEBAGAI
BAHAN TAMBAH PENGIKAT ASPAL
TERHADAP KEKUATAN CAMPURAN
*ASHPALT CONCRETE BINDER-COURSE (AC-
BC)*
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti Kaidah Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 29 November 2023

Penulis



Muhammad Rafly Novendra
NPM 1815011076

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 23 November 2000, sebagai anak kedua dengan tiga bersaudara dari pasangan Bapak Hanafi, S.E., M.Ak. dan Ibu Henny Agustina. Penulis memiliki dua orang saudara, yaitu kakak laki-laki bernama Billy Achmad Fadillah, S.T. dan adik laki-laki bernama Skandar Khadafi. Penulis memulai jenjang pendidikan taman kanak-kanak di TK Bunayya yang diselesaikan pada tahun 2006, dilanjutkan pendidikan dasar di SDIT Bunayya yang diselesaikan pada tahun 2012, kemudian dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMPN 15 Kota Serang yang diselesaikan pada tahun 2015, dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Kota Serang yang diselesaikan pada tahun 2018.

Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Prodi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Kaderisasi Periode 2019-2020, kemudian sebagai pembimbing mahasiswa baru pada Departemen Kaderisasi pada periode 2020-2021.

Penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Perkerasan Jalan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan selama 40 hari, Februari - Maret 2021. Di tahun yang sama, penulis juga telah melakukan kerja praktik di Proyek Pembangunan Rusunawa Universitas Lampung selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul "Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah

Pengikat Aspal Terhadap Kekuatan Campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course*
(AC-BC).



PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilalaamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Yang senantiasa memberikan yang terbaik, dan melantunkan do'a yang selalu menyertaiku. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan cara yang dipenuhi kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

Dosen Pembimbing dan Penguji

Yang sangat berjasa dan selalu memberikan ilmu, masukan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

Seluruh Keluarga Besar Teknik Sipil Angkatan 2018

Yang telah memberikan kenangan tak terlupakan dan selalu memberikan semangat dan dukungan selama 5 tahun di keadaan susah maupun senang.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Sipil

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup.

MOTTO

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap."

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

"Diri kita dibentuk dari apa yang kita lakukan berulang kali, sedangkan kesuksesan bukan merupakan usaha dan tindakan melainkan akibat dari suatu kebiasaan."

(Aristoteles)

"Pengetahuan tanpa tindakan adalah sia-sia, dan tindakan tanpa pengetahuan adalah kegilaan."

(Abu Hamid Al Ghazali)

"Jangan pernah berhenti dengan apa yang sudah dimulai"

(Ayah)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah senantiasa memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pengikat Terhadap Kekuatan Campuran *Ashpalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*”** dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan skripsi ini, yaitu:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan pertolongan yang tiada henti, serta senantiasa memberikan berkah ilmu kepada setiap hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Utama atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pencerahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses perkuliahan terutama selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses penyusunan skripsi ini.

7. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis guna penyempurnaan skripsi ini.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis, serta seluruh karyawan jurusan atas bantuannya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Kiblat kehidupanku, Ayahanda Hanafi yang sudah memberikan didikan yang tegas, membangun mental, dan tidak pernah henti memberi dukungan moral maupun materil, motivasi, nasihat, ilmu, dan juga doa yang tidak akan pernah terhenti hingga kapanpun yang membuat penulis menjadi pribadi yang tegar hingga penulis dapat menyelesaikan program studi sampai sarjana.
10. Cinta Pertamaku dan juga wanita tertangguh di hidupku, Ibunda Henny Agustina yang tanpa mengenal lelah dalam mendidik penulis seumur hidup dan juga menjadi rumah yang paling nyaman untuk pulang. Terima kasih karena tak pernah henti memberikan dukungan, nasihat, kasih sayang, doa di setiap waktu dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi hingga sarjana.
11. Teladanku, abang tersayang Billy Achmad Fadillah yang selalu membimbing, dan memberi dukungan maupun nasihat kepada penulis selama 23 tahun.
12. Adikku tercinta Skandar Khadafi yang selalu menghibur dan menjadi teman, tempat untuk berbagi dan juga motivasi kepada penulis untuk menjadi panutan yang teladan.
13. Partner dan juga sahabat yang tidak pernah pergi, Nurul Okta Riani yang selalu berada disisi penulis dalam suka maupun duka hingga waktu yang tidak bisa ditentukan. Terima kasih atas semua kenangan, cerita, pengalaman, serta bantuan, dukungan, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis disaat masa sulit menyelesaikan studi ini.
14. Muhammad Febry Zillie, yang telah menjadi teman diawal studi dan sahabat diakhir masa studi. Terima kasih karena sudah berbagi ilmu dan juga kebahagiaan serta tidak melupakan penulis hingga menyelesaikan masa studi.

15. Wakomti Andryan Wibisono, yang telah menjadi teman selama masa studi dan garda terdepan Angkatan 2018, terima kasih atas kerja sama dan sudah menghibur selama penulis menyelesaikan masa penelitian.
16. GTR (Aan, Bio, Ebi, Oskar, Tatan, dan Wibi), terima kasih atas waktu-waktu yang menyenangkan dan sudah merusak siklus jam tidur penulis.
17. Gya dan 5 bersaudara (Alm.Ucis, Boni AKA Suki, The missing one Pipu, Alm.Timmy, dan last woman standing Yumi) yang selalu menyerap energi negatif, menghibur penulis disaat masa-masa *stuck* selama pengerjaan skripsi ini, dan membuat penulis tidak merasa kesepian.
18. Rekan-rekan Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2018, yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu penulis secara langsung ataupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi isi maupun sistematika. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, November 2023

Penulis,

Muhammad Rafly Novendra

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
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. Lapisan Aspal Beton (Laston)	5
2.2. Agregat	6
2.3. Gradasi Agregat.....	8
2.4. Aspal.....	9
2.5. <i>Polyethylene Perekphthalate</i> (PET)	13
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	16
3.2. Lokasi Penelitian	17
3.3. Metode Penelitian.....	17
3.4. Bahan – Bahan Penelitian.....	20
3.5. Peralatan Penelitian	21
3.6. Prosedur Penelitian.....	22
3.6.1. Studi Literatur	22
3.6.2. Persiapan Material Penelitian	22
3.6.3. Pengujian Bahan	23
3.6.4. Perancangan Campuran Benda Uji.....	24
3.6.4.1. Perancangan Gradasi Agregat	24
3.6.4.2. Perancangan Kadar Aspal Optimum (KAO)	25
3.6.4.3. Jumlah Benda uji	26
3.6.4.4. Pembuatan Benda uji	27
3.7. Pengujian menggunakan alat <i>Marshall</i>	28
3.8. Pengolahan dan Pembahasan Hasil.....	30

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat.....	31
4.2. Hasil Pengujian Aspal	33
4.3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	35
4.4. Karakteristik <i>Marshall</i> Rendaman.....	47

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	49
5.2. Saran	50

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Diagram Alur Penelitian	16
3.2. Grafik Rencana Gradasi Agregat	24
4.1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai VIM	37
4.2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai VMA.....	38
4.3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai VFA	39
4.4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai Stabilitas	40
4.5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai <i>Flow</i>	41
4.6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan nilai <i>Marshall Quotient</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lapisan Aspal Beton (LASTON)	6
2.2. Ketentuan Agregat Kasar	7
2.3. Ketentuan Agregat Halus	8
2.4. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	9
2.5. Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi	12
3.1. Standar Pemeriksaan Agregat	23
3.2. Standar Pengujian Aspal	24
3.3. Rencana Gradasi Agregat	24
3.4. Jumlah Benda Uji untuk Mencari KAO	26
3.5. Variasi Rendaman	26
3.6. Sifat-sifat Campuran Modifikasi (AC-Mod)	28
4.1. Hasil Pengujian Agregat	31
4.2. Hasil Pengujian Aspal	34
4.3. Tabel Rekapitulasi Nilai Parameter <i>Marshall</i> dengan campuran PET ..	36
4.4. Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan Penambahan PET	46
4.5. Perbandingan Nilai Stabilitas pada setiap KAO dengan rendaman 30 menit dengan 24 Jam	47

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lapisan aspal beton (Laston) AC-BC adalah salah satu komponen struktur lapisan perkerasan lentur. Lapisan AC-BC berada diantara lapisan aus atau permukaan (AC-WC) dan lapisan pondasi Atas. Lapisan AC-BC sudah banyak diaplikasikan secara luas dalam perkerasan jalan dan bekerja dengan baik. Hal ini disebabkan oleh kemampuan lapisan tersebut dalam menghasilkan stabilitas yang mampu mendukung beban berat kendaraan secara baik.

Dalam penggunaannya perkerasan jalan banyak mengalami gangguan atau kerusakan yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya mutu atau kualitas jalan yang tidak sesuai dengan klasifikasi jalan sehingga menyebabkan kinerja perkerasan jalan menurun dan umur jalan menjadi lebih singkat. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada permukaan perkerasan jalan, bisa ditambahkan bahan pengikat dapat berupa campuran agregat dan bahan tambahan lainnya untuk meningkatkan stabilitas dan durabilitas aspal tersebut.

Aspal dapat dimodifikasi dengan menggunakan polimer yang diklasifikasikan menjadi empat kelompok utama, yaitu: elastomer, termoplastik, plastomers, dan polimer reaktif. Ketika polimer ditambahkan ke campuran biasanya dapat meningkatkan kekakuan yang lebih tinggi.

Indonesia menempati urutan terbesar kedua sebagai negara penghasil sampah plastik yang mengotori samudra setelah China. Setiap tahunnya Indonesia

diperkirakan menyumbang 1.29 juta metrik ton, setingkat dibawah dari negara Republik Rakyat China yang menyumbang sekitar 3.53 metrik ton setiap tahunnya (Wacaksono and Arijanto, 2017). Plastik merupakan senyawa polimer alkena yang mencakup dari produk polimerisasi semi sintetik hingga sintetik termasuk didalamnya *Polyethylene Terephthalate* (PET) (Burhanuddin, Basuki and Darmanijati, 2020). Diperkirakan dibutuhkan waktu sekitar 450 tahun untuk mengurai PET (Wacaksono and Arijanto, 2017)

PET adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Daur ulang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daur ulang kimia merupakan daur ulang yang menarik di dunia.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan plastik jenis *Polyethylene Terephthalatae* (PET) pada campuran AC – BC (*Asphalt concrete – Binder Course*) sebagai tambahan bahan pengikat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Prameswari (2016) . 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.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Banyaknya limbah *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang ada di Indonesia sehingga salah satu alternatif untuk mengurangi jumlahnya dengan menjadikan limbah PET sebagai bahan tambah pengikat campuran aspal.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Jenis lapisan yang ditinjau adalah campuran lapis aspal beton (*laston AC-BC*).
3. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
4. Uji Marshall Standar dengan 2x75 tumbukan.
5. Bahan tambahan yang digunakan adalah limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalatae* (PET).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik jenis *Polyethylene Terephthalatae* (PET) pada campuran AC-BC (*Ashpalt Concrete- Binder Course*) terhadap karakteristik *Marshall* yang meliputi *stability*, *flow*, *void in mineral aggregate (VMA)*, *void in mix (VIM)*, *void filled with asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient* yang telah memenuhi syarat spesifikasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Diharapkan dengan penambahan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalatae* (PET) sebagai tambahan bahan pengikat terhadap campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) dapat meningkatkan mutu perkerasan lentur.
2. Sebagai salah satu alternatif pemanfaatan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalatae* (PET).

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini menggunakan sistematika yaitu sebagai berikut:

I. Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian dari berbagai sumber.

III. Metodologi Penelitian

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

IV. Hasil dan Pembahasan

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

V. Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian ini dan saran.

Pada akhir penulisan skripsi ini akan dilampirkan daftar pustaka sebagai referensi penunjang yang digunakan dan lampiran yang berisikan data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton adalah lapisan pada struktur perkerasan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan dengan suhu tertentu. Lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu. Ciri lainnya ialah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku. (Bina Marga, 2018). Sesuai fungsinya Laston (AC) mempunyai 3 macam campuran yaitu :

- a) Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan tebal minimum 4 cm.
- b) Laston sebagai lapisan antara dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan tebal minimum 5 cm.
- c) Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC- Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal minimum adalah 7,5 cm.

Lapisan aspal beton (Laston) secara umum digunakan di berbagai negara adalah direncanakan untuk mendapatkan kepadatan yang tinggi, nilai struktural yang tinggi, dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya menjadikan suatu bahan relatif kaku sehingga konseskuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi juga rendah. Perbedaan ketiga campuran terletak pada perbedaan ukuran bahan agregat yang digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Bina Marga, 2018).

Tabel 2.1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Sifat-Sifat Campuran	Laston			
	Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi	
Jumlah Tumbukan Perbidang		75	112	
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min		0,6	
	Maks		1,2	
Rongga dalam campuran (%)	Min		3,0	
	Maks		5,0	
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Min	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min		90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (Refusal)	Min		2	

Sumber: Bina Marga, 2018

2.2 Agregat

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 membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi. Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran

besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75- 85% agregat berdasarkan persentase volume. Berdasarkan ukurannya, agregat dibagi menjadi 3 jenis yaitu :

1. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, Agregat Kasar adalah keriki sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. $1\frac{1}{2}$ Inchi).

Tabel 2.2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan terhadap larutan	bentuk agregat	natrium sulfat magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
				Maks. 18%
Abrasi dengan mesin los angeles	Campuran modifikasi dan SMA	AC dan jenis	SNI 2417:2008	100 putaran
				500 putaran
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90 (**)
		Lainnya		95/90 (**)
Partikel pipih dan lonjong (**)		SMA	ASTM D4791-10 perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI C117:2012	ASTM Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820-2002 Agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terkat tanur tinggi.

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah suatu bahan berbutir halus yang lewat ayakan No. 200 (0,075 mm). Bahan *filler* sendiri dapat berupa : debu batu, kapur, *Portland cement* atau bahan lainnya. *Filler* berfungsi meningkatkan kepadatan dan stabilitas campuran, menambah jumlah titik kontak butiran, mengurangi jumlah bitumen yang digunakan untuk mengisi rongga dalam campuran. Bahan pengisi (*filler*) pada campuran beraspal terutama Laston sebagai lapis permukaan jalan, merupakan salah satu komponen yang mempunyai persentase yang terkecil selain aspal. Namun mempunyai fungsi yang sangat penting untuk memodifikasi gradasi agregat halus dalam campuran beraspal, sehingga kepadatan campuran bisa meningkat.

2.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan (Buku 1: Petunjuk umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas). Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Gradasi agregat memiliki satuan dalam persentase tertahan ataupun persentase lolos yang dihitung dari berat agregat (Juharni, Rudi, 2015).

Tabel 2.4. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat		
		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1½"	37,5			100
1"	25		100	90-100
¾"	19	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	9-22	7-20	6-15
No.100	0,150	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan umum Republik Indonesia, spesifikasi umum umum 2018 Divisi 6 tabel 6.3.2.3 hal 39.

2.4 Aspal

Aspal atau Bitumen merupakan zat perekat material yang berwarna hitam kecoklatan atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, dan dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengkilangan minyak bumi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau *pitch*. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna hitam atau coklat yang berbentuk cair jika dipanaskan. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan

pitch tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi.

Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas). Aspal memiliki sifat termoplastis yang berarti akan mencair jika dipanaskan dan akan kembali membeku jika temperatur turun. Dalam membuat campuran perkerasan jalan, aspal dan agregat merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, dan juga berfungsi sebagai pengisi rongga pada agregat.

Banyaknya aspal pada campuran perkerasan jalan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran. Daya tahannya (*Durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan ikatan dengan baik. Aspal sendiri terbagi menjadi dua berdasarkan jenisnya yaitu :

a. Aspal Keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras pada temperatur ruang (25°C - 30°C) berbentuk padat dan dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi (tingkat kekerasan). Berdasarkan tingkat kekerasannya, aspal keras dapat dibagi menjadi 5 macam yaitu : pen 40/50, pen 60/70, pen 80/100, pen 120/150, pen 200/300. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah dengan cuaca panas dan juga volume lalu lintas yang tinggi. Semakin kecil angka penetrasi maka aspal akan semakin keras, semakin sulit penanganannya karena membutuhkan suhu yang lebih tinggi agar dapat menjadi cair. Sebaliknya aspal dengan angka penetrasi tinggi digunakan pada daerah bercuaca dingin dengan volume lalu lintas yang rendah dan juga semakin mudah encer. Di Indonesia, aspal yang umum digunakan adalah aspal pen 60/70.

b. Aspal Modifikasi

Adapun tambahan dari jenis aspal yaitu aspal modifikasi, aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Aspal Modifikasi merupakan aspal minyak yang ditambah dengan bahan tambah (*additive*) untuk meningkatkan kinerjanya. Polymer adalah jenis bahan tambah yang sering digunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal polymer. Diyakini bahwa kegagalan awal perkerasan aspal (misalnya rutting) biasanya disebabkan oleh sifat kekuatan campuran yang tidak memadai, sedangkan kegagalan jangka panjang adalah akibat dari kelelahan yang signifikan pada struktur perkerasan (Abojaradeh, 2013).

Masalah-masalah ini muncul pada perkerasan aspal karena desain campuran yang tidak tepat dan kurangnya karakterisasi bahan pengikat aspal. Oleh karena itu, modifikasi polymer saat ini semakin banyak digunakan dalam beton aspal, terutama untuk mengendalikan deformasi permanen jangka pendek. Modifikasi polimer biasanya meningkatkan daktilitas pengikat aspal, sehingga memberikan pengikat aspal yang lebih tahan terhadap tegangan dan deformasi perkerasan (Javid, Glover et al., 2014). Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan polymer yang biasanya digunakan untuk tujuan ini, yaitu:

1. Aspal Polimer Elastomer

Aspal polimer adalah jenis-jenis polimer elastomer yang SBS (*Styrene Butadine Sterene*), SBR (*Styrene Butadine Rubber*), SIS (*Styrene Isoprene Styrene*), dan karet adalah jenis polimer elastomer yang biasanya digunakan sebagai bahan pencampur aspal keras. Penambahan polimer jenis ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat rheologi aspal, antara lain penetrasi, kekentalan, titik lembek, dan elastisitas aspal keras. Campuran beraspal yang dibuat dengan aspal polimer elastomer akan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dari campuran beraspal yang dibuat dengan aspal keras. Presentase penambahan bahan tambah (*additive*) pada pembuatan aspal polimer harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu memang dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan

campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

2. Aspal Polimer Plastomer

Seperti halnya dengan aspal polimer elastomer, penambahan bahan polimer plastomer pada aspal keras juga dimaksudkan untuk meningkatkan sifat rheologi baik pada aspal keras dan sifat fisik campuran beraspal. Jenis polimer plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*), Polipropilane, dan *Polyethylene*. Presentase penambahan polimer ini kedalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

Ukuran kekerasan aspal dapat diperoleh dari pengujian masuknya jarum ke dalam aspal dengan beban, temperature dan waktu tertentu sesuai SNI 06-2456-1991. Ketentuan untuk aspal keras penetrasi telah diatur oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2018.

Tabel 2.5. Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60- 70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinS) pada osilasi 10 rad/detik > 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽¹⁾	
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	

Tabel 2.5. Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi (Lanjutan)

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70	Tipe II Aspal Modifikasi Elastomer	
				PG70	PG
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥99	≥99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1,0		
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011		≤ 2,2	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2	-	-
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)					
:					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8		
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinS) pada osilasi 10 rad/detik > 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000		70	76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah P AV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinS) pada osilasi 10 rad/detik > 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.5 hal 40-41.

2.5. Polyethylene Terephthalate (PET)

PET adalah polimer sintesis termoplastik semi-kristal, yang memiliki umur panjang karena tahan terhadap biodegradasi dan sebagai hasilnya sejumlah besar limbah PET terakumulasi. Proses daur ulang fisik, mekanik dan kimia telah dikembangkan bahkan untuk skala industri. Daurlang secara mekanik dan fisik mempunyai kelemahan, karena itu daurlang kimia merupakan daurlang yang menarik di dunia.

Menurut Mujiarto (2005), *Polyethylene Terephthalate* yang sering disebut PET dengan rumus kimia ($C_{10}H_8O_3$) dibuat dari glikol (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau asam perephthalat (DMT). *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. PET mempunyai sifat thermoplastik sama dengan aspal yaitu pada suhu tinggi akan mencair tetapi pada suhu lingkungan akan menjadi keras. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu $110^{\circ} C$. Berdasarkan sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik plastik ini mempunyai ketebalan 0,001 sampai dengan 0,01 inci.

PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. Penggunaan PET sangat luas antara lain untuk botol-botol air mineral, *soft drink*, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan. Botol minuman plastik yang beredar di Indonesia terbuat dari *polyethylene perephthalate* (PET). PET memiliki densitas $1,38 \text{ g/cm}^3$, titik leleh $260^{\circ} C$, titik didih $350^{\circ} C$ (terdekomposisi), modulus elastisitas 2800-3100 Mpa, dan kuat tarik 55-75 MPa (Maulida, 2014).

Pemanfaatan PET sebagai aditif meningkatkan volumetrik dan sifat *Marshall* dari aspal matriks batu, sangat meningkatkan umur kelelahan dan mengurangi pengembangan regangan permanen (Moghaddam, T.B., 2014). Nasution, (2017) menyatakan limbah plastik PET sebagai bahan tambah dapat meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal dari pada campuran aspal yang tidak menggunakan bahan tambah PET.

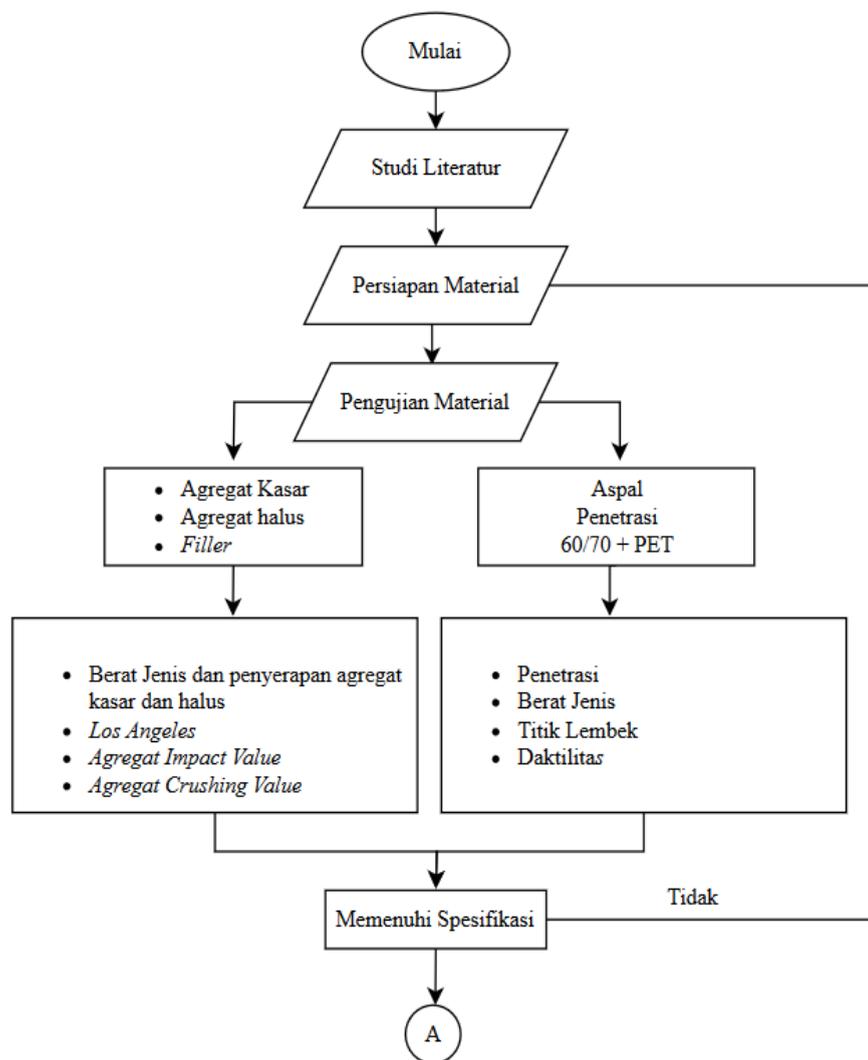
Cara penambahan Plastik *polyethylene Perephthalate* (PET) kedalam campuran aspal dapat dilakukan dengan dua cara, antara lain dengan cara basah dan kering. Cara basah dilakukan dengan mencampurkan plastik kedalam aspal panas dan diaduk sampai homogen. Cara kering dilakukan dengan cara mencampurkan plastik kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran dan setelah itu ditambahkan dengan aspal panas. Pencampuran

secara basah, akan menunjukkan ketahanan alur yang lebih baik dan rasio kekuatan tarik yang lebih tinggi dan pencampuran kering menghasilkan ketahanan yang lebih baik terhadap kerusakan kelembaban permanen (Earnest, 2015). Pada penelitian ini digunakan PET sebagai bahan tambah campuran aspal dikarenakan campuran aspal yang ditambahkan dengan PET cenderung lebih besar nilai stabilitasnya.

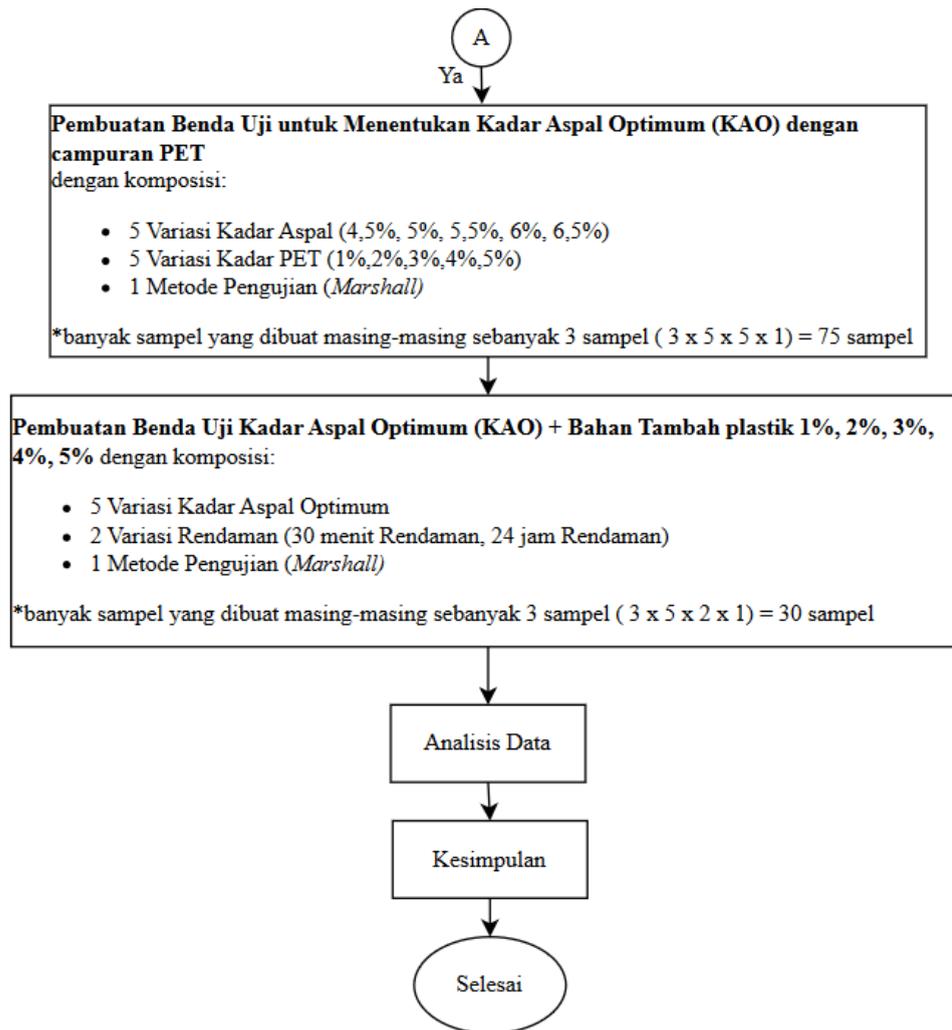
Walaupun penggunaan *polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan tambah (*additive*) dapat meningkatkan kekuatan dari campuran, akan tetapi kadar penambahan PET itu sendiri harus diperhatikan karena penambahan plastik PET terhadap aspal dengan suhu proses yang sama dapat mempengaruhi hasil dari pengujian aspal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (H. Fikri, 2019), nilai penetrasi yang didapat pada penambahan PET dengan kadar 12% sebesar 34 mm dimana nilai tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan bina marga tahun 2010 revisi 3. Dan berdasarkan penelitian yang dilakukan (Suhardi, 2016) semakin meningkatnya kadar plastik yang ditambahkan, maka parameter *marshall* akan mengalami perubahan yang cenderung tidak memenuhi spesifikasi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian



Gambar 3.2. Lanjutan diagram alur penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

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

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah metode eksperimen dimana akan dilakukan percobaan yang akan menghasilkan data. Pada tahap pengujian akan digunakan metode *marshall* yang memiliki beberapa karakteristik *marshall*, antara lain:

1. Stabilitas

Stabilitas (*Stability*) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pond. Nilai stabilitas diperoleh langsung pada alat *marshall test* dengan pembacaan arloji stabilitas yang kemudian dikalibrasi dengan *proving ring* dan dikoreksi dengan faktor koreksi volume benda uji.

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

Keterangan :

S = angka stabilitas (kg),

P = pembacaan arloji x kalibrasi *proving test* (kg),

q = angka koreksi tebal benda uji

2. Kelelahan

Kelelahan atau *flow* adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm. Nilai flow diperoleh dengan pembacaan langsung jarum *Proving Ring* pada alat uji *Marshall*.

3. Rongga Dalam Campuran

Voids In Mix (VIM) atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Nilai VIM yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J.\text{maksimum teoritis}} \dots\dots\dots(2)$$

Berat jenis maksimum teoritis:

$$BJ = \frac{100}{\frac{\% agr}{BJ.agr} + \frac{\% aspal}{BJ.aspal}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).

4. Rongga dalam Agregat

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif yang dinyatakan dalam persen volume. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedap air terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimum 15 %. Nilai VMA dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

5. Rongga Terisi oleh Aspal

Rongga terisi oleh aspal atau *Void Filled with Bitumen* (VFA) merupakan persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal. Persentase rongga campuran yang berisi aspal nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

6. Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai *flow* dengan persamaan berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai *flow* (mm)

7. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yaitu perbandingan dari nilai stabilitas yang direndam selama waktu T_2 dengan nilai stabilitas yang direndam selama waktu T_1 . Nilai IKS didapat dari persamaan berikut:

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

S_1 = nilai stabilitas *marshall* setelah perendaman T_1 (Kg)

S_2 = nilai stabilitas *marshall* setelah perendaman T_2 (Kg)

3.4. Bahan – Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang ada di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

2. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm).

3. *Filler* atau material lolos saringan No.200. *Filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu.
4. Aspal yang digunakan pada penelitian ini aspal keras yaitu aspal dengan penetrasi 60/70.
5. Bahan tambah plastik PET yang sudah dipotong-potong dan dibagi ke dalam beberapa variasi campuran dengan kadar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dari total berat aspal. Adapun cara penambahannya dilakukan dengan cara basah.

3.5. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu Set Alat Saringan/Ayakan (*Sieve*)

Alat saringan yang digunakan untuk memisahkan masing-masing agregat berdasarkan ukurannya.

2. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

Ada beberapa peralatan yang digunakan dalam menguji aspal antara lain alat untuk uji daktilitas, alat uji titik lembek (*thermometer*, dudukan benda uji), alat *Ductilometer* untuk uji daktilitas, alat untuk uji penetrasi (*Laboratory Penetration test*, bak perendam), dan tungku pembakaran untuk pengujian penurunan berat aspal.

3. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Dalam menguji agregat ada beberapa peralatan yang digunakan antara lain alat untuk menguji berat jenis (piknometer, pemanas), oven, timbangan, tes abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*, alat *Aggregate Crushing Value* untuk menguji kekuatan agregat terhadap kehancuran, dan alat uji *Aggregate Impact Value* untuk menguji kekuatan agregat terhadap bentur.

4. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat dan Aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, sebagai berikut:

- a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kapal penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flow meter*.
- b. Alat cetak (*Mould*) benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 3 inchi (7,5 cm).
- c. Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.
- d. *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan suhu pengatur.
- f. Alat-alat pelengkap yang meliputi kompor pemanas, thermometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, jangka sorong, pan, dan *tipe-x* yang digunakan untuk menandai benda uji.

Peralatan yang digunakan merupakan peralatan standar pembuatan benda uji *Marshall* yang akan dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.6. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

3.6.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi pada penelitian ini didapatkan dari buku, jurnal, artikel, dan laporan penelitian.

3.6.2. Persiapan Material Penelitian

Pada tahap ini ditujukan untuk menyediakan material yang akan digunakan dalam penelitian. Material yang disiapkan meliputi agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal penetrasi 60/70, lalu didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian dan penelitian.

3.6.3. Pengujian Bahan

Material yang akan digunakan dalam penelitian ini harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui karakteristik dan sifat material apakah memenuhi standar spesifikasi yang telah ditentukan atau tidak.

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

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Pada agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, dan penyerapan. Standar pengujian agregat ini mengacu pada peraturan jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6.

Tabel 3.1 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	Los Angeles Test	SNI 03-2417-2008
5	Aggregate Impact Value Test (AIV)	BS 812: Part 3: 1975
6	Aggregate Crushing Value Test (AIV)	BS 812: Part 3: 1975

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6.

2. Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, dan berat jenis. Standar pengujian aspal mengacu pada peraturan direktorat jenderal bina marga departemen pekerjaan umum Republik Indonesia, spesifikasi umum 2018 divisi 6.

Tabel 3.2 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	Berat jenis	SNI 06-2441-1991
4	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991
5	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6.

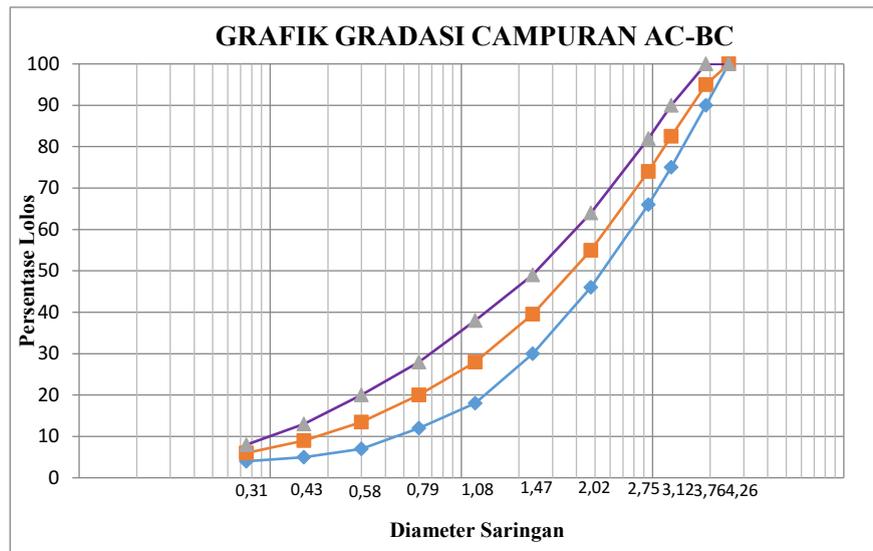
3.6.4. Perancangan Campuran Benda Uji

3.6.4.1. Perancangan Gradasi Agregat

Adapun rencana gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.2 di bawah ini:

Tabel 3.3 Rencana Gradasi Agregat

Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi % Berat Lolos (Bina Marga, 2018)	% Berat yang Lolos	% Berat yang Tertahan
25,000	100	100	0,00
19,000	90-100	95	5,00
12,500	75 – 90	82,5	12,50
9,500	66 – 82	74	8,50
4,750	46 – 64	55	19,00
2,360	30 – 49	39,5	15,50
1,180	18 – 38	28	11,50
0,600	12 – 28	20	8,00
0,300	7 – 20	13,5	6,50
0,150	5 – 13	9	4,50
0,075	4 – 8	6	3,00
Pan			6
Total			100



Gambar 3.2. Grafik Rencana Gradasi Agregat.

3.6.4.2. Perancangan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Perancangan Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilakukan setelah melakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Untuk menghitung kadar aspal optimum dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \\
 &= 0,035 (45) + 0,045 (49) + 0,18 (6) + 0,75 \\
 &= 5,61 \%
 \end{aligned}$$

Dimana :

P_b = Kadar aspal tengah

CA = Kumulatif persen agregat kasar tertahan saringan ukuran 37,5 mm sampai dengan saringan ukuran 4,75 mm

FA = Kumulatif persen agregat halus lolos saringan 2,36 mm sampai dengan saringan ukuran No. 200

Filler = Bahan pengisi yang lolos saringan No. 200

K = Konstanta dengan nilai 0,5-1,0 untuk Laston dan 2,0-3,0 untuk laston untuk laston AC-WC

Nilai kadar aspal tengah (P_b) yang diperoleh dari hasil

perhitungan diatas yang sudah dibulatkan adalah 5,5%. Pada penelitian ini akan digunakan 5 variasi kadar aspal dengan cara menentukannya ialah Pb-1%, Pb-0,5%, Pb, Pb+0,5%, Pb + 1% sehingga variasi yang didapat antara lain 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Dan selanjutnya dilakukan penambahan plastik PET dengan kadar 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%.

3.6.4.3. Jumlah Benda Uji

Jumlah kebutuhan benda uji berdasarkan KAO yang didapat dengan penambahan variasi PET pada penelitian ini pada Tabel di bawah ini :

Tabel 3.4 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO

Variasi Kadar Aspal (%)	Variasi Campuran PET (%)					Jumlah
	1%	2%	3%	4%	5%	
4,5%	3	3	3	3	3	15
5%	3	3	3	3	3	15
5,5%	3	3	3	3	3	15
6%	3	3	3	3	3	15
6,5%	3	3	3	3	3	15
Total						75

Tabel 3.5. Variasi Rendaman

Variasi Rendaman
30 menit
24 Jam

Untuk mencari KAO, terdapat 5 variasi campuran aspal dan juga terdapat 5 variasi kadar bahan tambah PET dan setiap variasi dibuat sebanyak 3 sampel ($5 \times 5 \times 3 = 75$) sehingga jumlah benda uji yang dibutuhkan untuk mencari KAO adalah sebanyak 75

buah. Setelah mendapatkan KAO dilakukan perendaman dimana terdapat dua variasi rendaman dan dibutuhkan masing masing 3 sampel pada setiap KAO campuran aspal dengan PET ($3 \times 2 \times 5 = 30$) sehingga jumlah benda uji yang dibutuhkan sebanyak 6 buah. Total jumlah benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebanyak $75 \text{ buah} + 30 \text{ buah} = 105 \text{ buah}$.

3.6.4.4. Pembuatan Benda Uji

1. Benda Uji *Marshall*

Tahap-tahap dari pembuatan benda uji untuk uji *Marshall* yaitu sebagai berikut:

- a. Menimbang agregat berdasarkan persentase agregat campuran yang sudah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing setiap variasi Kadar Aspal.
- b. Lalu masukan agregat kedalam oven selama ± 4 jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal sesuai dengan berat agregat yang sudah dimasukkan kedalam oven.
- c. Mencampurkan agregat sesuai perencanaan dengan berat total agregat masing-masing benda uji.
- d. Sebelum dilakukan pemadatan, cetakan yang akan digunakan dipanaskan terlebih dahulu untuk mencegah adanya penurunan suhu yang signifikan pada sampel. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
- e. Memasukkan campuran kedalam cetakan per $1/3$ dan $1/2$ tinggi cetakan kemudian memadatkannya dengan alat *compactor* terhadap sampel sebanyak 2×75 tumbukan dengan suhu 150°C .
- f. Setelah itu benda uji didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar suhu benda uji menurun, kemudian benda uji dikeluarkan menggunakan *ejector* dan diberi kode sampel sesuai dengan jenis sampel, hal tersebut untuk memudahkan mengenali jenis sampel

- pada saat pengujian.
- g. Lalu benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm di ketiga sisi benda uji dan ditimbang beratnya untuk mendapatkan berat benda uji kering.
 - h. Merendam benda uji dalam bak air selama 30 menit untuk mengetahui kadar penyerapan air.
 - i. Setelah itu menimbang benda uji dalam air untuk mengetahui berat jenuh pada masing-masing sampel.
 - j. Setelah menimbang berat jenuh, kemudian benda uji dikeringkan menggunakan kain lap sehingga didapatkan benda uji kering permukaan dan menimbang benda uji lalu didapatkan berat kering permukaan jenuh atau SSD (*Saturated Surface Dry*).

3.7. Pengujian menggunakan alat *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) pada campuran beraspal yang mengacu pada SNI 06-2489-1991. Adapun ketentuan untuk sifat – sifat campuran laston modifikasi (AC Mod) sebagai berikut :

Tabel 3.6. Sifat-sifat Campuran Modifikasi (AC-Mod)

Sifat – sifat Campuran	Laston Modifikasi		
	Lapisan Aus	Lapisan Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6	
	Maks.	1,6	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0	
	Maks.	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65

Tabel 3.6. Sifat-sifat Campuran Modifikasi (AC-Mod) (Lanjutan)

Sifat – sifat Campuran	Laston Modifikasi			
		Lapisan Aus	Lapisan Antara	Fondasi
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.		90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.		2	
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min.		2500	

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan umum Republik Indonesia, spesifikasi umum umum 2018 Divisi 6 tabel 6.3.3.1 hal. 46

Setelah melakukan pengujian *marshall*, akan dilakukan pengujian sesuai dengan kondisi cuaca di Indonesia yang mempunyai dua musim yaitu musim panas dan musim penghujan, pengujian akan disimulasikan dengan suhu perendaman 60°C. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat *Marshall*:

1. Benda uji setelah diketahui berat dan tinggi pada masing-masing sampel, lalu direndam dalam bak perendaman (*water bath*) pada suhu 60°C selama 30 menit.
2. Membersihkan bagian dalam kepala penekan alat uji *Marshall* dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
3. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam, meletakkan benda uji dalam cincin dan memasang *flow* meter, selanjutnya letakkan kembali pada mesin penekan *Marshall*. Kemudian penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, dan mengatur jarum arloji *flow* meter pada angka nol.
4. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan 2 inch (51 mm) per menit, dibaca pada saat nilai stabilitas berhenti dan jarum mulai kembali berputar menurun, itu merupakan nilai stabilitas Marshall. pada saat itu pula dibaca arloji kelelehan dibaca.
5. Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil bagian atas dibuka dan

benda uji dikeluarkan.

6. Melakukan pengujian berat jenis maksimum (Gmm) pada setiap sampel perendaman, sesuai dengan SNI 03-6893-2002.

3.8. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan serta perhitungan karakteristik *Marshall*. Dari nilai-nilai yang sudah didapatkan, maka dapat dilihat besarnya pengaruh penggunaan *polyethylene Pterephthalate* (PET) sebagai bahan tambah campuran aspal dan kemudian didapatkan hasil, kesimpulan, dan saran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, adapun kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) mempengaruhi karakteristik aspal antara lain mempengaruhi nilai berat jenis, penetrasi, daktilitas, dan titik lembek. Berat jenis aspal akan mengalami kenaikan seiring semakin banyak kadar PET yang dicampurkan. Nilai penetrasi akan semakin mengecil seiring bertambahnya kadar PET dikarenakan aspal menjadi lebih keras. Daktilitas mengalami penurunan dikarenakan semakin banyak kadar PET yang dicampurkan akan membuat aspal menjadi semakin getas. Nilai titik lembek mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar PET dikarenakan dengan penambahan PET akan menambahkan kandungan lilin (*parafin*) pada aspal.
2. Pengaruh penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) pada campuran AC-BC terhadap parameter *Marshall* menyebabkan meningkatnya nilai stabilitas seiring bertambahnya kadar PET dibandingkan dengan tanpa menggunakan campuran PET. Parameter lainnya yaitu rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), dan *Marshall Quotient* (MQ) juga mengalami peningkatan. Sedangkan rongga terisi aspal (VFA) dan juga *flow* mengalami penurunan.
3. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal yang ditambahkan dengan PET sebanyak 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% menurun yang disebabkan oleh turunnya nilai VFA. Adapun hasil kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran PET 1% yakni

sebesar 5,68%. Untuk campuran PET 2% sebesar 5,56%. Untuk campuran PET 3% sebesar 5,45%. Untuk campuran PET 4% sebesar 5,35%. Untuk campuran PET 5% sebesar 5,28%.

4. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang didapat dari dua variasi rendaman yaitu selama 30 menit dan 24 jam menunjukkan peningkatan seiring penambahan kadar PET. Dimana nilai yang didapat pada campuran PET 1% sebesar 94,25%; pada campuran PET 2% sebesar 94,00%; pada campuran PET 3% sebesar 94,36%; pada campuran PET 4% sebesar 94,58%; dan pada campuran PET 5% sebesar 94,75%.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas dan penelitian di laboratorium, adapun saran untuk pengembangan penelitian ini sebagai berikut :

1. Diperlukannya kajian atau pengujian tentang penggunaan *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan tambah pengikat pada aspal dengan memperhatikan *Performance Grade* (PG).
2. Sebaiknya rentang untuk kadar penambahan PET lebih ditingkatkan agar dapat mengetahui batas maksimal penggunaan PET sebagai bahan tambah pengikat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abojaradeh, M., (2013), "*Development of Fatigue Failure Criterion for Hot - Mix Asphalt Based on Dissipated Energy and Stiffness Rate*". Jordan Journal of Civil Engineering, 7(1).
- Burhanuddin, B., Basuki, B. and Darmanijati, M. (2020) 'Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Untuk Bahan Utama Pembuatan Paving Block', Jurnal Rekayasa Lingkungan, 18(1).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi. In Direktorat Jenderal Bina Marga. Kementerian PUPR, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Earnest, M.D., 2015 '*Performance characteristics of polyethylene terephthalate (PET) modified asphalt*', thesis, Jack N. Averitt Collage of Graduate Studies, Georgia Southern University.
- Fikri, Husnul. 2019. Karakteristik Aspal Modifikasi dengan Penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthlate (PET). Tugas Akhir. Politeknik Bandung.
- Javid, M.A, (2014), *Analyzing Behavior of Polymer Modified Asphalt Using Master Curve Approach*, Jordan Journal of Civil Engineering, 8(2).
- Juharni, Rudi. 2015. "Analisa Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement sebagai Bahan Campuran Aspal Dingin Jenis OGEMs dengan Menggunakan Aspal Emulsi Modifikasi". Thesis. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November
- Maulida, A. 2014. *Peningkatan Kualitas Aspal Sintetis Dari Campuran Limbah Ban Alam dan Plastik (Polyethylene Terephthalate) dengan Pelarut Oli Motor Bekas*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Moghaddam, T.B., Soltani, M. and Karim, M.R., 2014. *Experimental characterization of rutting performance of polyethylene terephthalate modified asphalt mixtures under static and dynamic loads*. Construction and Building Materials, 65.
- Mujiarto, Iman, 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif, Jurnal Ilmiah AMNI, Semarang.
- Nasution, Fadil, N, 2017. *Pengaruh Penambahan Plastik PET (polyethylene Terephthalate) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC di Laboratorium*. Universitas Sumatera Utara.

- Prameswari, Putri Ajeng. 2016. Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat terhadap Parameter Marshall. Tugas Akhir. Universitas Lampung, Semarang.
- Putri, Hanif Olivia. 2020. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Sifat Mekanik dan Termal Aspal Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wacaksono, M. A. and Arijanto, A. (2017) 'Pengolahan Sampah Plastik Jenis PET (*Polyethylene Perephthalathe*) Menggunakan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif', Jurnal Teknik Mesin, 5(1).