

**KARAKTERISITIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
MENGUNAKAN MATERIAL DARI LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh:

NOVAL SURYATAMA

NPM 1715011061



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

KARAKTERISITIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN MENGUNAKAN MATERIAL DARI LAMPUNG

Oleh

NOVAL SURYATAMA

Aspal porus adalah salah satu campuran aspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi wearing course. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (open graded) yang didominasi oleh agregat kasar, sehingga menghasilkan rongga yang cukup besar. Material yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Lampung. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus menggunakan material dari Lampung. Hasil dari pengujian agregat menunjukkan bahwa agregat yang berasal dari Lampung mampu memenuhi spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018. Penelitian ini menunjukkan stabilitas tertinggi terdapat pada kadar aspal 5,5% dengan nilai stabilitas sebesar 552,52 kg dan stabilitas terendah pada kadar aspal 6,5% dengan nilai stabilitas sebesar 459,22 kg. Nilai flow terendah terdapat pada kadar aspal 5% yaitu sebesar 5 mm, sedangkan nilai flow tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 6,2 mm. VIM tertinggi terdapat pada kadar aspal 4,5% yaitu sebesar 21,77%, sedangkan nilai VIM terendah terdapat pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 14,07%. Nilai cantabro loss tertinggi terdapat pada kadar aspal 4,5% yaitu sebesar 39,11%, sedangkan nilai cantabro loss terendah terdapat pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 13,91%. Nilai asphalt flow down terendah terdapat pada kadar aspal 4,5% yaitu sebesar 0,16%, sedangkan nilai AFD tertinggi terdapat pada kadar aspal 6,5% yaitu sebesar 1,30%. Berdasarkan benda uji hasil kadar aspal optimum didapatkan nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,075 cm/detik.

Kata kunci : Aspal porus, Permeabilitas, *marshall*, *cantabro loss*, *asphalt flow down*.

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF PORUS ASPHALT MIXES USING MATERIALS FROM LAMPUNG

By

NOVAL SURYATAMA

Porous asphalt is one of the asphalt mixtures being developed for wearing course construction. This layer uses open graded which is dominated by coarse aggregate, resulting in quite large voids. The material used in this study came from Lampung. The purpose of this study was to determine the characteristics of porous asphalt mixtures using materials from Lampung. The results of the aggregate testing show that aggregates originating from Lampung are able to meet the general specifications of Bina Marga in 2018. This study shows that the highest stability is found at 5.5% asphalt content with a stability value of 552.52 kg and the lowest stability at 6.5 asphalt content % with a stability value of 459.22 kg. The lowest flow value is found at 5% asphalt content, which is 5 mm, while the highest flow value is found at 6.5% asphalt content, which is 6.2 mm. The highest VIM was found at 4.5% asphalt content which was 21.77%, while the lowest VIM value was found at 6.5% asphalt content which was 14.07%. The highest cantabro loss value was found at 4.5% asphalt content, which was 39.11%, while the lowest cantabro loss value was found at 6.5% asphalt content, which was 13.91%. The lowest asphalt flow down value is found at 4.5% asphalt content, which is 0.16%, while the highest AFD value is found at 6.5% asphalt content, which is 1.30%. Based on the test specimens for the optimum asphalt content, the permeability coefficient value was 0.075 cm/second.

Key words : porous asphalt, permeability, marshall, cantabro loss, asphalt flow down.

**KARAKTERISITIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
MENGUNAKAN MATERIAL DARI LAMPUNG**

**Oleh
NOVAL SURYATAMA**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL
PORUS DENGAN MENGGUNAKAN
MATERIAL DARI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Noval Suryatama**

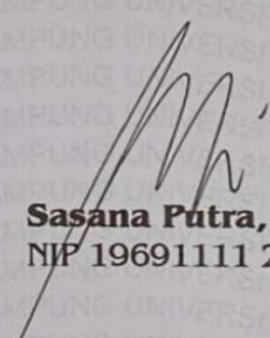
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715011061

Program Studi : Teknik Sipil

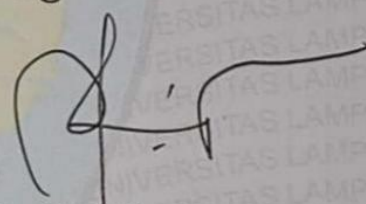
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



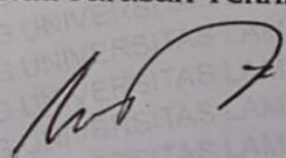
Ir. Dwi Herianto, S.T., M.T.
NIP 19610102 198803 1 000

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, 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 : **20 Juni 2023**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Noval Suryatama

NPM : 1715011061

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Menggunakan
Material Dari Lamung

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, 20 Juni 2023



Noval Suryatama
NPM 1715011061

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Noval Suryatama. Penulis dilahirkan di Desa Tanjung Agung pada tanggal 09 November 1999, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Nazhur Hudairo dan Ibu Erliyanti Mala dan memiliki dua orang adik yaitu Wahyu Hafiqi, dan Pebi Bela Mutia

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK MATHLA'UL ANWAR, Sekolah Dasar di SD Negeri 27 WAY LIMA yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 5 PESAWARAN yang diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 GEDONG TATAAN 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 Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung periode 2018/2019. Kemudian pada periode 2019/2020 penulis menjadi anggota Departemen Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam acara *Civil Brings Revolution* pada tahun 2019 sebagai anggota kegiatan lomba kuat beton dan tahun 2020 sebagai anggota keamanan.

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang teknik sipil penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di gedung perkuliahan fakultas Teknik Universitas Lampung pada 31 Agustus 2021.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Agung Kecamatan Way Lima Kabupaten Pesawaran selama 40 hari dalam periode II pada tahun 2021.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2022, dengan judul "Karakteristik Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Lampung".

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)”

(QS. Al Insyirah 6-7)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi akdirku, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“ Pengetahuan lebih baik dari pada kekayaan. Pengetahuan akan melindungimu sedangkan kekayaan harus lindungi”

(Ustman bin Affan)

“Jika kamu ingin hidup yang sulit kamu harus membuat pilihan yang mudah, dan jika kamu ingin hidup yang mudah kamu harus membuat pilihan yang sulit”

(Noval Suryatam)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahil'alamin, 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 dukungan, kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus untuk Ade, sehingga Ade dapat menyelesaikan skripsi ini.

Adik-adikku Tersayang

Terima Kasih kepada Wahyu, dan Pebi 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 “Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Menggunakan Material Dari Lampung” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

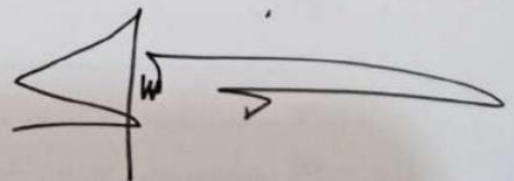
1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat-sahabatnya.
2. Kedua orang tua, Ayah dan Ibu tercinta, Nazhur Hudairo dan Erliyanti Mala. Terima kasih atas segala doa, cinta dan kasih sayang, dukungan dan semangat serta perhatian dan kepercayaan yang selalu diberikan yang tidak akan mampu penulis balas segala jasa dan kebaikannya sampai kapanpun. semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, pengampunan dosa, diberikan umur yang dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan ayah dan ibu tercinta.
3. Adik-adikku tersayang, Wahyu, dan Pebi yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
5. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil.
7. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama

membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini, terima kasih juga ataskebaikan serta segala pengertian dan kesabaran selama proses menyusuntulisan ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan.

8. 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.
9. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan.
10. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu pengetahuan dan didikannya selama masa perkuliahan. serta seluruh staff akademisi mbak suci, mbak ida, dan mbak putri yang telah banyak membantu penulis.
11. Rekan-rekan tersayang yang kerap memberi dukungan sampai penulis menyelesaikan skripsi ini: Santos, Acil, Ade, Ananda 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, 20 Juni 2023
Penulis



Noval Suryatama

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perkerasan Jalan	5
2.2 Aspal Porus.....	6
2.3 Aspal.....	9
2.4 Gradasi Aspal Porus	12
2.5 Parameter Uji Aspal Porus	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2 Lokasi Penelitian	21
3.3 Bahan – Bahan Penelitian.....	21
3.4 Peralatan Penelitian	22
3.5 Prosedur Penelitian.....	23
3.6 Pengolahan dan Pembahasan Hasil	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil Pengujian Agregat.....	35
4.2 Karakteristik Aspal.....	36

4.3	Karakteristik Campuran Aspal Porus	37
4.4	Kadar Aspal Optimum (KAO)	39
4.5	Pengaruh Lama Rendaman terhadap Karakteristik Marshall	42
4.6	Pengujian Permeabilitas	43
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku	6
Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Aspal Porus.....	7
Tabel 2. 3 Ketentuan Untuk Aspal Keras Penetrasi	11
Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Kasar	13
Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Halus	14
Tabel 2. 6 Gradasi agregat campuran aspal porus.....	14
Tabel 3. 1 Standar Pemeriksaan Agregat	24
Tabel 3. 2 Standar Pengujian Aspal	24
Tabel 3. 3 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus	25
Tabel 3. 4 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus	26
Tabel 3. 5 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO.....	29
Tabel 3. 6 Jumlah Benda Uji Berdasarkan KAO	29
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Agregat	35
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Aspal	36
Tabel 4. 3 Tabel Nilai Parameter VIM , Cantabro Loss, dan Asphalt Flow Down	40
Tabel 4. 4 Pengaruh Rendaman Terhadap Stabilitas dan Flow Pada Nilai KAO .	42
Tabel 4. 5 Uji Permeabilitas	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat	13
Gambar 3. 1A Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 3. 1B Lanjustan diagram alir penelitian.	21
Gambar 3. 2 Rencana Gradasi Campuran Aspal Porus.....	25
Gambar 3. 3 Rencana Kadar Aspal Optimum (KAO).	28
Gambar 4. 1 Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.....	37
Gambar 4. 2 Hubungan antara kadar aspal dengan flow	37
Gambar 4. 3 Hubungan kadar aspal dengan VIM.....	38
Gambar 4. 4 Hubungan kadar aspal deangan Cantabro loss	38
Gambar 4. 5 Hubungan kadar aspal dengan Asphalt Flow Down	39
Gambar 4. 6 Hubungan kadar aspal dengan nilai VIM.....	40
Gambar 4. 7 Hubungan kadar aspal dengan nilai cantabro loss	41
Gambar 4. 8 Hubungan kadar aspal dengan nilai <i>asphalt flow down</i>	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (wearing course) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (open graded) yang dihamparkan diatas lapisan aspal yang kedap air. Lapisan aspal porus ini secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di waktu hujan agar tidak terjadi *aquaplaning* sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar, dan dapat mengurangi kebisingan (Ary Setiawan 2008).

Aspal porus adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dipadatkan mempunyai 20 % pori-pori udara. Aspal porus umumnya memiliki nilai stabilitas Marshall yang lebih rendah dari beton aspal yang menggunakan gradasi rapat, stabilitas Marshall akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus (Amiruddin 2018).

Sifat-sifat aspal porus ditentukan oleh gradasi agregat, disamping juga tergantung dari sifat-sifat bahan pembentuk aspal porus itu sendiri. Agregat menjadi komponen utama yang bekerja pada lapisan struktural dan menjadi faktor penentu utama kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas.

Material adalah suatu benda yang dibutuhkan untuk membuat sesuatu. Agregat merupakan material alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Lokal biasanya mengacu pada sesuatu yang dekat atau daerah

sekitar. Jadi Agregat Material Lokal dapat didefinisikan sebagai suatu benda alami yang di dapatkan di daerah sekitar. Contoh agregat material Lokal yang ada di Lampung dapat di temukan di daerah Lampung Selatan, Lampung Timur, Way kanan, dan Lampung Tengah. Pada penelitian ini sendiri menggunakan agregat material Lampung yang berasal dari PT.Sumber Batu Berkah (Tanjungan, Lampung Selatan).

Ketersediaan agregat yang sesuai spesifikasi sering menjadi kendala yang dialami oleh para pelaksana konstruksi di lapangan. Pemilihan gradasi merupakan proses yang tidak mudah dalam menentukan sifat-sifat aspal porus yang diinginkan, hampir setiap lembaga penelitian di berbagai daerah mempunyai gradasi agregat yang spesifik berdasarkan material yang tersedia (Setyawan 2008). Pembangunan perkerasan jalan khususnya di Provinsi Lampung sendiri banyak menggunakan material agregat dari PT. Sumber Batu Berkah (Tanjungan), PT.Andesit Lumbang Sejahtera (Sidomulyo), PT.Sinar Batu Sakti Lestari (Katibung), dan agregat dari Waykanan.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal porus menggunakan material lokal Lampung berdasarkan metode pengujian *Marshall* dan *Cantabro Loss*. Analisis dilakukan dengan menambahkan agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Kecamatan Tanjungan PT. Sumber Batu Berkah.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Curah hujan di Indonesia cukup tinggi, sehingga jalanan mudah tergenang air dan cepat mengalami kerusakan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus menggunakan material dari Lampung.

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.
- d. Bahan-bahan yang digunakan merupakan material lokal dari Lampung.
- e. Penelitian ini didasarkan pada pengujian *marshall*, *cantabro loss*, dan *asphalt flow down* untuk mengetahui kinerja campuran aspal porus dengan menggunakan material Lampung.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- a. Dapat mengoptimalkan bahan-bahan yang ada di Lampung sebagai bahan campuran aspal.
- b. Memperluas pemahaman dan pengetahuan serta meningkatkan dan mengembangkan tentang teknologi perkerasan lentur, khususnya pada campuran aspal porus.
- c. Untuk memberikan pemahaman tentang karakteristik pada campuran beraspal porus menggunakan material Lampung .
- d. Sebagai salah satu inovasi baru supaya dalam pembuatan jalan dikemudian atau dimasa yang akan datang untuk membuat jalan dapat dibuat berporus supaya lebih mengurangi dampak kecelakaan atas genangan-genangan air yang terjadi.

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 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan satu atau beberapa lapis material yang dipadatkan di atas tanah dasar dengan tujuan agar lalu lintas dapat berjalan secara lancar tanpa terhambat. Perkerasan jalan berfungsi untuk mengusahkan agar tahan terhadap beban lalu lintas dan cuaca sedemikian rupa sehingga usaha pemeliharaan mampu mempertahankan permukaan untuk tetap dalam kondisi layak untuk dilewati. Dilihat dari bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), merupakan perkerasan dengan bahan pengikat berupa aspal. Lapisan–lapisan pada perkerasan ini memiliki fungsi sebagai pemikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), merupakan perkerasan dengan bahan pengikat berupa semen (*Portland Cement*). Perkerasan ini menggunakan pelat beton dengan atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas untuk perkerasan kaku sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), merupakan jenis perkerasan campuran antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Tabel 2. 1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Aspek Tinjauan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repitisi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber : Sukirman, S., (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

2.2 Aspal Porus

Aspal porus adalah campuran aspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi *wearing course*. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang didominasi oleh agregat kasar, sehingga menghasilkan rongga yang cukup besar (Y.G., Fenny Putri 2013). Campuran aspal porus merupakan campuran aspal panas antara agregat bergradasi terbuka dengan aspal modifikasi dengan perbandingan tertentu (Saleh, dkk., 2014). Aspal porus dirancang dengan menggunakan proporsi agregat kasar yang relatif besar yaitu lebih dari 80% (Cetin 2013). Aspal Porus merupakan jenis perkerasan yang didesain untuk memperoleh angka pori yang tinggi (28 – 32%) dengan tetap menjaga kadar aspal campuran sehingga tidak menimbulkan floating maupun bleeding (Djumari & Sarwono 2009). Selain itu, aspal porus juga dikenal sebagai teknologi yang inovatif karena memungkinkan air masuk melalui rongga di permukaan aspal ke dalam tanah secara terus-menerus (Al-Jumaili 2016). Menurut Prawiro, dkk (2014), aspal

porus mempunyai stabilitas yang rendah tetapi memiliki permeabilitas yang tinggi yang disebabkan oleh banyaknya rongga antar agregat. Upaya dalam meningkatkan nilai stabilitas dapat dilakukan dengan memodifikasi aspal dengan bahan aditif atau bahan tambahan. Bahan aditif atau bahan tambahan yang dapat menaikkan stabilitas aspal porus dapat berupa polimer seperti plastik.

Penelitian yang dilakukan oleh penulis ini berdasarkan kriteria perencanaan aspal porus sesuai standar *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)* tahun 2004 yang dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan 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

Dari penelitian yang dilakukan oleh Mirza Ghulam R, Wahyu Nariswari, Enes Ariyanto S, Tri Gunawan tentang “Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material lokal” Analisis kinerja fungsi kekuatan campuran aspal berpori dilakukan dengan *Marshall Test* dengan membandingkan hasil pengujian parameter seperti stabilitas, *void in mixture* (vim), kelelahan (*flow*), dan *marshall question*. Untuk analisis model resapan campuran aspal berpori dilakukan dengan metode Falling Head Permeability (FHP), dimana air didalam tabung (stand pipe) jatuh bebas dengan ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran aspal berpori menggunakan rentang kadar

aspal variasi rencana antara lain 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5%, dan 6,0%. Hasil penelitian didapat kadar aspal optimum 5,0 % pada campuran asphalt porous. Stabilitas asphalt porous dari lima variasi kadar aspal rata-rata yaitu 1.123,61 Kg. Untuk nilai rata-rata VIM pada lima variasi kadar aspal yaitu 23,22 %. Nilai rata-rata flow pada lima variasi kadar aspal 4,68 mm. Dan untuk nilai marshall question 241,82 Kg/mm. Semakin besarnya rongga udara pada open graded asphalt (OGA) maka semakin kecil nilai stabilitas-nya. Hasil penelitian permeabilitas asphalt porous pada lima variasi kadar aspal rata-rata yaitu 0,367 cm/s.(R, Mirza Ghulam 2017)

Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Nadya Tesalonika Sembung, Theo K. Sendow, Steve Palenewen tentang “Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon” dimana kadar aspal ditetapkan dulu menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat dan dibuat benda uji marshall dengan 5 variasi kadar aspal serta dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai permeabilitas dimana air di dalam tabung jatuh bebas kedalam mould yang berisi benda uji pada ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran. Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh bahwa campuran aspal porous dengan menggunakan material bersumber dari Kakaskasen dengan menggunakan bahan pengikat aspal penetrasi 60/70 memiliki nilai stabilitas yang rendah dan memiliki nilai permeabilitas yang tinggi tapi campuran tersebut masih layak digunakan pada kondisi jalan yang lalu lintas rendah. Dengan demikian disarankan untuk campuran aspal porous melakukan penelitian yang lebih lagi dengan menggunakan sumber material yang berbeda serta bahan pengikatnya dan perlu diadakan penelitian lanjutan tentang kinerja marshall seiring dengan pengaruhnya kekuatan pada campuran perkerasan.(Sembung 2020)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Oktavianus Klau Bria, Imam Trianggoro Saputro , Muh. Akhsan Samaila , Jhoni Mangi tentang “Kinerja Campuran Aspal Porus Berbagai Gradasi Pada Aspal Penetrasi 60/70” Di

dapat bahwa penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari yang tertinggi sampai pada yang terendah secara berurutan yaitu : pada gradasi Jepang 750 kg, pada gradasi OGPA New Zealand 550 kg dan gradasi Australia 550 kg. Dari yang disyaratkan >500 kg; Hasil penelitian Porositas dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yaitu : gradasi OGPA New Zealand 18 %, gradasi Australia 17,4 % dan gradasi Jepang 15 %. Dari yang disyaratkan 10-30 %; Hasil penelitian permeabilitas dari yang tertinggi sampai yang terendah secara berurutan yaitu : gradasi OGPA New Zealand 0,45 cm/dt, gradasi Australia 0,4 cm/dt dan gradasi Jepang 0,19 cm/dt. dari yang disyaratkan 0,1-0,5 cm/dt; Dari pengamatan terhadap nilai stabilitas (pada marshall test) dan Uji Permeabilitas Test cara horisontal (FHP), dapat disimpulkan bahwa gradasi Jepang adalah gradasi terbaik dibandingkan dengan gradasi yang lainnya, Mengingat bisa memberikan nilai tertinggi untuk uji stabilitas, meskipun permeabilitasnya rendah. (Bria 2018).

2.3 Aspal

Bitumen merupakan zat perekat material (*viscous cementitious material*) yang berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, dan dapat diperoleh di alam maupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau *pitch*. Namun dari ketiga jenis bitumen tersebut, hanya aspal yang umum dan banyak digunakan untuk bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga kerap kali bitumen disebut sebagai aspal (Sukirman, 2016). Aspal bersifat termoplastis yaitu akan mencair jika dipanaskan dan akan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal pada campuran perkerasan jalan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran. Fungsi kandungan aspal dalam campuran dapat berperan sebagai selimut agregat dalam bentuk *film* aspal yang berfungsi menahan gaya gesek permukaan dan mengurangi kandungan pori udara yang juga berarti mengurangi infiltrasi air ke dalam campuran.

a. Aspal Keras / *Asphalt Cement*

Aspal keras merupakan aspal yang berasal dari residu destilasi minyak bumi. 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.

b. Aspal Modifikasi

Aspal Modifikasi biasa dikenal dengan *Polymer Modified Asphalt* (PMA) merupakan aspal minyak yang ditambah dengan bahan tambah (*additive*) untuk meningkatkan kinerjanya. Berdasarkan penelitian tentang “Potensi Bioaspal pada Bahan Daur Ulang Aspal dan Campuran Beraspal Hangat” yang dilakukan oleh Atmy V.R. Sihombing et al. Diperoleh hasil bahwa Bioaspal merupakan aspal yang berasal dari biomassa yang mengandung lignin. Bioaspal dapat meningkatkan kinerja aspal terhadap *rutting* pada temperatur rendah. Aspal polimer ini dapat dibedakan menjadi dua jenis:

1. Aspal Polymer Plastomer

Penambahan bahan polymer pada aspal berfungsi meningkatkan sifat fisik campuran aspal dan sifat rheologinya. Polymer plastomer yang banyak digunakan adalah *Ethylene Vinyle Acetate*, *Polyethilene* dan *Polypropilene*.

2. Aspal Polymer Elastomer

Aspal jenis ini sering digunakan sebagai campuran aspal keras karena dapat memperbaiki sifat rheology aspal yang meliputi penetrasi, kekentalan, titik lembek dan elastisitas aspal keras. Aspal polymer elastomer jenis SBS (*Styrene Butadiene Sterene*), SBR (*Styrene Butadiene Rubber*), SIS (*Styrene Isoprene Styrene*) dan karet adalah yang umum digunakan sebagai pencampur penambah aspal keras.

Tabel 2. 3 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		
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 0 3-6837-2002) pada temperatur 100oC 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.

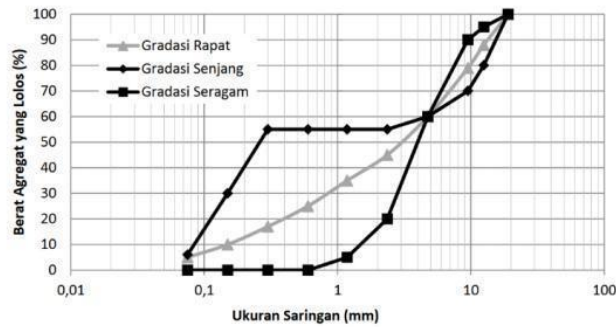
2.4 Gradasi Aspal Porus

Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Sedangkan 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, 1999).

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan pengerjaan dan stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa 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, Rudi, 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*) adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga dengan gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.
- b. Gradasi Rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.
- c. Gradasi Senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Contoh tipikal macam-macam gradasi agregat

Pembagian agregat berdasarkan ukuran butiran menurut Bina Marga adalah:

1. 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.

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	Maks. 12%	
	magnesium sulfat	Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin los angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran 500 putaran	Maks. 6% Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran 500 putaran	Maks. 8% Maks. 40%
	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
	Butir pecah pada agregat kasar	SMA Lainnya	SNI 7619:2012 100/90 (**) 95/90 (**)
Partikel pipih dan lonjong (**)	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2. 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.

Tabel 2. 5 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*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal porus yang dikutip dari *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004* menggunakan campuran aspal bergradasi terbuka (open graded).

Tabel 2. 6 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*

2.5 Parameter Uji Aspal Porus

Menurut Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) 2004 terdapat 3 (tiga) parameter pengujian untuk campuran aspal porus yaitu uji Marshall, Cantabro Loss dan Asphalt Flow Down.

2.5.1 Karakteristik Uji *Marshall*

Metode Marshall adalah metode yang paling umum digunakan dan distandarisasikan dalam American Society for Testing and Material 1993 (ASTM D, 1997). Parameter Marshall yaitu terdiri dari 3 parameter yaitu beban maksimum yang dapat diterima benda uji sebelum hancur atau disebut dengan *Marshall Stability*, deformasi permanen dari benda uji sebelum hancur atau disebut *Marshall Flow*, dan turunan atau perbandingan antara *Marshall Stability* dan *Marshall Flow* yang biasa disebut *Marshall Quotient* (MQ). Pengujian *Marshall* menggunakan alat tekan *Marshall* yang dilengkapi dengan cincin penguji (*Proving Ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow meter*. Benda uji *Marshall* standar berbentuk silinder dengan tinggi 2,5 inch (6,35 cm) dan berdiameter 4 inch (10,16 cm). Adapun beberapa karakteristik Marshall campuran aspal panas ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (kohesi) dan kadar aspal dalam campuran.

2. Kelelahan (*Flow*)

Nilai kelelahan (*flow*) diperlukan untuk mengetahui deformasi vertikal campuran saat dibebani hingga mengalami kehancuran

(pada stabilitas maksimum). Nilai flow diperoleh dengan pembacaan langsung jarum *Proving Ring* pada alat uji *Marshall*.

3. Rongga dalam Campuran (VIM)

Void in The Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porous*. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. 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:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J.\text{maksimum teoritis}} \dots\dots\dots (1)$$

Berat jenis maksimum teoritis:

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{BJ.agr} + \frac{\%aspal}{BJ.aspal}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

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

4. Rongga dalam Agregat (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedekatan campuran 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:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J. Agregat} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

5. Rongga Terisi oleh Aspal (VFA)

Void Filled with Bitumen (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran dengan kata lain VFA menentukan stabilitas.

6. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan (*flow*). Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Nilai MQ dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai *flow* (mm)

2.5.2 Uji Cantabro Loss

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan terhadap keausan atau kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles tanpa bola baja.

Benda uji didiamkan selama 48 jam atau minimal 6 jam pada suhu ruangan, kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat sebelum diabrasi (M_o), dan setelah itu benda uji dimasukkan ke mesin Los Angeles dengan kecepatan 30- 33 rpm sebanyak 300 putaran, benda uji ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai berat setelah diabrasi (M_i). Hal ini untuk mengetahui kemampuan ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh beban lalu lintas yang akan menyebabkan perkerasan menjadi aus dan kekuatannya mengalami penurunan.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- L = persentase kehilangan berat (%)
 M_o = berat sebelum diabrasi (gr)
 M_i = berat setelah diabrasi (gr)

2.5.3 Pengujian Asphalt Flow Down

Untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal, maka dilakukan uji asphalt flow down (AFD). Besarnya nilai AFD disyaratkan lebih kecil dari 0,3% untuk menentukan nilai AFD digunakan uji pengaliran asphalt flow down seperti persamaan yang mengacu pada AASHTO T 305 sebagai berikut:

$$AFD = \left(\frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- AFD = nilai asphalt flow down (%)
 m_1 = berat cetakan naman (gr)
 m_2 = berat cetakan beserta campuran aspal sebelum dioven (gr)
 m_3 = berat cetakan beserta campuran aspal sesudah dioven.

2.5.4 Pengujian Permeabilitas

Bowles (1984) menyatakan bahwa setiap bahan yang memiliki rongga disebut pori, dan apabila rongga tersebut saling berhubungan maka bahan tersebut akan memiliki sifat permeabilitas. Verhoef (1989) mendefinisikan bahwa permeabilitas merupakan kemampuan zat cair untuk menembus rongga-rongga yang dimiliki oleh material yang berhubungan satu dengan lainnya. Koefisien permeabilitas berkisar antara 0,0575 m/dt - 0,2493 m/dt dan menurut Diana (1995), yang mengutip dari An International Perspective dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$K = 2,3 \left[\frac{d}{t} \right] \log \left[\frac{d+5}{d} \right] \dots\dots (2.1)$$

dimana:

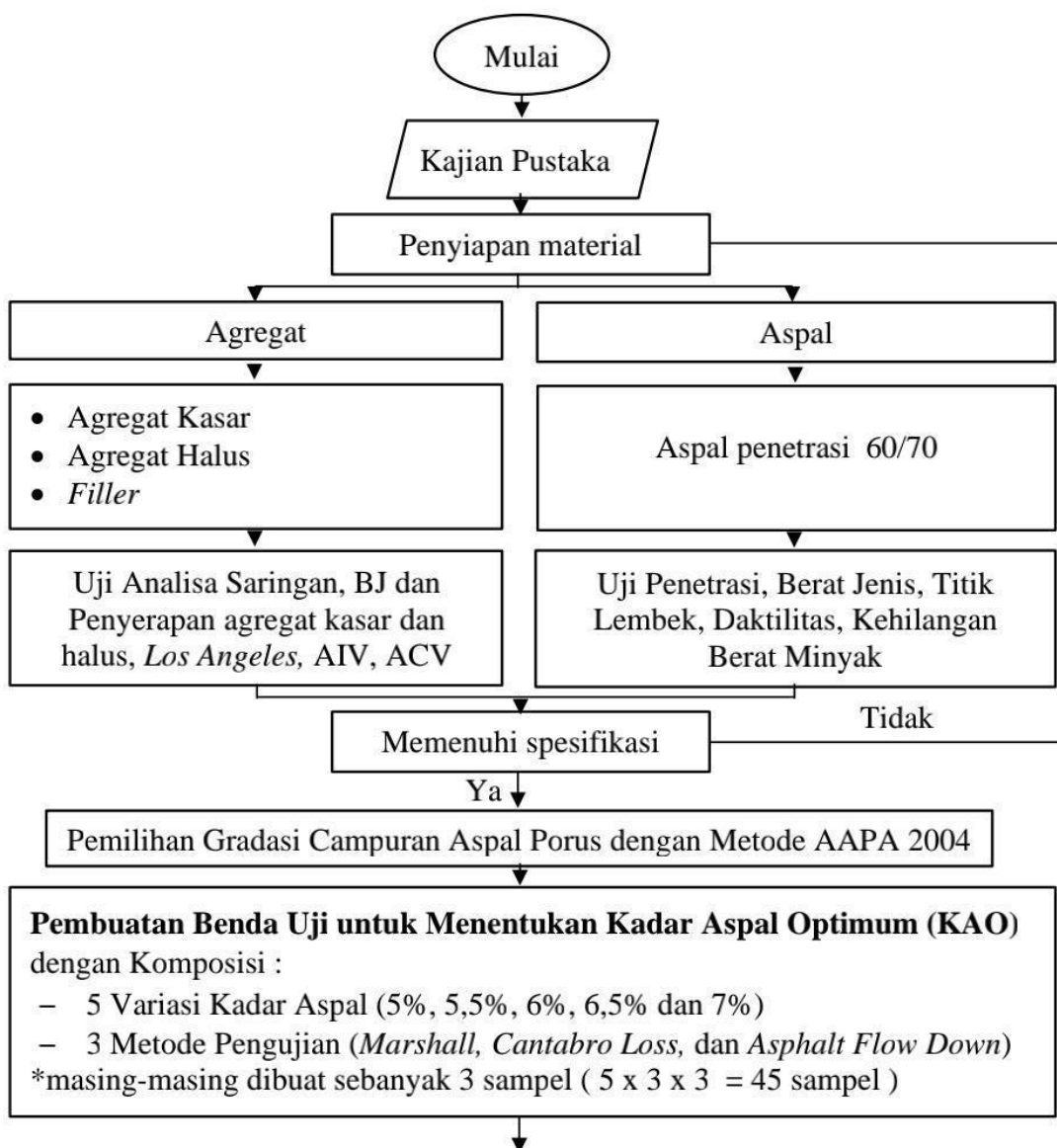
K = koefisien permeabilitas (cm/det);

d = tebal benda uji (cm);

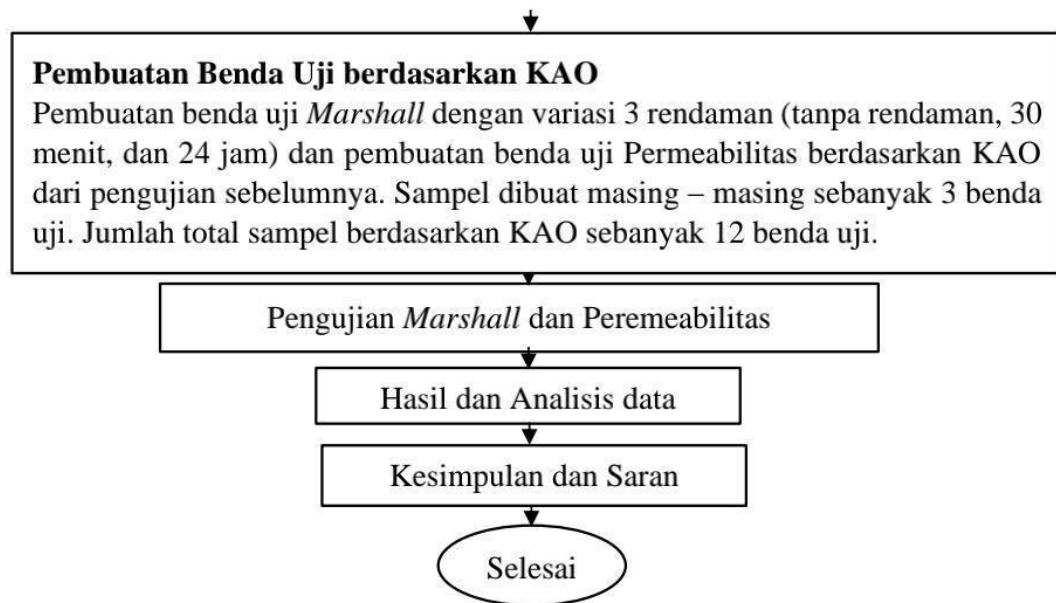
t = waktu (det).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1A Diagram alir penelitian.



Gambar 3. 1B Lanjutan diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

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

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.
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 yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu.
4. Aspal yang digunakan pada penelitian ini aspal keras dengan penetrasi 60/70.

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.

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).

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.

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.

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.

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.

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*, dan aspal penetrasi 60/70, lalu didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian.

3.5.3 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 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.

2. Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian aspal dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat.

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.

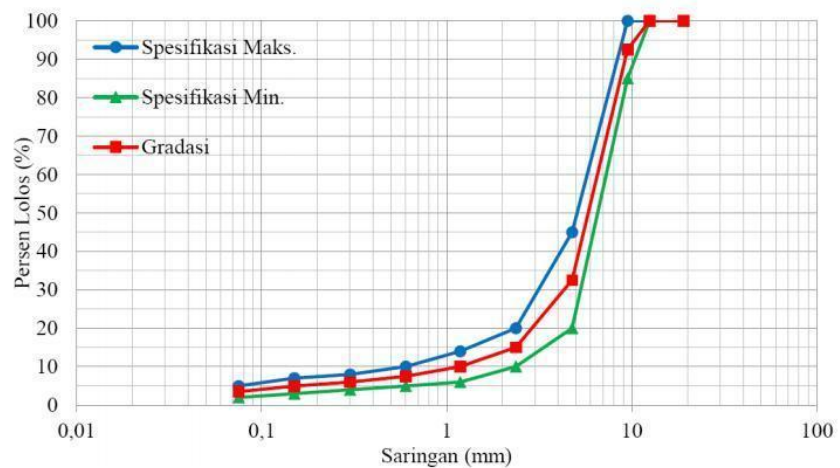
3.5.4 Perancangan Campuran Benda Uji

3.3.4.1. Perancangan Gradasi Agregat

Adapun rencana gradasi agregat campuran aspal porous dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus

Ukuran Saringan (mm)	Agregat Maksimum 10 mm		
	Spesifikasi % Berat Lolos (AAPA, 2004)	% Berat yang Lolos	% Berat yang Tertahan
19,000	100	100	0,00
12,700	100	100	0,00
9,530	85 – 100	92,5	7,50
4,760	20 – 45	32,5	60,00
2,380	10 – 20	15	17,50
1,190	6 – 14	10	5,00
0,595	5 – 10	7,5	2,50
0,297	4 – 8	6	1,50
0,149	3 – 7	5	1,00
0,074	2 – 5	3,5	1,50
Pan			3,5
Total			100



Gambar 3.2 Rencana Gradasi Campuran Aspal Porus.

3.3.4.2. 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 3.4 di bawah ini.

Tabel 3. 4 Rencana Gradasi Agregat Aspal Porus

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

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

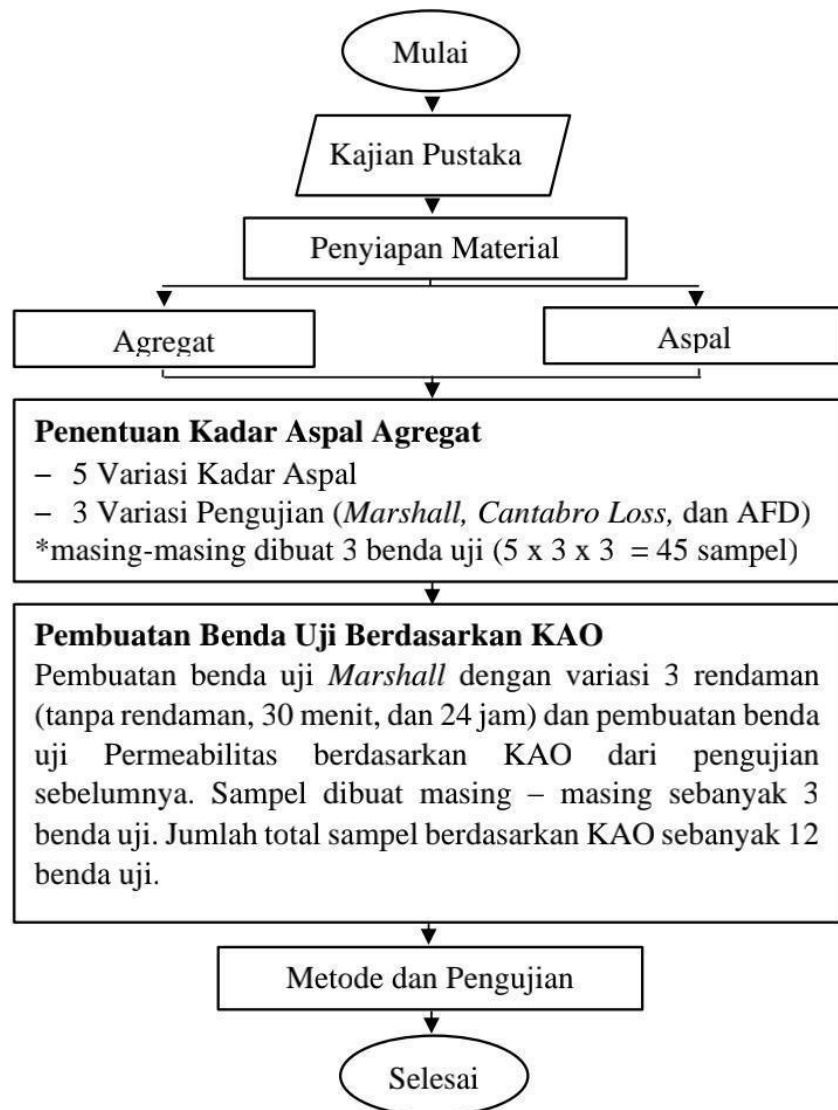
Berdasarkan AAPA (2004), kadar aspal untuk agregat ukuran maksimum 10 mm pada kisaran 5% - 6,5% terhadap berat total campuran. Maka pengujian KAO digunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 5,5%, dan 7% terhadap berat total campuran. Nilai KAO ditentukan dengan tahapan–tahapan sebagai berikut.

1. Hasil dari pengujian VIM dan *Cantabro Loss* dicatat dan dituangkan kedalam grafik garis. Pada grafik ke-1 menunjukkan hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VIM dan grafik ke-2 menunjukkan hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai *Cantabro Loss*.
2. Pada grafik ke-1 kadar rongga minimum (VIM) dalam campuran adalah 18% digunakan sebagai batas atas untuk mendapatkan kadar aspal maksimum (OAC Maks) dibuat berupa garis horizontal putus-putus yang memotong garis hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai VIM. Pada titik perpotongan ini kemudian dibuat garis tegak lurus yang menunjukkan nilai kadar aspal maksimum (OAC Maks).
3. Pada grafik ke-2 nilai *cantabro loss* maksimum 35%

digunakan sebagai batas atas untuk mendapatkan kadar aspal minimum (OAC min) dibuat berupa garis horizontal putus-putus yang memotong garis hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai *cantabro loss*. Pada titik perpotongan ini kemudian dibuat garis tegak lurus yang menunjukkan nilai kadar aspal minimum (OAC Min).

4. Dari hasil pada grafik ke-1 dan grafik ke-2 diperoleh nilai OAC maksimum dan OAC minimum yang kemudian digunakan untuk menentukan kadar aspal sementara.
5. Nilai kadar aspal sementara diperoleh dari nilai rata-rata OAC maksimum dan OAC minimum.
6. Hasil dari pengujian *Asphalt Flow Down* dicatat dan dituangkan kedalam grafik garis. Grafik ke-3 ini menunjukkan hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai *Asphalt Flow Down*.
7. Nilai kadar aspal sementara kemudian di plotting pada grafik ke-3 dengan cara membuat garis tegak lurus sampai mempertemukan garis hubungan antara variasi kadar aspal dengan nilai *Asphalt Flow Down*. Pada titik pertemuan ini kemudian dibuat garis horizontal ke kiri yang menunjukkan nilai hasil plotting *Asphalt Flow Down*.
8. Apabila nilai hasil plotting melebihi nilai standar *Asphalt Flow Down* AAPA 2004 yaitu 0,3%, maka perencanaan OAC max dan OAC min harus diulang. Sebaliknya jika nilai hasil plotting dibawah 0,3% maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).
9. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh dengan cara menjumlahkan nilai kadar aspal sementara dengan nilai *Asphalt Flow Down* hasil plotting.

Diagram alir perencanaan kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3. 3 Rencana Kadar Aspal Optimum (KAO).

3.5.4.3. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji pada penelitian ini dibuat berdasarkan kebutuhan untuk mencari KAO dan kebutuhan benda uji berdasarkan KAO yang didapat dengan penambahan variasi PET pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3. 5 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO

Variasi Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji		
	<i>Marshall</i>	<i>Asphalt Flow Down</i>	<i>Cantabro Loss</i>
4,5	3	3	3
5	3	3	3
5,5	3	3	3
6	3	3	3
6,5	3	3	3
Jumlah Total	15	15	15
		45 Buah	

Tabel 3. 6 Jumlah Benda Uji Berdasarkan KAO

Jenis Pengujian		Jumlah Benda Uji
<i>Marshall</i> rendaman	Tanpa rendaman	3
	30 menit	3
	24 jam	3
	Permeabilitas	3
Jumlah		12

Sehingga jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak $45 + 12 = 57$ buah benda uji.

3.5.5. Pembuatan Benda Uji

1. Benda Uji *Marshall* dan *Cantabro*

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

- Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi Kadar Aspal.
- Lalu masukan bahan agregat kedalam oven selama ± 4 jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal berdasarkan berat agregat setelah dioven.
- 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 per $\frac{1}{3}$ dan $\frac{1}{2}$ tinggi 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.
 - 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 menggunakan ketelitian 0,1 gr lalu didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh atau SSD (*Saturated Surface Dry*).
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.

- b. Lalu masukan bahan agregat kedalam oven selama ± 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 ± 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 AFD.

3.5.6 Pengujian Bahan

3.3.6.1. 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°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 pengujian, 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 perendaman, sesuai dengan SNI 03-6893-2002.

3.3.6.2. 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 (M_o).
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*.

3.3.6.3. 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 (m1).
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 (m2).
 3. Cetakkan yang berisi campuran aspal tersebut dimasukkan ke oven dengan suhu $\pm 160^{\circ}\text{C}$ selama ± 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 (m3).
 5. Berat cetakan (m1), berat cetakan beserta campuran beraspal sebelum dioven (m2), dan berat cetakan beserta campuran beraspal sesudah dioven (m3) dicatat kemudian dihitung menggunakan rumus *Asphalt Flow Down*.

3.5.6.4. Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas ini didasarkan dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Rachman 2010), adapun pengujian permeabilitas sebagai berikut:

1. Benda uji yang tidak dikeluarkan dari cetakan *marshall* direndam dalam keadaan jenuh selama 24 jam
2. Kemudian siapkan satu buah cetakan *marshall* lainnya yang akan disambungkan dengan cetakan yang berisi benda uji
3. Cetakan *marshall* yang sudah disambung kemudian diolesi lilin agar air tidak merembes dari samping
4. Letakkan cetakan dan benda uji pada meja pengujian permeabilitas kemudian tutup keran yang ada di bawahnya
5. Tuangkan air ke dalam cetakan setinggi 5 cm di atas permukaan benda uji
6. Buka keran dan catat waktu pengaliran air (t) tersebut

sampai merembes ke bawah dengan menggunakan stopwatch

7. Benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian diukur tingginya menggunakan jangka sorong dan hitung koefisien permeabilitasnya

3.6 Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan serta perhitungan karakteristik *Marshall* dan *Cantabro Loss* campuran aspal porous. Hasil penelitian juga diperoleh nilai karakteristik *Marshall* dan *Cantabro Loss* terhadap campuran aspal porous. Analisa pada penelitian ini menggunakan parameter nilai VIM, stabilitas, kelelahan (*flow*), kekakuan, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* standar *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004. Dari nilai-nilai tersebut akan memperlihatkan seberapa besar pengaruh campuran aspal porous. Sehingga akan mendapatkan hasil kesimpulan dan saran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, dapat disimpulkan bahwa menggunakan material Lampung dapat meningkatkan kinerja campuran aspal porus dengan kesimpulan hasil analisa sebagai berikut:

1. Nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi AAPA 2004 berada pada kadar aspal 4,5% - 5,5%. Hal ini menunjukkan campuran aspal porus menggunakan material dari Lampung cukup baik untuk mencegah deformasi akibat beban lalu lintas.
2. Nilai *flow* semakin mendekati batas atas spesifikasi AAPA 2004 seiring penambahan kadar aspal. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis dan lebih mengalami deformasi akibat beban.
3. Nilai *cantabro loss* semakin menurun yang artinya ketahanan campuran aspal terhadap disintegrasi semakin baik. Hal ini menunjukkan penambahan kadar aspal mampu mengikat agregat menjadi lebih baik.
4. Nilai VIM pada campuran semakin menurun seiring dengan penambahan kadar aspal mengakibatkan rongga udara menjadi lebih rapat sehingga tidak memenuhi spesifikasi AAPA 2004 yaitu 18%-25%, sehingga fungsi campuran untuk mengalirkan air menjadi kurang maksimal.
5. Berdasarkan pengujian permeabilitas untuk aspal porus menggunakan material Lampung didapatkan nilai koefisien rata-rata 0,075 cm/detik sehingga mampu mengalirkan air dengan baik.

5.2 Saran

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

1. Kadar aspal yang dapat ditambahkan ke dalam agregat sebaiknya dibawah 6,5% karena nilai daktilitas yang tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2018 dan berakibat pada stabilitas yang rendah.
2. Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui kinerja aspal pen 60/70 menggunakan peralatan *Dynamic Shear Rheometer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jumaili, M.A.H. 2016. *Laboratory Evaluation of Modified Porous Asphalt Mixtures*. *Applied Research Journal Vol. 2*: 104-117.
- Amiruddin, dkk. 2018. *Pemanfaatan Material Lokal Dalam Pembuatan Aspal Porus Tipe Ac-Wc Yang Aman Dan Ramah Lingkungan*. *Jurnal Forum Mekanika Vol. 7 No. 2*.
- Anonim, 2004. *Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*. Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah, Jakarta. 221 hlm.
- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *National Asphalt Specification*.
- Bria, Oktavianus K., dkk. 2018. *Kinerja Campuran Aspal Porus Berbagai Gradasi Pada Aspal Penetrasi 60/70*. *Jurnal Karkasa Vol. 4 No. 2*: 93-101.
- 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.
- Diana, I.W. 1995. *Aspal Porus. Lembaran Penelitian Universitas Lampung*. Bandar Lampung.
- 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.
- R., Mirza Ghulam. 2017. *Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal*. *Jurnal Sipil Politeknik Vol. 19. No. 1*.
- Rachman, Rais. 2010. *Permeabilitas Dan Karakteristik Kekuatan Campuran Aspal Beton Bergradasi Terbuka Dengan Bahan Tambah Serat Selulosa*. *Adiwidia Edisi Desember 2010, No. 2*: 50-55.

- Sembung, Nadya T., dkk. 2020. *Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Materialdari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. Jurnal Sipil Statik Vol. 8 No. 3: 345-352.*
- Setyawan, A. & Sanusi. 2008. *Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi Dengan Material Lokal. Media Teknik Sipil: 15-20.*
- Sukirman, S. 1999. *Perkererasan Lentur Jalan Raya.* Nova, Bandung. 246 hlm.
- 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.
- Verhoef, P.N.W., 1989, *Geologi Untuk Teknik Sipil,* Penerbit Erlangga, Jakarta
- Bowles, J.E., 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah,* Penerbit Erlangga, Jakarta