

**DURABILITAS CAMPURAN *POROUS ASPHALT* DENGAN LIMBAH PLASTIK  
*POLIETILENA TEREFALAT (PET)* SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**ANANDA WIRAWAN TRITAMA HARAHAP**

**NPM 1715011050**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **DURABILITAS CAMPURAN POROUS ASPHALT DENGAN LIMBAH PLASTIK POLIETILENA TEREFTALAT (PET) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL**

**Oleh**

**ANANDA WIRAWAN TRITAMA HARAHAP**

Aspal porus merupakan campuran aspal yang memiliki ruang pori yang tinggi, karena itu diperlukan penggunaan modifikasi aspal yang diharapkan dapat meningkatkan stabilitas aspal porus, sehingga aspal porus diharapkan memiliki kinerja yang lebih baik. Limbah plastik dapat membuka peluang untuk dimanfaatkan di bidang konstruksi jalan raya karena mudah didapat dan harganya yang lebih ekonomis sebagai bahan campuran aspal porus. Mengacu pada hal tersebut, maka dilakukan penelitian terhadap durabilitas campuran porous asphalt dengan limbah plastik Polietilena Tereftalat (PET) sebagai bahan tambah pada aspal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan limbah plastik PET terhadap durabilitas pada campuran aspal porus. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen skala laboratorium berdasarkan 3 jenis pengujian yaitu marshall, cantabro loss dan asphalt flow down. Gradasi pada penelitian ini menggunakan gradasi terbuka (open graded) Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004. Hasil Pengujian menunjukkan secara berturut-turut pengaruh rendaman terhadap aspal porus dengan penambahan plastik PET 0%, 5% dan 7.5% mengakibatkan penurunan nilai IDP (Indeks Durabilitas Pertama) sebesar 1.25%, 0,89% dan 0,83% , Dan juga penurunan nilai IDK (Indeks Durabilitas Kedua) berdasarkan nilai kehilangan kekuatan sebesar 44.12%, 33.31% dan 30.52%. Hal ini menunjukkan bahwa aspal porus dengan campuran plastik PET memiliki durabilitas yang lebih baik dibanding tanpa PET.

**Kata kunci** : aspal porus, polietilena tereftalat, marshall, cantabro loss, asphalt flow down.

## ***ABSTRACT***

### ***DURABILITY OF POROUS ASPHALT MIXTURE WITH POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) PLASTIC WASTE AS ADDITIONAL IN ASPHALT***

***By***

**ANANDA WIRAWAN TRITAMA HARAHAP**

Porous asphalt is an asphalt mixture that has a high pore space, therefore it is necessary to use asphalt modification which is expected to increase the stability of porous asphalt, so that porous asphalt is expected to have better performance. Plastic waste can open up opportunities to be used in the field of highway construction because it is easy to obtain and the price is more economical as a porous asphalt mixture. Referring to this, a research was carried out on the durability of porous asphalt mixtures with polyethylene terephthalate (PET) plastic waste as an additive to asphalt. The purpose of this study was to determine the effect of using PET plastic waste on the durability of porous asphalt mixtures. The method used is a laboratory scale experimental method based on 3 types of testing, namely marshall, cantabro loss and asphalt flow down. The gradation in this study used the Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004 open graded. The test results showed successively the immersion effect of porous asphalt with the addition of 0%, 5% and 7.5% PET plastic resulted in a decrease in the IDP value (Index Durability First) of 1.25%, 0.89% and 0.83% , and also a decrease in the value of IDK (Second Durability Index) based on the value of loss of strength of 44.12%, 33.31% and 30.52%. This shows that porous asphalt mixed with PET plastic has better durability than without PET.

**Key words** : porous asphalt, polyethylene terephthalate, marshall, cantabro loss, asphalt flow down.

**DURABILITAS CAMPURAN POROUS ASPHALT DENGAN LIMBAH PLASTIK  
POLIETILENA TEREFALAT (PET) SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL**

**Oleh**

**ANANDA WIRAWAN TRITAMA HARAHAP**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

**SARJANA TEKNIK**

**Pada**

Program Studi S1 Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

Judul Skripsi

: **DURABILITAS CAMPURAN *POROUS ASPHALT* DENGAN LIMBAH PLASTIK *POLIETILENA TEREFTALAT (PET)* SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL**

Nama Mahasiswa

: **Ananda Wirawan Tritama Harahap**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715011050

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002

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

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

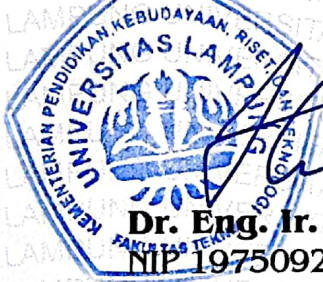
### 1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Ir. Dwi Herianto, S.T., 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 : **7 Juli 2023**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananda Wirawan Tritama Harahap

NPM : 1715011050

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : DURABILITAS CAMPURAN POROUS ASPHALT DENGAN  
LIMBAH PLASTIK POLIETILENA TEREFTALAT (PET)  
SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA ASPAL

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Ide penelitian didapat dari pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada saya dan pembimbing I, Bapak Sasana Putra, S.T., M.T.

Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023



Ananda Wirawan Tritama Harahap  
NPM 1715011050

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Ananda Wirawan Tritama Harahap. Penulis dilahirkan di Kota Padang Sidempuan pada tanggal 12 Juli 1999, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Alm. Bapak H. Ir. Syahminan Harahap dan Ibu Hj, Nur Hoironi Marbun, S. E. dan memiliki 2 orang kakak yaitu Dolie M. S. Pratama Harahap, Yudha Mora Aditama Harahap, dan seorang adik yaitu Keisya Hanifa Aulia Harahap.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Al-Fithriah Medan, Sekolah Dasar di SD *Islamic International School* Darul Ilmi Murni hingga kelas 3 SD kemudian pindah ke SD Al-Fithriah Medan hingga lulus jenjang SD yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 28 Kota Medan yang diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAS Harapan Mandiri Kota Medan yang diselesaikan pada tahun 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dan pernah menjadi anggota Departemen Media Informasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung periode 2018/2019. Kemudian pada periode 2019/2020 penulis menjadi Kepala Departemen Media Informasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam acara *Civil Brings Revolution* pada tahun 2019 sebagai anggota kegiatan festival dan tahun 2020 sebagai koordinator panitia dokumentasi.

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang teknik sipil penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di proyek Pembangunan Gedung Kuliah Bersama Fakultas Teknik Unila Lampung 30 Agustus 2021.



Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kuala Simeme, Kecamatan Namorambe, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara selama 40 hari dalam periode II pada tahun 2021.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2021, dengan judul “Durabilitas Campuran Porous Asphalt Dengan Limbah Plastik Polietilena Tereftalat (Pet) Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal”.

## **MOTTO**

*“Fortune Favet Fortibus”*

**(Latin Proverb)**

*“Si Vis Pacem, Parabellum”*

**(Latin Proverb)**

*“Keep your friends close, but your enemies closer”*

**(Michael Corleone)**

*“Do not pray for easy lives, pray to be a stronger men”*

**(John F. Kennedy)**

# PERSEMBAHAN

## **Bismillahirrahmanirrahim**

*Alhamdulillah* Puji sukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan berkahnya kesetiap langkah perjalanan hidupku. Shalawat sertasalam

tak lupa saya haturkan kepada nabi tercinta

Nabi Muhammad SAW

Dan

**Saya persembahkan karya tulis ini kepada:**

### **Ayah dan Ibu Tercinta**

Terima kasih atas kesanggupannya untuk menafkahi, memberi dukungan, kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus untuk saya sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan di perantauan ini.

### **Saudara-Saudariku Tersayang**

Terima Kasih kepada Bang Dolie, Bang Yudha, dan Dek Keisya yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

### **Bapak dan ibu Dosen**

Terima kasih atas ilmu yang telah bapak dan ibu berikan, semoga jasa Bapak dan Ibu dapat membawa keberkahan

### **Teknik Sipil Angkatan 2017 Universitas Lampung**

Terima kasih atas dukungan teman-teman himapir 2017, semoga kita semua menjadi orang yang sukses aamiinn.

# SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Durabilitas Campuran Porous Asphalt Dengan Limbah Plastik Polietilena Tereftalat (Pet) Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat-sahabatnya.
2. Kedua orang tua, Alm. H. Ir. Syahminan Harahap dan Ibu tercinta, Hj. Nurhoironi Marbun, S. E . Terima kasih atas segala doa, cinta dan kasih sayang, dukungan dan semangat serta perhatian dan kepercayaan yang selalu diberikan yang tidak akan mampu penulis balas segala jasa dan kebaikannya sampai kapanpun. semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, pengampunan dosa, dilapangkan kuburnya dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan ayah dan ibu tercinta.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil.
6. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas ilmu, masukan, ide serta saran yang sangat



membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan.

7. Bapak Ir. Dwi Herianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua penulis. Terima kasih sudah bersedia membimbing, mengarahkan dan memberikan ide dalam penyusunan skripsi.
8. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku dosen penguji penulis.
9. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu pengetahuan dan didikannya selama masa perkuliahan. serta seluruh staff akademisi mbak yang telah banyak membantu penulis.
10. Aurora yang telah membawa keindahan, memberikan semangat dan kebaikan.
11. Rekan-rekan tersayang yang kerap memberi dukungan sampai penulis menyelesaikan skripsi ini: Acil, Ade, Santoso, Noval Palno, Gery Padang, yang senantiasa mendengarkan keluh kesah dan teman bermain selama kuliah.
12. Kawan -kawan angkatan 2017 yang telah sama-sama berjuang, maaf jika penulis tidak bisa menyebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung,

Penulis

Ananda Wirawan Tritama Harahap

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Campuran Aspal Porus.....	6
2.2 Gradasi Agregat Aspal Porus .....	11
2.3 Plastik.....	13
2.4 Pengujian Aspal Porus .....	14
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2 Lokasi Penelitian .....	20
3.3 Bahan-Bahan Penelitian .....	21
3.4 Peralatan Penelitian .....	23
3.5 Prosedur Penelitian.....	26
3.6 Pengolahan dan Pembahasan Hasil .....	39
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>40</b>
4.1 Karakteristik Aspal.....	40
4.2 Kadar Aspal Optimum (KAO) .....	41
4.3 Hasil Pengujian Durabilitas.....	53
4.4 Pengaruh Penambahan PET Terhadap Indeks Durabilitas Pertama (IDP).....	54
4.5 Pengaruh Penambahan PET Terhadap Indeks Durabilitas Kedua (IDK) .....	55

<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi.....	8
Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Kasar .....	10
Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus .....	10
Tabel 2. 4 Ketentuan Filler.....	10
Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus .....	11
Tabel 2. 6 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Porus.....	13
Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Porus.....	14
Tabel 3. 1 Standar Pemeriksaan Agregat .....	27
Tabel 3. 2 Hasil Pemeriksaan Agregat.....	28
Tabel 3. 3 Standar Pengujian Aspal .....	28
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Aspal.....	29
Tabel 3. 5 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus .....	30
Tabel 3. 6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5% .....	31
Tabel 3. 7 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5% .....	31
Tabel 3. 8 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5% .....	32
Tabel 3. 9 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6% .....	32
Tabel 3. 10 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5% .....	33
Tabel 3. 11 Parameter Perencanaan KAO Campuran Aspal Porus .....	33
Tabel 3. 12 Variasi Campuran Aspal Porus dengan PET .....	34
Tabel 3. 13 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO.....	34
Tabel 3. 14 Pembuatan Benda Uji Durabilitas.....	39
Tabel 4. 1 Hasil Uji Aspal.....	40
Tabel 4. 2 Tabel Nilai Parameter VIM, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down untuk Kadar Plastik 0% .....	41



Tabel 4. 3 Tabel Nilai Parameter VIM, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down untuk Kadar Plastik 5% .....	43
Tabel 4. 4 Tabel Nilai Parameter VIM, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down untuk Kadar Plastik 7,5% .....	45
Tabel 4. 5 Tabel Nilai Parameter VIM, Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down untuk Kadar Plastik 15% .....	47
Tabel 4. 6 Kadar Aspal Optimum .....	49
Tabel 4. 7 Perbandingan Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Penambahan PET (Polyethylene Terephthalate) .....	49
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Durabilitas Aspal Porus dengan Campuran PET .....	53
Tabel 4. 9 Indeks Durabilitas Pertama (IDP) atau r .....	54
Tabel 4. 10 Kehilangan Kekuatan Selama Satu Hari (a) .....	55
Tabel 4. 11 Kekuatan Sisa Selama Satu Hari (Sa) .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Tipikal macam-macam Gradasi Agregat.....	12
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Lanjutan diagram alir penelitian .....	20
Gambar 3. 3 Laboratorium inti jalan raya.....	20
Gambar 3. 4 Agregat kasar.....	21
Gambar 3. 5 Agregat halus.....	21
Gambar 3. 6 Filler .....	22
Gambar 3. 7 Aspal penetrasi 60/70 .....	22
Gambar 3. 8 Plastik PET .....	23
Gambar 3. 9 Satu set alat saringan .....	23
Gambar 3. 10 Satu set aggregate impact machine .....	24
Gambar 3. 11 Alat uji marshall .....	25
Gambar 3. 12 Mesin loss angeles.....	25
Gambar 3. 13 Alat uji asphalt flow down .....	26
Gambar 3. 14 Rencana gradasi campuran aspal porus.....	30
Gambar 4. 1 Hubungan kadar aspal PET 0% dengan nilai VIM .....	42
Gambar 4. 2 Hubungan kadar aspal PET 0% dengan nilai cantabro loss .....	42
Gambar 4. 3 Hubungan kadar aspal PET 0% dengan nilai asphalt flow down ....	43
Gambar 4. 4 Hubungan kadar aspal PET 5% dengan nilai VIM .....	44
Gambar 4. 5 Hubungan kadar aspal PET 5% dengan nilai cantabro loss .....	44
Gambar 4. 6 Hubungan kadar aspal PET 5% dengan nilai asphalt flow down ....	45
Gambar 4. 7 Hubungan kadar aspal PET 7,5% dengan nilai VIM .....	46
Gambar 4. 8 Hubungan kadar aspal PET 7,5% dengan nilai cantabro loss .....	46
Gambar 4. 9 Hubungan kadar aspal PET 7,5% dengan nilai asphalt flow down .	47
Gambar 4. 10 Hubungan kadar aspal PET 15% dengan nilai VIM .....	48

Gambar 4. 11 Hubungan kadar aspal PET 15% dengan nilai cantabro loss .....	48
Gambar 4. 12 Hubungan kadar aspal PET 15% dengan nilai asphalt flow down	48
Gambar 4. 13 Grafik Stabilitas Terhadap Penambahan PET .....	50
Gambar 4. 14 Grafik Flow Terhadap Penambahan PET .....	50
Gambar 4. 15 Grafik VIM Terhadap Penambahan PET .....	51
Gambar 4. 16 Grafik Cantabro Loss Terhadap Penambahan PET .....	52
Gambar 4. 17 Grafik Asphalt Flow Down Terhadap Penambahan PET .....	52
Gambar 4. 18 Kurva Hubungan Penambahan PET dengan IDP .....	54
Gambar 4. 19 Kurva Hubungan Penambahan PET dengan Kehilangan Kekuatan (a) .....	55
Gambar 4. 20 Kurva Hubungan Penambahan PET Terhadap Kekuatan Sisa Selama Satu Hari (Sa) .....	56

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik di dunia terus meningkat, termasuk di Indonesia. Hal ini menyebabkan peningkatan volume sampah plastik dari tahun ke tahun. Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari menyebabkan timbunan sampah yang menyebabkan permasalahan baru karena plastik sulit terurai. Perlu ratusan tahun agar plastik dapat terurai oleh alam. Bahkan ketika plastik telah terurai menjadi microplastic pun masih berbahaya bagi kehidupan makhluk di bumi ini. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS 2021) produksi limbah plastik di Indonesia mencapai 66 juta ton per tahun dimana sekitar 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang berakhir terbuang ke laut.

Diantara dari jenis sampah plastik dengan tingkat daur ulang paling tinggi yaitu plastik *polyethylene terephthalate* (PET) sekitar 23%. Salah satu pemanfaatan dari limbah plastik PET ini ialah dengan memanfaatkannya dalam bidang konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya dengan menjadikan limbah plastik PET sebagai bahan campuran pada aspal. (Asrar 2007) dalam tesisnya menyimpulkan bahwa penambahan plastik dalam aspal akan memberikan pengaruh yang baik terhadap sifat-sifat aspal.

Di sisi lain Indonesia termasuk negara yang memiliki intensitas curah hujan yang tinggi. Salah satu akibatnya adalah menimbulkan genangan air di area permukaan jalan. Air tersebut menggenang beberapa saat sebelum mengalir kedalam saluran drainase. Genangan air ini menjadi penyebab pengguna jalan



raya menjadi tidak nyaman dan tidak aman. Genangan air yang menggenang terlalu lama diatas permukaan jalan dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan raya. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dikembangkan perkerasan wearing course yang dapat meloloskan air yang dikenal dengan aspal porus. Pemanfaatan aspal porus sebagai lapisan permukaan jalan dapat menjadi solusi untuk menghindari genangan air di permukaan jalan.

Aspal porus merupakan campuran aspal yang memiliki ruang pori yang tinggi jika dibandingkan dengan jenis perkerasan aspal konvensional. Porositas yang tinggi dikarenakan campuran aspal porus didominasi oleh agregat kasar dan kadar pasir yang rendah dalam campurannya. Namun porositas aspal porus yang tinggi berpengaruh langsung pada umur pelayanan aspal porus, dimana umur pelayanan aspal porus lebih pendek daripada perkerasan konvensional. Hal ini disebabkan karena struktur yang lebih berpori/porositas yang tinggi sehingga stabilitasnya kecil Takahashi et al (1999). Selain stabilitas yang lebih rendah, kelemahan penggunaan aspal porus sebagai perkerasan jalan adalah adanya penyumbatan berupa pasir ataupun tanah yang dapat mengisi rongga pori. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah adanya pengisi rongga pori berupa pasir dan tanah berpengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik aspal porus itu sendiri. Karena itu diperlukan penggunaan modifikasi aspal yang diharapkan dapat meningkatkan stabilitas aspal porus, sehingga aspal porus diharapkan memiliki kinerja yang lebih baik.

Campuran beraspal porus ini umumnya sangat tergantung dari mutu aspal sebagai bahan pengikat agregat, sehingga diperlukan aspal hasil modifikasi. Menurut Anonim (2004) Aspal modifikasi adalah aspal yang dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah, penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat fisis aspal antara lain penetrasi, kekentalan (viskositas), dan titik leleh. Salah satu alternatif penanggulangan langkanya aspal modifikasi ini adalah dengan pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan pengikat aspal.

Mengacu pada berbagai permasalahan diatas, maka perlu dilakukan penelitian terhadap Durabilitas campuran *Porous Asphalt* dengan limbah plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) sebagai bahan pengikat pada aspal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Tingginya intensitas hujan di Indonesia mengakibatkan timbulnya genangan air di permukaan jalan yang kemudian dapat mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan raya ditambah lagi dengan banyaknya truk bermuatan besar yang melintas sehingga berpengaruh pada stabilitas aspal. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dikembangkan perkerasan wearing course yang dapat meloloskan air yang dikenal dengan aspal porus. Namun, aspal porus sendiri masih memiliki kelemahan yaitu stabilitas yang rendah, untuk mengatasi hal ini maka aspal akan diberi campuran plastik PET dalam penelitian ini yang diharapkan akan meningkatkan stabilitasnya dan kemudian dilakukan perendaman selama 0 menit, 30 menit, 1 hari, 7 hari dan 14 hari untuk mengetahui durabilitas dari campuran aspal porus dengan plastik PET sebagai bahan tambahan pada aspal.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) terhadap durabilitas campuran *Porous Asphalt*.

## 1.4 Batasan Penelitian

Berikut adalah batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:

- a. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- b. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.

- c. Campuran aspal yang digunakan adalah campuran aspal porus (*porous asphalt*).
- d. Lapisan aspal yang digunakan adalah lapisan campuran *Porous Asphalt*.
- e. Bahan *additive* aspal yang digunakan adalah plastik *Polietilena Tereftalat* (PET).
- f. Penambahan plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) pada kadar aspal yaitu sebesar 0%, 5% dan 15%.
- g. Penelitian ini didasarkan pada pengujian *marshall* untuk mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) yaitu pada nilai stabilitas, IKS (Indeks Kekuatan Sisa), IDP (Indeks Durabilitas Pertama), *flow*, *VIM*, dan *VMA*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- a. Dapat mengoptimalkan limbah plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) sebagai bahan *additive* untuk campuran aspal.
- b. Sebagai inovasi dalam bidang infrastruktur jalan dengan penggunaan limbah plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) pada campuran *Porous Asphalt*.
- c. Untuk mengetahui perbandingan durabilitas campuran aspal dengan plastik *Polietilena Tereftalat* (PET) sebagai bahan tambahan pada aspal.

## 1.6 Sistematika Penulisan

### 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 yang diperoleh 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**

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

### **V. Kesimpulan dan Saran**

Bab ini akan 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 Campuran Aspal Porus

Aspal porus atau aspal berpori merupakan campuran beraspal yang menggunakan gradasi terbuka dan terletak diatas lapisan kedap air (Ramadhan, 2017). Gradasi yang digunakan memiliki fraksi agregat kasar berkisar 70-85% dan agregat halus berkisar antara 15-30% dari berat total campuran. Aspal porus digunakan sebagai lapisan permukaan jalan raya yang melayani lalu lintas sedang. Aspal porus berfungsi sebagai pendukung beban lalu lintas, dan drainase, dan juga aspal porus diletakkan pada permukaan lapis perkerasan yang kedap air (Affan, 2006).

Menurut Zulkarnain, (2001). Campuran aspal porus merupakan campuran beraspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi wearing course. Jenis konstruksi ini direncanakan khusus supaya sesudah penghamparan dan pemadatan dilapangan mempunyai rongga udara sebesar 15%-25%, sehingga jenis konstruksi ini memiliki sifat permeabilitas baik. Persentase rongga udara yang sangat besar merupakan jaringan drainase didalam lapisan perkerasan, yang dapat mengalirkan air hujan mulai dari turun hujan sampai meresap ke dalam perkerasan dan mengalir ke saluran samping.

Menurut Falderika (2014) terdapat beberapa kekurangan yang dimiliki oleh campuran aspal porus ini, diantaranya adalah :

- a) Stabilitas yang rendah
- b) Membutuhkan biaya yang mahal

- c) Mempunyai durabilitas yang rendah sehingga umur layan dari perkerasan tersebut berkisar 7 hingga 10 tahun
- d) Peluang terjadinya pelapukan pada perkerasan sangat tinggi
- e) Bahaya penguraian perkerasan.

Campuran aspal porus memerlukan suatu pengikat bagus agar campuran memiliki nilai stabilitas yang baik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Bitu 2018) pengaruh penggunaan polimer PET terhadap aspal porus yaitu dengan adanya penambahan polimer PET membuat karakteristik aspal porus menjadi lebih baik namun pada penelitian ini variasi kadar polimer yang digunakan hanya 0%, 1% dan 3%, dengan adanya sedikit kadar polimer yang digunakan menyebabkan aspal porus kurang kuat.

Bahan-bahan penyusun aspal porus sama dengan bahan penyusun perkerasan jalan lainnya yaitu *binder* (pengikat), agregat dan *filler* (pengisi). Berikut persyaratan dari masing-masing bahan penyusun tersebut.

### **2.1.1. Aspal**

Menurut SNI 2432-2011, aspal keras adalah aspal yang bersifat viskoelastik baik berupa aspal alam atau aspal modifikasi (aspal yang diberi bahan tambah seperti polimer). Aspal keras dapat dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasinya pada temperatur ruang ( $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ ), yaitu: pen 40/50, pen 60/70, pen 85/100, pen 120/150, pen 200-300. Semakin kecil angka penetrasi maka aspal akan semakin keras, semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu yang lebih tinggi agar aspal dapat menjadi lunak atau cair. Sebaliknya semakin tinggi angka penetrasi maka aspal akan mudah encer. Di Indonesia aspal yang sering digunakan adalah aspal pen 60/70.

Tabel 2. 1 Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi

No	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60- 70	Tipe II Aspal Modifikasi Elastomer	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	(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) <sup>(3)</sup>	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	(2)	
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
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	-	-
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :</b>					
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
<b>Residu aspal segar setelah P AV (SNI 0 3-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa</b>					
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.

Catatan :

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan pada pasal 6.3.2.6.a. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan aspal dengan penetrasi  $\geq 50$  adalah  $\pm 4(0,1 \text{ mm})$  dan untuk aspal keras penetrasi  $< 50$  adalah  $\pm 2(0,1 \text{ mm})$ , masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan pada pasal 6.3.2.6.a. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

#### **2.1.2. Agregat kasar**

Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran butiran lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm) dan dilakukan pengayakan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

#### **2.1.3. Agregat Halus**

Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm). Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel.

#### **2.1.4. Filler**

Filler (bahan pengisi) yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SK SNI M- 02-1994-03 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (0,074 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (Bina Marga,2006).



Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Kasar

<b>Pengujian</b>	<b>Metode Pengujian</b>	<b>Nilai</b>
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	Maks. 12%
	magnesium sulfat	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin los angeles (1)	Campuran AC modifikasi dan SMA	Maks. 6%
	100 putaran	Maks. 30%
	500 putaran	Maks. 8%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	100/90 **)
	Lainnya	95/90 **)
Partikel pipih dan lonjong	SMA	Maks. 5%
	Lainnya	ASTM D4791-10 perbandingan 1 : 5
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus

<b>Pengujian</b>	<b>Metoda Pengujian</b>	<b>Nilai</b>
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

Tabel 2. 4 Ketentuan Filler

<b>Ukuran Saringan</b>	<b>%Berat yang lolos</b>
No.200 (0,074 mm)	Min. 75%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal porus yang dikutip dari AAPA (2004) disajikan pada tabel 2.5. dibawah ini.

Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Saringan		Berat yang Lolos (%)	
mm	in	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 14 mm
19,000	3/4"	100	100
12,700	1/2"	100	85 – 100
9,530	3/8"	85 – 100	45 – 70
4,760	No. 4	20 – 45	10 – 25
2,380	No. 8	10 – 20	7 – 15
1,190	No. 16	6 – 14	6 – 12
0,595	No. 30	5 – 10	5 – 10
0,297	No. 50	4 – 8	4 – 8
0,149	No. 100	3 – 7	3 – 7
0,074	No. 200	2 – 5	2 – 5
Total		100	100
Kadar Aspal		5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

Sumber: Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004

## 2.2 Gradasi Agregat Aspal Porus

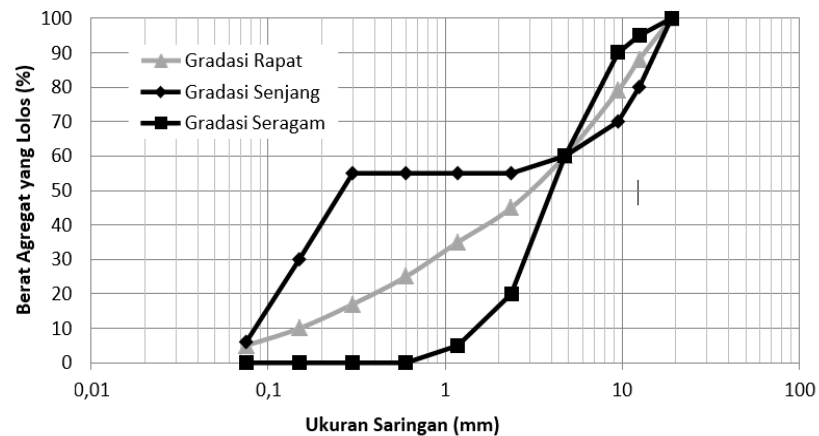
Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Sukirman 2016). Sedangkan Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan pengerjaan dan stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan oleh 11 saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Gradasi agregat memiliki satuan dalam persentase tertahan ataupun persentase lolos yang dihitung dari berat agregat (Juharni 2015). Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

### a) Gradasi Seragam (*Uniform Graded*) atau Gradasi Terbuka

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/ruang kosong antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam

menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

- b) Gradasi Rapat (*Dense Graded*) atau Gradasi Baik (*Well Graded*) Merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang dan akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi.
- c) Gradasi Buruk (*Poorly Graded*) atau Gradasi Senjang Adalah campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori diatas. Agregat begradasi buruk yang umum digunakan yaitu gradasi celah (*gap graded*) yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi sedikit sekali.



Gambar 2. 1 Contoh Tipikal macam-macam Gradasi Agregat

Gradasi agregat campuran aspal pori gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat dengan ukuran hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil. Persyaratan dan sifat-sifat teknis agregat pada campuran aspal pori seperti yang ditentukan oleh spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 1997). Spesifikasi gradasi agregat untuk campuran aspal porus dapat dilihat dalam tabel 2.6 pada halaman selanjutnya.

Tabel 2. 6 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal Porus

Ukuran Saringan		Berat yang Lolos (%)	
mm	in	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 14 mm
19,000	3/4"	100	100
12,700	1/2"	100	85 – 100
9,530	3/8"	85 – 100	45 – 70
4,760	No. 4	20 – 45	10 – 25
2,380	No. 8	10 – 20	7 – 15
1,190	No. 16	6 – 14	6 – 12
0,595	No. 30	5 – 10	5 – 10
0,297	No. 50	4 – 8	4 – 8
0,149	No. 100	3 – 7	3 – 7
0,074	No. 200	2 – 5	2 – 5
Total		100	100
Kadar Aspal		5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

### 2.3 Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang memiliki sifat-sifat unik dan luar biasa (Mujiarto, 2005). Polimer merupakan bahan yang disusun dari unit molekul yang disebut monomer. Untuk polimer yang disusun dari monomer sejenis disebut homopolimer dan polimer yang disusun dari monomer yang berbeda disebut kopolimer. Plastik dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu:

#### a. Plastik *Thermoplast*

Plastik jenis ini merupakan plastik yang dapat didaur ulang atau dicetak berkali kali dengan adanya panas. Yang termasuk plastik jenis ini antara lain PP, PET, PC, ABS dan lain-lain.

#### b. Plastik *Thermoset*

Plastik jenis ini merupakan plastik yang tidak bisa didaur ulang apabila sudah mengalami kondisi tertentu karena bangun polimernya berbentuk jaringan 3 dimensi. Yang termasuk plastik jenis ini adalah polyester, epoksi, dan lain-lain.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan tipe plastik lunak bersifat jernih dan transparan, tipe plastik terbaik untuk digunakan sebagai kemasan makanan dan minuman, melunak pada suhu 180C dan mencair

dengan sempurna pada suhu 200C. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki oleh plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) pengolahan yang paling tepat adalah dengan teknik pemanasan karena tipe plastik ini dapat dibentuk kembali dengan mudah dan diproses menjadi bentuk lain (Okatama 2016).

Plastik PET memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, transparan, bersifat tidak beracun, dan tidak pengaruh pada rasa dan permeabilitas yang dapat diabaikan untuk karbon dioksida. Plastik PET memiliki kekuatan tarik dan kekuatan impak yang sangat baik, begitu juga dengan ketahanan kimia, *clarity*, *processability*, kemampuan warna dan stabilitas termalnya menurut (Okatama 2016).

## 2.4 Pengujian Aspal Porus

Kinerja aspal porous diperoleh melalui hasil pengujian karakteristik campuran beraspal. Spesifikasi untuk aspal porous dibatasi nilai-nilai dapat di lihat pada tabel 2.7 di bawah ini.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Aspal Porus

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Koefisien Permeabilitas	0,1 – 0,5 cm/s
2	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
3	Kelelahan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 6
4	Kekakuan <i>Marshall</i> (MQ kg/mm)	Maks. 400
5	Kadar Rongga di Dalam Campuran (VIM %)	18 – 25
6	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	Maks. 35
7	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Maks. 0,3
8	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

*Sumber: Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004*

### 2.4.1. *Marshall Test*

Uji *Marshall* dilakukan untuk menentukan stabilitas, *flow*, dan *Marshall quotient*. Angka-angka stabilitas benda uji didapat dari pembacaan alat tekan *Marshall*. Angka stabilitas ini masih dikoreksi lagi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Angka *flow* dibaca dari pembacaan arloji

yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan panjang (mm). *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas dan *flow*, yang nilainya merupakan indikator dari kelenturan yang potensial terhadap keretakan.

#### 2.4.2. Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam mempertahankan diri dari kerusakan yang terjadi selama umur rencana. Kerusakan dapat terjadi karena pengaruh lalu lintas serta pengaruh buruk dari lingkungan dan iklim (cuaca, air, dan temperatur). Faktor yang mempengaruhi durabilitas adalah :

- Film aspal atau selimut aspal, lapis aspal yang berdurabilitas tinggi dapat dihasilkan oleh film aspal yang tinggi, tetapi memungkinkan terjadi *bleeding* yang bertambah tinggi.
- *Void In Mix* (VIM) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- *Void in Mineral Aggregate* (VMA) besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadi *bleeding* besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

Beberapa peneliti melakukan penelitian tingkat keawetan dengan pengujian masa perendaman yang lebih lama. Craus, J. et al (1981) menyatakan bahwa kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman. Dalam penelitiannya Craus, J. et al (1981) memperkenalkan 2 macam indeks keawetan yaitu Indeks Durabilitas Pertama (IDP) yang kemudian dilanjutkan dengan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) untuk mendapatkan pemahaman yang lebih detail tentang durabilitas campuran aspal setelah perendaman.

### Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama didefinisikan sebagai kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Indeks durabilitas pertama menunjukkan hilangnya persentase kekuatan selama perendaman, baik itu dalam durasi hari atau jam. Nilai positif (+) yang diperoleh pada indeks durabilitas pertama ( $r$ ) menunjukkan penurunan persentase indeks durabilitas campuran, sedangkan nilai negatif (-) yang diperoleh menunjukkan meningkatnya persentase indeks durabilitas campuran. Semakin landai penurunan nilai IDP maka semakin kecil kehilangan kekuatan dan semakin curam penurunan nilai IDP maka semakin besar kehilangan kekuatan atau semakin sensitif terhadap perendaman.

Indeks Durabilitas pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Craus, 1981):

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - (S_{i+1})}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

$r$  = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

$S_{i+1}$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$  (%)

$S_i$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$  (%)

$t_i, t_{i+1}$  = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Indeks daya tahan pertama dapat dijelaskan sehubungan dengan nilai absolut dari kehilangan bobot dalam kekuatan ( $R$ ) seperti ditunjukkan dalam Persamaan 2.

$$R = \frac{r}{100} S_0 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

$r$  = Indeks daya tahan pertama (%)

$S_0$  = Persentase kekuatan awal (%)

### Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Menurut Craus *et al* mendefinisikan indeks daya tahan kedua (a) sebagai rata-rata area kekuatan tertutup antara kurva daya tahan dan garis  $S_0=100\%$  menggunakan Persamaan 4. Indeks IDK dapat

didefinisikan sebagai persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari ( $S_a$ ), nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan ( $A$ ), nilai absolut kekuatan sisa ( $S_a$ ) berturut-turut pada rumus (5),(6),(7) sebagai berikut:

$$a = \frac{1}{t_n} \dots \sum_{i=1}^n a_i \text{ atau } = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots \dots (4)$$

Keterangan:

$S_{i+1}$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$

$S_i$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$

$t_{i+1}$  = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

$t_n$  = Total waktu perendaman

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. ‘a’ bernilai positif menggambarkan kehilangan kekuatan, sedangkan ‘a’ bernilai negatif menggambarkan penambahan kekuatan. Semakin kecil nilai IDK maka semakin kecil kehilangan kekuatan dan semakin besar nilai IDK maka semakin besar pula kehilangan kekuatannya atau semakin tidak  *durable*. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai  $a < 100$ . Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari  $\overline{S_a}$  sebagai berikut:

$$\overline{S_a} = (100 - a) \dots \dots \dots (5)$$

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \dots \dots \dots (6)$$

$$\overline{S_a} = (S_o - A) \dots \dots \dots (7)$$

**2.4.3. Densitas**

Densitas menunjukkan kepadatan pada campuran perkerasan. Gradasi agregat, kadar aspal dan pemadatan akan mempengaruhi tingkat kepadatan perkerasan lentur. Semakin tinggi kepadatan aspal porus, maka nilai stabilitasnya semakin tinggi

**2.4.4. Porositas**

Porositas adalah kandungan udara yang terdapat pada campuran perkerasan. Berfungsi untuk mengalirkan air permukaan secara sempurna



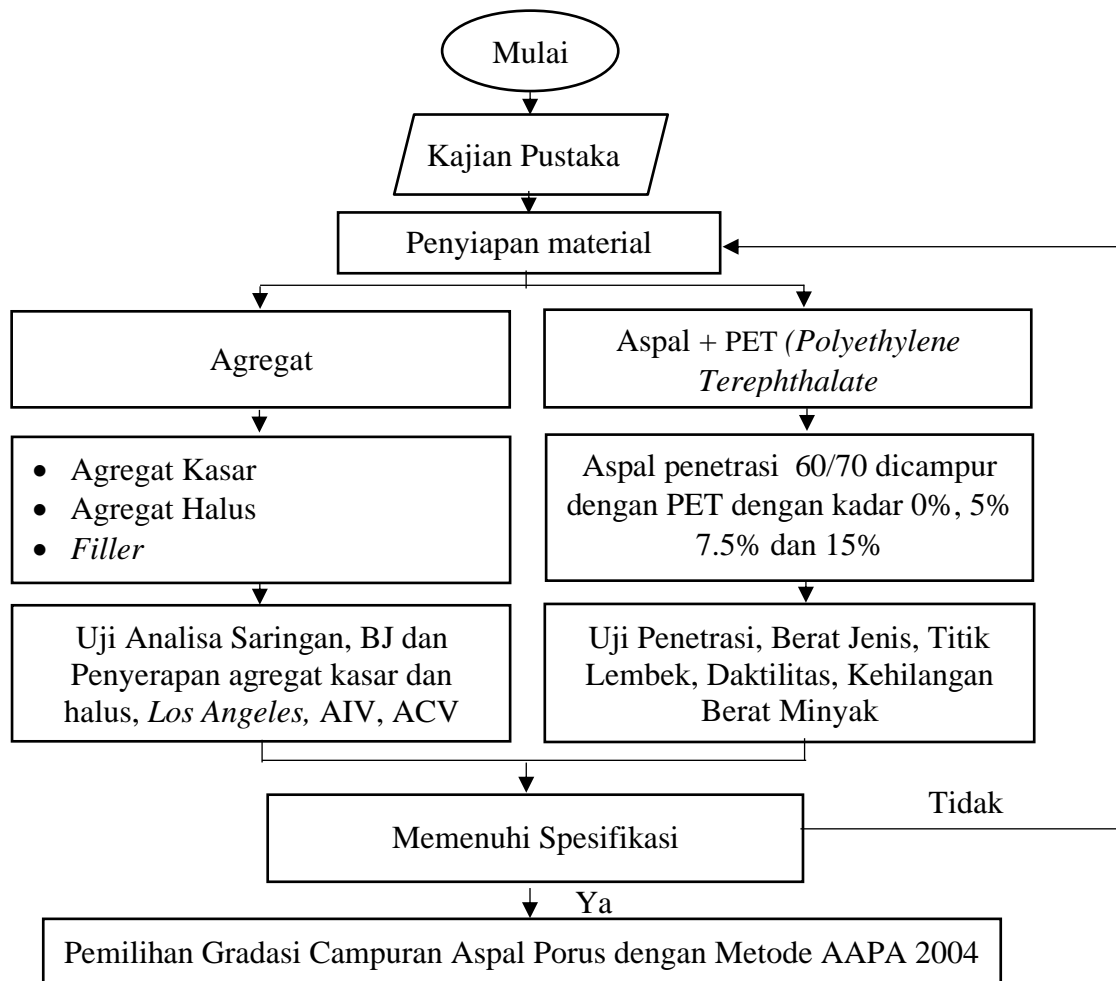
khusus untuk aspal porus sedangkan untuk jenis perkerasan yang lain diharuskan kedap air.

#### **2.4.5. *Cantabro Loss***

*Cantabro loss* adalah proses berkurangnya berat sampel akibat pengaruh tumbukan yang terjadi dalam mesin Los Angeles Abrasion Test. Nilai *Cantabro Loss* meningkat sesuai dengan peningkatan proporsi agregat kasar. Hal ini terjadi karena bertambahnya proporsi agregat kasar akan mengakibatkan kurang kuatnya ikatan antar butiran.

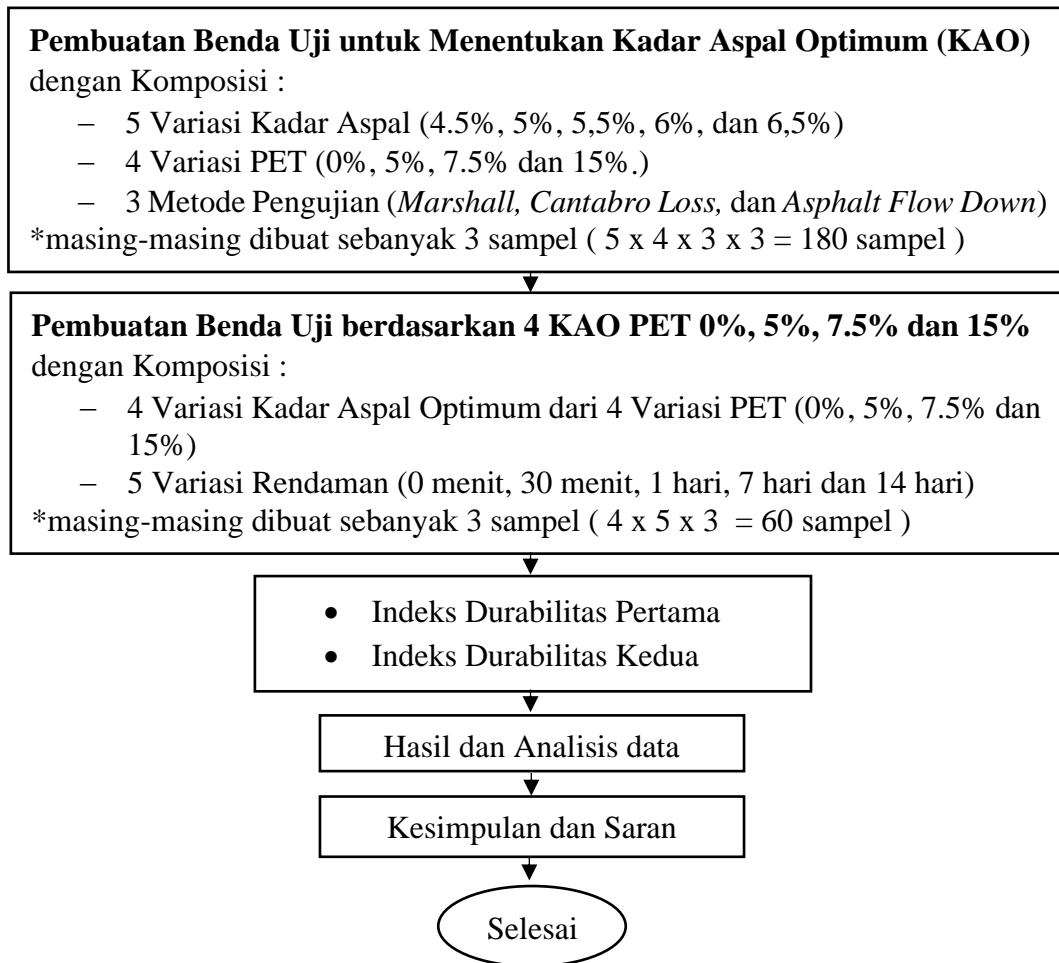
### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

Lanjutan diagram alir penelitian terdapat pada gambar 3.2 di halaman selanjutnya.



Gambar 3. 2 Lanjutan diagram alir penelitian

### 3.2 Lokasi Penelitian

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



Gambar 3. 3 Laboratorium inti jalan raya

### 3.3 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) berasal dari Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung seperti terlihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 4 Agregat kasar

#### 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) berasal dari Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung seperti terlihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3. 5 Agregat halus

3. *Filler* atau material lolos saringan No.200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu. *Filler* dapat dilihat pada gambar 3.6 di bawah ini.



Gambar 3. 6 *Filler*

4. Aspal yang digunakan pada penelitian ini aspal keras dengan penetrasi 60/70 seperti terlihat pada gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3. 7 Aspal penetrasi 60/70

5. Bahan tambah berupa PET (*Polyethylene Terephthalate*) seperti terlihat pada gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3. 8 Plastik PET

### 3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

Penggunaan alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat menurut ukurannya. Satu set alat saringan dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3. 9 Satu set alat saringan

#### 2. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

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



Gambar 3. 10 Satu set *aggregate impact machine*

### 3. 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 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. *Marshall Automatic Compactor* yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 50 kali tumbukan untuk tiap sisi (atas dan bawah).
- e. *Ejector* untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- f. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan suhu pengatur.
- g. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan, pencampur, kompor pemanas, thermometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, ember untuk merendam benda uji, jangka sorong, pan, dan *tipe-x* yang digunakan untuk menandai benda uji.



Gambar 3. 11 Alat uji *marshall*

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

#### 4. Alat Uji *Cantabro Loss*

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan benda uji *Cantabro Loss* adalah peralatan yang sama dengan pembuatan benda uji *Marshall*. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pengujian *Cantabro Loss* adalah mesin *Los Angeles* tanpa bola baja dan timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gr. mesin *Los Angeles* untuk pengujian *Cantabro Loss* dapat dilihat pada gambar 3.12 di bawah ini.



Gambar 3. 12 Mesin *loss angeles*



### 5. Alat Uji *Asphalt Flow Down*

Peralatan yang digunakan untuk pengujian *Asphalt Flow Down* antara lain:

- a. Nampan dengan ukuran permukaan 20 x 40 cm.
- b. Kertas Alumunium Foil.
- c. Timbangan digital dengan ketelitian 0,001 gr.
- d. Alat pengering berupa *oven*.
- e. Alat-alat untuk mencampurkan bahan-bahan yaitu kompor, penggorengan, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, dan kain lap.



Gambar 3. 13 Alat uji *asphalt flow down*

## 3.5 Prosedur Penelitian

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

### 3.5.1. Studi Literatur

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

### 3.5.2. Pengambilan Bahan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan proses penyiapan bahan dan pengecekan peralatan yang akan digunakan. Persiapan bahan meliputi agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal penetrasi 60/70, dan bahan tambahan yaitu plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang akan dicacah kecil-kecil

dengan ukuran  $\pm 1$  cm, dan semua bahan yang dibutuhkan, lalu dilakukan pengujian dan penelitian.

### 3.5.3. Pengujian Bahan

Pengujian terhadap sifat material pembentuk bahan perkerasan, agar bahan material tersebut sesuai dengan standar/spesifikasi yang disyaratkan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat per saringan agar dapat digunakan kembali menjadi bahan campuran perkerasan yang baru dan dikombinasikan dengan penambahan bahan agregat baru.

#### 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 seperti terdapat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

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.*

Hasil pengujian agregat yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Lampung dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Hasil Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
A	Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,6620
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6699
3	Berat jenis semu		>2,5	2,6831
4	Penyerapan	%	<3	0,2960
B	Agregat Halus (SNI 03-1969-1990)			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm	>2,5	2,6273
2	Berat jenis SSD		>2,5	2,6573
3	Berat jenis semu		>2,5	2,7084
4	Penyerapan	%	<3	1,1409
C	<i>Los Angeles Test</i> (SNI 03-2417:2008)	%	Maks 40	15,772
D	<i>Aggregate Impact Value</i> (BS 812:part 3 : 1975)	%	Maks 30	6,013
E	<i>Aggregate Crushing Value</i> (BS 812:part 3 : 1975)	%	Maks 30	0,91

## 2. Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Standar pengujian aspal seperti terdapat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 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
5	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991

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

Hasil pengujian aspal yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.4 di halaman selanjutnya.

Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Metode Uji	Syarat	Kadar PET	Hasil
Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	SNI-06-2441- 1991	≥1	0%	1,0148
			5%	1,0416
			7,5%	1,0514
			15%	1,0912
Penetrasi (mm)	SNI-06-2456- 1991	60-70	0%	65
			5%	46
			7,5%	42
			15%	27
Daktilitas (cm)	SNI-06-2432- 1991	≥100	0%	132
			5%	90
			7,5%	70
			15%	43
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48	0%	51,5
			5%	55,5
			7,5%	56,5
			15%	61,5

### 3.5.4. Perancangan Campuran Benda Uji

Sebelum pembuatan benda uji perlu ditentukan gradasi agregat yang akan direncanakan sesuai spesifikasi AAPA 2004.

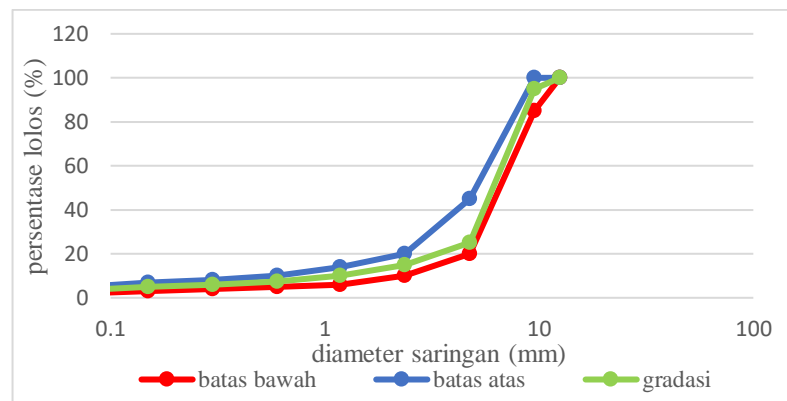
#### 3.5.4.1 Perancangan Gradasi Agregat

Rencana gradasi agregat campuran aspal porus menggunakan batas tengah sesuai dengan gradasi yang disyaratkan oleh AAPA 2004. Adapun rencana gradasi agregat campuran aspal porus dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.14 di halaman selanjutnya.

Tabel 3. 5 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus

Ukuran Saringan (mm)	Agregat Maksimum 10 mm		
	Spesifikasi % Berat Lolos (AAPA, 2004)	% Berat yang Lolos	Spesifikasi % Berat Lolos (AAPA, 2004)
19,000	100	19,000	100
12,700	100	12,700	100
9,530	85 – 100	9,530	85 – 100
4,760	20 – 45	4,760	20 – 45
2,380	10 – 20	2,380	10 – 20
1,190	6 – 14	1,190	6 – 14
0,595	5 – 10	0,595	5 – 10
0,297	4 – 8	0,297	4 – 8
0,149	3 – 7	0,149	3 – 7
0,074	2 – 5	0,074	2 – 5
Pan			Pan

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*



Gambar 3. 14 Rencana gradasi campuran aspal porus.

### 3.5.4.2 Perhitungan Komposisi Gradasi Campuran Aspal Porus

Berdasarkan AAPA (2004), kadar aspal untuk agregat ukuran maksimum 10 mm pada kisaran 4,5% - 6,5% terhadap berat total campuran. Maka pengujian KAO digunakan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% terhadap berat total campuran. Berikut tabel 3.6 sampai tabel 3.10 detail kebutuhan agregat di setiap kadar aspal.

Tabel 3. 6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 4,5%

Ø Saringan (mm)	spesifikasi AAPA 2004		jumlah		jumlah tertahan sebelum di oven (gr)
	Batas Bawah	Batas Atas	lolos (%)	tertahan (%)	
19	100	100	100	0	0,00
12,5	100	100	100	0	0,00
9,5	85	100	95	5	50,14
4,75	20	45	25	70	701,93
2,36	10	20	15	10	100,28
1,18	6	14	10	5	50,14
0,6	5	10	7,5	2,5	25,07
0,3	4	8	6	1,5	15,04
0,15	3	7	5	1	10,03
0,075	2	5	3,5	1,5	15,04
Pan	-	-	-	3,5	35,10

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

Tabel 3. 7 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5%

Ø Saringan (mm)	spesifikasi AAPA 2004		jumlah		jumlah tertahan sebelum di oven (gr)
	Batas Bawah	Batas Atas	lolos (%)	tertahan (%)	
19	100	100	100	0	0,00
12,5	100	100	100	0	0,00
9,5	85	100	95	5	49,88
4,75	20	45	25	70	698,25
2,36	10	20	15	10	99,75
1,18	6	14	10	5	49,88
0,6	5	10	7,5	2,5	24,94
0,3	4	8	6	1,5	14,96
0,15	3	7	5	1	9,98
0,075	2	5	3,5	1,5	14,96
Pan	-	-	-	3,5	34,91

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

Tabel 3. 8 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5%

Ø Saringan (mm)	spesifikasi AAPA 2004		jumlah		jumlah tertahan sebelum di oven (gr)
	Batas Bawah	Batas Atas	lolos (%)	tertahan (%)	
19	100	100	100	0	0,00
12,5	100	100	100	0	0,00
9,5	85	100	95	5	49,61
4,75	20	45	25	70	694,58
2,36	10	20	15	10	99,23
1,18	6	14	10	5	49,61
0,6	5	10	7,5	2,5	24,81
0,3	4	8	6	1,5	14,88
0,15	3	7	5	1	9,92
0,075	2	5	3,5	1,5	14,88
Pan	-	-	-	3,5	34,73

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

Tabel 3. 9 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6%

Ø Saringan (mm)	spesifikasi AAPA 2004		jumlah		jumlah tertahan sebelum di oven (gr)
	Batas Bawah	Batas Atas	lolos (%)	tertahan (%)	
19	100	100	100	0	0,00
12,5	100	100	100	0	0,00
9,5	85	100	95	5	49,35
4,75	20	45	25	70	690,90
2,36	10	20	15	10	98,70
1,18	6	14	10	5	49,35
0,6	5	10	7,5	2,5	24,68
0,3	4	8	6	1,5	14,81
0,15	3	7	5	1	9,87
0,075	2	5	3,5	1,5	14,81
Pan	-	-	-	3,5	34,55

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

Tabel 3. 10 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5%

Ø Saringan (mm)	spesifikasi AAPA 2004		jumlah		jumlah tertahan sebelum di oven (gr)
	Batas Bawah	Batas Atas	lolos (%)	tertahan (%)	
19	100	100	100	0	0,00
12,5	100	100	100	0	0,00
9,5	85	100	95	5	49,09
4,75	20	45	25	70	687,23
2,36	10	20	15	10	98,18
1,18	6	14	10	5	49,09
0,6	5	10	7,5	2,5	24,54
0,3	4	8	6	1,5	14,73
0,15	3	7	5	1	9,82
0,075	2	5	3,5	1,5	14,73
Pan	-	-	-	3,5	34,36

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*

#### 3.5.4.3 Perancangan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association*, 2004 dengan cara menuangkan hasil dari pengujian kedalam grafik garis berupa hubungan antara variasi kadar aspal dengan metode pengujian. Penentuan KAO dengan metode ini mensyaratkan tiga parameter yaitu VIM, *Cantabro Loss* dan *Asphalt Flow Down* yang terdapat pada tabel 3.11 di bawah ini.

Tabel 3. 11 Parameter Perencanaan KAO Campuran Aspal Porus

No	Spesifikasi	Syarat
1	Kadar Rongga Udara (VIM %)	18 - 25
2	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	≤ 35
3	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	≤ 0,3

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004*



### 3.5.4.4 Variasi Pencampuran Aspal dengan PET

Penelitian ini dilakukan dengan 3 (tiga) variasi campuran menggunakan aspal pen 60/70 dengan tambahan PET. Variasi campuran ditunjukkan pada Tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3. 12 Variasi Campuran Aspal Porus dengan PET

No	Variasi Campuran	Komposisi Campuran
1	Aspal Porus – 1	Campuran aspal porus dengan penambahan PET 0%
2	Aspal Porus – 2	Campuran aspal porus dengan penambahan PET 5%
3	Aspal Porus – 3	Campuran aspal porus dengan penambahan PET 7,5%
4	Aspal Porus – 4	Campuran aspal porus dengan penambahan PET 15%

### 3.5.4.5 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO

Pada penelitian ini dibutuhkan 4 nilai KAO berdasarkan masing-masing kadar plastik 0%, 5%, 7,5% dan 15%. benda uji yang dibutuhkan untuk memperoleh 1 nilai KAO sebanyak 45 benda uji berdasarkan 3 pengujian yaitu *marshall*, *cantabro loss*, dan *asphalt flow down*. Maka total benda uji yang harus dibuat untuk mendapatkan 4 nilai KAO sebanyak 180 benda uji.

Tabel 3. 13 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO

Variasi Kadar Aspal (%)	Metode Pengujian	Jumlah Benda Uji			
		PET 0%	PET 5%	PET 7,5%	PET 15%
4,5	Marshall	3	3	3	3
	Asphalt Flow Down	3	3	3	3
	Cantabro Loss	3	3	3	3
5	Marshall	3	3	3	3
	Asphalt Flow Down	3	3	3	3
	Cantabro Loss	3	3	3	3
5,5	Marshall	3	3	3	3
	Asphalt Flow Down	3	3	3	3
	Cantabro Loss	3	3	3	3
6	Marshall	3	3	3	3
	Asphalt Flow Down	3	3	3	3
	Cantabro Loss	3	3	3	3
6,5	Marshall	3	3	3	3
	Asphalt Flow Down	3	3	3	3
	Cantabro Loss	3	3	3	3
Jumlah		45	45	45	45
Total		180 Buah			

### 3.5.5. Pembuatan Benda Uji Untuk Mencari KAO

#### 1. Benda Uji *Marshall* dan *Cantabro*

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

- a) Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi Kadar Aspal dan PET.
- b) Lalu masukan bahan agregat kedalam oven selama  $\pm 4$  jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal berdasarkan berat agregat setelah dioven.
- c) Mencampurkan agregat sesuai perencanaan dengan berat total agregat masing-masing benda uji sebesar 1000 gram.
- d) Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan yang akan digunakan dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu yang terlalu signifikan pada sampel. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
- e) Memasukkan campuran dalam cetakan kemudian memadatkannya menggunakan pemadat pipih dan melakukan pemadatan dengan alat *compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 50 tumbukan dengan suhu 150°C.
- f) Setelah itu benda uji didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar suhu pada benda uji menurun, kemudian benda uji dikeluarkan menggunakan *ejector* dan diberi kode sampel sesuai dengan jenis sampel, hal tersebut untuk memudahkan pada saat pengujian.

#### 2. Benda Uji *Asphalt Flow Down*

Tahap-tahap dari pembuatan benda uji untuk uji *Asphalt Flow Down* yaitu sebagai berikut:

- a. Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran

- yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi Kadar Aspal dan PET (*Polyethylene Terephthalate*).
- b. Lalu masukan bahan agregat kedalam oven selama  $\pm 4$  jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal berdasarkan berat agregat setelah dioven.
  - c. Mencampurkan agregat sesuai perencanaan dengan berat total agregat masing-masing benda uji sebesar 1000 gram.
  - d. Campuran aspal dituangkan di atas cetakan berupa nampan dengan ukuran permukaan 20 x 40 cm dilapisi dengan kertas *aluminium foil*.
  - e. Campuran aspal tersebut dimasukkan ke oven dengan suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 60$  menit.
  - f. Berat cetakan, berat cetakan beserta campuran beraspal sebelum dioven, dan berat cetakan beserta campuran beraspal sesudah dioven dicatat kemudian dihitung menggunakan rumus *Asphalt Flow Down*.

### 3.5.6 Pengujian Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan 3 (tiga) jenis pengujian untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu pengujian *marshall*, *cantabro loss*, dan *asphalt flow down*.

#### 3.5.6.1 Pengujian menggunakan alat *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) pada campuran beraspal yang mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan 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  $60^{\circ}\text{C}$ . 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 kelelahan 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, sesuai dengan SNI 03-6893-2002.

### **3.5.6.2 Pengujian Cantabro Loss**

Pengujian ini berdasarkan ASTM C-131, Adapun pengujian Cantabro Loss dilakukan sebagai berikut:

1. Benda uji didiamkan pada suhu ruang selama minimal 6 jam.
2. Benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat sebelum diabrasi (Mo).
3. Benda uji dimasukkan ke dalam alat pengujian abrasi *Loss Angles*.
4. Diberikan putaran sebanyak 300 putaran tanpa menggunakan bola besi dengan kecepatan 30- 33 rpm.

5. Benda uji ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai berat setelah diabrasi ( $M_i$ ).
6. Berat sebelum dan sesudah pengujian dicatat dan dihitung menggunakan rumus *Cantabro Loss*.

### 3.5.6.3 Pengujian Asphalt Flow Down

Pengujian ini berdasarkan AASHTO T 305, adapun pengujian Asphalt Flow Down dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Cetakan berupa nampan dengan ukuran permukaan 20 x 40 cm dilapisi dengan kertas *aluminium foil*, ditimbang dan dicatat berat cetakan tersebut ( $m_1$ ).
2. Selanjutnya campuran aspal dibuat, setelah tercampur merata campuran aspal dituangkan di atas cetakan yang telah dilapisi *aluminium foil* sebelumnya, permukaannya diratakan dan dicatat beratnya ( $m_2$ ).
3. Cetakan yang berisi campuran aspal tersebut dimasukkan ke oven dengan suhu  $\pm 160^\circ\text{C}$  selama  $\pm 60$  menit.
4. Cetakan dikeluarkan dari oven dan campuran aspal tersebut dituangkan secara cepat, kemudian berat cetakan berikut campuran aspal yang melekat pada aluminium foil ditimbang dan dicatat ( $m_3$ ).
5. Berat cetakan ( $m_1$ ), berat cetakan beserta campuran beraspal sebelum dioven ( $m_2$ ), dan berat cetakan beserta campuran beraspal sesudah dioven ( $m_3$ ) dicatat kemudian dihitung menggunakan rumus Asphalt Flow Down.

### 3.5.8. Pembuatan Benda Uji Durabilitas

Tahap-tahap uji durabilitas adalah sebagai berikut:

1. Melakukan perendaman benda uji di waterbath sesuai dengan variasi lama perendaman.
2. Melakukan pengujian Marshall, sesuai dengan SNI 06-2489-1991.

3. Melakukan perhitungan durabilitas campuran beraspal. Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

Tahapan dalam membuat benda uji durabilitas dimulai dengan menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak 180 buah untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dan kemudian ditambah 3 buah sampel pada 4 nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan penambahan PET 0%, 5%, 7.5% dan 15% kemudian terdapat 5 variasi rendaman untuk benda uji durabilitas sehingga total jumlah benda uji dalam penelitian ini sebanyak  $180 + 60 = 240$  sampel.

Tabel 3. 14 Pembuatan Benda Uji Durabilitas

<b>KAO Campuran PET (%)</b>	<b>Variasi Rendaman</b>				
	<b>0 menit</b>	<b>30 menit</b>	<b>1 hari</b>	<b>7 hari</b>	<b>14 hari</b>
0%	3	3	3	3	3
5%	3	3	3	3	3
7.5%	3	3	3	3	3
15%	3	3	3	3	3
	12	12	12	12	12
	<b>60 Sampel</b>				

### 3.6 Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan data terhadap nilai stabilitas pada campuran aspal dengan penambahan limbah plastik PET. Hasil penelitian yang diperoleh berupa nilai Indeks Kekuatan Sisa dan Indeks Durabilitas Pertama pada campuran aspal porus dengan limbah plastik PET sebagai bahan campuran pada aspal.

## IV. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang dilakukan terhadap data hasil pengujian laboratorium, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan PET (*Polyethylene Terephthalate*) pada aspal sebagai berikut:
  - a. Meningkatkan titik lembek dengan nilai titik lembek aspal porus dengan campuran PET 0%, 5%, dan 7,5% yang berturut-turut memiliki nilai 51,5°C 55,5°C dan 56,5°C. Hal ini menunjukkan campuran aspal porus semakin tahan terhadap perubahan suhu.
  - b. Menurunkan nilai penetrasi menunjukkan aspal semakin keras sehingga diperlukan suhu yang lebih tinggi untuk mencairkan aspal.
  
2. Secara berturut-turut pengaruh rendaman terhadap aspal porus dengan penambahan plastik PET 0%, 5% dan 7.5% mengakibatkan penurunan nilai IDP (Indeks Durabilitas Pertama) sebesar 1.25%, 0,89% dan 0,83% , Dan juga penurunan nilai IDK (Indeks Durabilitas Kedua) berdasarkan nilai kehilangan kekuatan (a) sebesar 44.12%, 33.31% dan 30.52%. Hal ini menyatakan bahwa aspal porus dengan campuran plastik PET memiliki durabilitas yang lebih baik dibanding tanpa PET.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Meskipun seiring bertambahnya kadar plastik PET semakin meningkatkan durabilitas campuran aspal porus, namun disarankan untuk kadar plastik PET berada dibawah persentase 5% dikarenakan diatas itu nilai penetrasi dan daktilitas aspal tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 sehingga dapat menyebabkan aspal menjadi getas (*brittle*) dan kehilangan kekuatan untuk mengikat agregat pada saat menerima beban lalu lintas.
2. Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik campuran aspal menggunakan aspal pen 60/70 yang dimodifikasi dengan menambahkan PET pada lapis aspal perkerasan jalan lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Affan, M. 2006. *Studi peranan rongga terhadap stabilitas dan durabilitas campuran aspal porus akibat penambahan mortar*. (Tesis). Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Al-Jumaili, M.A.H. 2016. *Laboratory Evaluation of Modified Porous Asphalt Mixtures*. *Applied Research Journal Vol. 2*: 104-117.
- Anonim, 2004. *Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, Jakarta. 221 hlm.
- Asrar, Y. D. (2007). *Karakteristik Aspal Dengan Bahan Tambah Plastik Dan Kinerjanya Dalam Campuran HRA*. (Tesis). Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *National Asphalt Specification*.
- Bitu, Laswar G., Putri, Akminaka. 2018. *Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik (Polimer PET) Sebagai Bahan Tambah Terhadap Karakteristik Aspal Porous*. *Jurnal Media Inovasi Vol. 7 No. 1*: 63-73.
- Cetin, A. 2013. *Effects of Crumb Rubber Size and Concentration on Performance of Porous Asphalt Mixtures*.  
<https://www.hindawi.com/journals/ijps/2013/789612/>. diakses pada tanggal 22 Mei 2022 pukul 19.45.
- Craus, J., Ishai, I., and Sides, A. 1981. *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Propertis*. *Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists, Technicalsessions Volume. 50*. San diego, California.
- Diana, I. W. (2004). *Studi rongga menerus dan kinerja permeabilitas perkerasan aspal porus lapis ganda*. *Jurnal Transportasi 4*: 85-98.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2018. *Spesifikasi Umum Edisi 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

- Djumari & Sarwono, D., 2009. *Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Penempatan Kering*. *Media Teknik Sipil* 9: 9-15.
- DS, Izzanur Rusyda., Rahardjo, B., & Pranoto, P. (2018). *Kajian Eksperimental Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Plastik HDPE (High Density Poly Ethylene)*. *Jurnal Bangunan* 23: 19-28.
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif*. *Traksi Vol. 3 No. 2*.
- Nashir T, M. 2013. *Studi Eksperimental Campuran Aspal Berpori menggunakan Aspal Polimer Modifikasi (Polymer Modified Binder) dengan Stabilisasi Serat Polypropylene*.  
<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/11529/t111.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. diakses pada 22 mei 2022 pukul 21.00.
- Nasution, M. F. N. (2017). *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC- WC Di Laboratorium*. (Tugas Akhir). Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Okatama, Irvan. 2016. *Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik*. *Jurnal Teknik Mesin (JTM) Vol. 05 No. 3*: 109-113.
- Pemerintah Indonesia, 2022. *Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan*. Lembaran RI Tahun 2022, No. 12. Sekretariat Negara. Jakarta
- Prawiro, B. 2014. *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus dengan Tambahan Gilsonite*.  
<http://repository.ub.ac.id/id/eprint/143037/>. diakses 22 Mei 2022 pukul 20.15.
- Ramadhan, Putra R. 2017. *Pengaruh penambahan limbah plastik (PET) terhadap karakteristik Marshall dan permeabilitas pada aspal berpori*. *Rekayasa Teknik Sipil Vol. 01 No.1*: 129-135.
- Saleh, S. M., Anggraini, R., & Aquina, H. 2014. *Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70*. *Jurnal Teknik Sipil ITB* 21: 241-250.
- S.E., Zoorob, & Suparma L.B. 2000. *Laboratory Design and Investigation of Proportion of Bituminous Composite Containing Waste Recycled Plastic Aggregate Replacement, CIB Symposium on Construction and Environment Theory into Practice, Sao Paulo, Brazil modified bitumen using fluorescent microscopy and conventional test methods*. *Journal Hazardous Materials* 150: 424-432.

- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Institut Teknologi Nasional, Bandung. 167 hlm.
- Y.G, Fenny Putri., dkk. 2013. *Evaluasi Kinerja Aspal Porus Menggunakan Spesifikasi Gradasi Dari Australia, California (CalAPA) dan British (BS)*. *Jurnal Civitas Akademik*. Vol. Tahun 2013.
- Universitas Lampung. 2019. *Panduan Praktikum Pelaksanaan Perkerasan Jalan (PPJ)*. *Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung*. Bandar Lampung.
- Universitas Lampung. 2021. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. *Unila Offset*. Bandar Lampung.
- Zulkarnain, N., dkk. 2001. *Studi perilaku campuran aspal berpori terhadap proporsi agregat kasar*. *Media Teknik No.4*: 26-32.