

**KARAKTERISTIK UJI *MARSHALL* PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC*  
*ASPHALT (SMA)***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**AM ARIF RAHMAN RA**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### KARAKTERISTIK UJI MARSHALL PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)

Oleh

AM ARIF RAHMAN RA

Di Indonesia banyak jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencananya tercapai. Kerusakan tersebut diantaranya yaitu jalan yang berlubang, jalan yang mengalami keretakan serta pengelupasan pada permukaan jalan. Jenis perkerasan yang biasa digunakan adalah perkerasan lentur, sedangkan jenis campurannya menggunakan *Asphalt Concrete* (AC). AC memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (*AC-Wearing Course*) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston adalah pelepasan pada butir agregat dan retak, dilalukannya penelitian ini sebagai perbandingan dengan menggunakan tipe campuran lain. Salah satu campuran beton aspal yang masih jarang ditemui pengujiannya yaitu perkerasan jalan yang menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) yang memiliki kandungan agregat kasar dan kadar aspal yang lebih tinggi yang membuat ketahanan geseknya lebih tinggi, lebih tahan terhadap deformasi dan tidak mudah retak.

Penelitian ini menggunakan metode analisa perbandingan dari nilai parameter dan karakteristik *marshall* dari campuran. Membandingkan nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, Dan IKS dengan 2 variasi rendaman selama rendaman normal 30 menit dan 24 jam dari campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan campuran AC.

Hasil penelitian ini diperoleh nilai stabilitas dan VIM dari campuran SMA yang lebih kecil dibandingkan campuran AC namun didapatkan nilai *flow*, VMA, dan VFA yang lebih besar yang membuat campuran SMA memiliki keunggulan lebih tahan terhadap deformasi dan ketahanan gesek yang lebih tinggi karena kandungan agregat kasar yang lebih banyak dan lebih awet dan tidak mudah retak karena kandungan kadar aspal yang lebih banyak dibandingkan campuran AC.

Kata kunci: Karakteristik *marshall*, Perbandingan, SMA (*Split Mastic Asphalt*), AC (*Asphalt Concrete*).

## **ABSTRACT**

### **MARSHALL TEST CHARACTERISTICS ON SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA) MIXTURE**

**By**

**AM ARIF RAHMAN RA**

*In Indonesia, many roads are damaged before their planned life is reached. The damage included potholes, cracked roads and peeling of the road surface. The type of pavement commonly used is flexible pavement, while the mixed type uses Asphalt Concrete (AC). AC has a high degree of flexibility, so that placing it directly on a layer such as a wear layer (AC Wearing Course) makes this layer vulnerable to damage due to high temperatures and heavy traffic loads. The type of damage that often occurs in laston is the release of aggregates and cracks. This study was carried out as a comparison by using other types of mixtures. One of the asphalt concrete mixtures that is still rarely tested is road pavement using a mixture of Split Mastic Asphalt (SMA) which has a coarse aggregate content and a higher asphalt content which makes its friction resistance higher, more resistant to deformation and not easy to crack.*

*This study uses a comparative analysis method of parameter values and Marshall characteristics of the mixture. Comparing the values of stability, flow, VIM, VMA, VFA, and IKS with 2 variations of immersion during normal soaking of 30 minutes and 24 hours of the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture and the AC mixture.*

*The results of this study obtained that the stability and VIM values of the SMA mixture were smaller than the AC mixture but the values of flow, VMA, and VFA were greater, which made the SMA mixture more resistant to deformation and higher frictional resistance due to the higher content of coarse aggregate. more and more durable and not easy to crack because the asphalt content is higher than the AC mixture.*

*Keywords: Marshall characteristics, comparison, Split Mastic Asphalt, Asphalt Concrete.*

**KARAKTERISTIK UJI *MARSHALL* PADA CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT (SMA)***

**Oleh**

**AM ARIF RAHMAN RA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2022**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK MARSHALL PADA  
CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT  
(SMA)**

Nama Mahasiswa : **AM ARIF RAHMAN RA**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1715011059**

Program Studi : **S1 Teknik Sipil**

Fakultas : **Teknik**



*[Signature]*  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
**NIP 196911112000031002**

*[Signature]*  
**Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**  
**NIP 197410042000032002**

**2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil**

**3. Ketua Jurusan Teknik Sipil**

*[Signature]*  
**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
**NIP 197208291998021001**

*[Signature]*  
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.,**  
**NIP 1962040819890032001**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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

**Sekretaris : Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T**

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

**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., &**  
**NIP 19750928 200112 10 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 Juli 2022**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, adalah :

Nama : AM ARIF RAHMAN RA  
NPM : 1715011059  
Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "*Karakteristik Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA)*" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacuh dalam naskah ini dan disebut dalam Daftar Pustaka. 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.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Juli 2022

Pembuat Pernyataan



AM ARIF RAHMAN RA  
NPM. 1715011059

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama AM ARIF RAHMAN RA, dilahirkan di Banjit, Lampung pada 06 Januari 1999. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putra dari Bapak Ahmad Putra Utama dan Ibu Erdawati

Jenjang Pendidikan Penulis dimulai dari Taman Kanak-Kanak di TK Muslimin Kec. Banjit Kabupaten Waykanan dimulai dari tahun 2003-2004. Setelah lulus TK penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Banjit Kec. Banjit Kabupaten Waykanan dimulai dari tahun 2004-2010. Setelah lulus SD penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 04 Bandar Lampung tahun 2010-2013 dan melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah Atas di Pondok Pesantren Daar El Qolam 3 pada tahun 2013-2016. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur SBMPTN.

Pada tahun 2018 sampai 2019 penulis tercatat sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Advokasi. Kemudian pada periode 2018/2019 penulis tercatat sebagai anggota

Departemen Advokasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS)  
Universitas Lampung.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata di Sepang Jaya, Kecamatan Labuhan Ratu, Bandar Lampung selama 40 hari pada periode I (satu) pada tahun 2021. Dalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di KSO Adhikarya-Abipraya pada Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung selama 3 bulan.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2021, dengan judul skripsi Karakteristik *Marshall* Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)

## **PERSEMBAHAN**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan aku kekuatan dan kesempatan hingga berada di titik ini

### **Bapak dan Ibuku**

*Orang Tua-ku atas segala pengorbanan yang tak terbalaskan, do'a, kesabaran, keikhlasan, cinta dan kasih sayangnya yang tidak ada putusnya*

### **Adiku Tersayang**

*Untuk adik laki-lakiku satu-satunya, yang menjadi semangat terbesar dalam menyelesaikan tugas dan kewajibanku ini*

### **Dosen Teknik Sipil**

*Yang selalu membimbing, mengajarkan, memberikan saran serta saran baik secara akademis maupun non akademis*

### **Sahabat-sahabatku**

*Yang selalu membantu, memberikan semangat, mendukung menuju keberhasilan, selalu ada, serta berbagi cerita suka duka dalam berkeluh kesah*

# MOTTO

*"The best way to get started is to quit talking and begin doing."*

- Walt Disney -

*"Work hard in silence, let success be your noise."*

- Frank Ocean -

*"If you get tired, learn to rest not to quit."*

- unknown -

*"Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil, tapi berusahalah menjadi orang yang berguna."*

- Albert Einstein-

*"Intelligence with character, that's the goal of true education."*

-Martin Luther king Jr-

*"Don't Try do the best but do the best when you tried."*

- Arif rahman-

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah, serta inayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Karakteristik *Marshall* Pada Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT dengan segala kuasa-Nya pemberi rahmat, hidayah dan ampunan bagi hamba-Nya termasuk penulis. Terimakasih ya Allah, semoga semua hal yang telah penulis lakukan dan kerjakan bernilai ibadah dan mendapat pahala dari-Mu. Aamiin ya Rabb.
2. Kedua orang tua, Ayah dan Ibu tercinta, Ahmad Putra Utama dan Erda Wati. 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, kesehatan, kasih sayang, umur panjang dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan Ayah dan Ibu tercinta.
3. Adik tersayang, Candra Kharisma yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan serta kebahagiaan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

4. Auliana tersayang yang senantiasa memberikan semangat dan selalu menemani penulis dalam suka duka mengerjakan dan menyelesaikan skripsi
5. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
7. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
8. Bapak Sasana Putra S.T., M.T. selaku pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas ilmu, masukan, ide serta saran yang sangat membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini, terima kasih juga atas kebaikan serta segala pengertian dan kesabaran selama proses menyusun tulisan ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan bagi bapak dan Keluarga.
9. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua penulis. Terima kasih atas ilmu, masukan, ide serta saran yang sangat membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini, terima kasih juga atas kebaikan serta segala pengertian dan kesabaran selama proses menyusun tulisan ini. Semoga segala kebaikan ibu akan selalu membawa keberkahan bagi Ibu dan Keluarga.
10. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T. selaku dosen penguji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik dan saran yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan

skripsi ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan bagi Bapak dan Keluarga.

11. Seluruh dosen Prodi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan. Serta staf akademisi.
12. Kawan-kawan angkatan 2017 yang telah sama-sama berjuang, maaf tidak bisa menyebutkan satu-persatu. Terima kasih atas segalanya selama 5 tahun masa kuliah ini. Semoga kita semua akan selalu diberikan kemudahan serta kesuksesan dalam berkarir nanti.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Karenanya, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 22Juli 2022



**AM ARIF RAHMAN RA**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>i</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 Perkerasan Jalan .....	6
2.2 <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA).....	8
2.3 Aspal .....	12
2.4 Agregat.....	18
2.5 Karakteristik Uji <i>Marshall</i> .....	22
2.6 Indeks Kekuatan Sisa (IKS).....	26
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2 Lokasi Penelitian .....	29
3.3 Bahan – Bahan Penelitian .....	29
3.4 Peralatan Penelitian .....	29
3.5 Prosedur Penelitian .....	31

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1 Hasil Pengujian Aspal.....	38
4.2 Hasil Pengujian Agregat .....	38
4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan .....	39
4.4 Kadar Aspal Optimum (KAO) .....	41
4.5 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada KAO.....	45
4.6 Hasil Perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) .....	50
4.7 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Hasil Studi Terdahulu.....	51
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>68</b>
5.1. Kesimpulan .....	68
5.2. Saran .....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	28
Gambar 4.1. Grafik Gradasi Kombinasi Analisa Saringan.....	39
Gambar 4.2. Kurva hubungan kadar aspal dengan (a) Stabilitas, (b) <i>flow</i> , (c) VMA, (d) VIM, (e) VFA, (f) <i>Marshall Quotient</i> , (g) Kepadatan ....	43
Gambar 4.3. Grafik Kadar Aspal Optimum Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> .....	44
Gambar 4.4. Kurva hasil uji marshall pasca perendaman (a) Stabilitas, (b) <i>flow</i> , (c) VMA, (d) VIM, (e) VFA .....	48
Gambar 4.5. Diagram Perbandingan Indeks Kekuatan Sisa (IKS).....	66

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.....	7
Tabel 2. 2. Ketentuan untuk Aspal Keras .....	16
Tabel 2. 3. Ketentuan Agregat Kasar.....	19
Tabel 2. 4. Ketentuan Agregat Halus.....	20
Tabel 3. 1. Standar Pemeriksaan Agregat .....	32
Tabel 3. 2. Standar Pengujian Aspal.....	33
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Aspal .....	37
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Agregat .....	33
Tabel 4. 3. Gradasi Kombinasi Analisa Saringan.....	33
Tabel 4. 4. Nilai Parameter <i>Marshall</i> Untuk Memperoleh KAO .....	41
Tabel 4. 5. Ketentuan Sifat-sifat Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> .....	45
Tabel 4. 6. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC).....	46
Tabel 4. 7. Hasil Uji <i>Marshall</i> Variasi Rendaman Selama 30 Menit dan 24 Jam	46
Tabel 4. 8. Hasil Perhitungan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) .....	50
Tabel 4. 9. Pengaruh Perbedaan KAO Pada Hasil Uji <i>Marshall</i> .....	52
Tabel 4. 10. Perbandingan Nilai Stabilitas Antar Campuran .....	53
Tabel 4. 11. Perbandingan Nilai <i>flow</i> Antar Campuran.....	57
Tabel 4. 12. Perbandingan Nilai VMA Antar Campuran .....	60

Tabel 4. 13. Perbandingan Nilai VIM Antar Campuran.....	62
Tabel 4. 14. Perbandingan Nilai VFA Antar Campuran.....	63
Tabel 4. 15. Perbandingan Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS).....	64

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Lapisan perkerasan jalan merupakan bagian penting dari struktur konstruksi jalan dalam mendukung beban lalu lintas kendaraan. Di Indonesia banyak jalan yang mengalami kerusakan sebelum umur rencananya tercapai. Kerusakan tersebut diantaranya yaitu jalan yang berlubang, jalan yang mengalami keretakan serta pengelupasan pada permukaan jalan. Banyak penelitian terus dikembangkan guna meningkatkan kualitas pada perkerasan dan mengantisipasi kerusakan sebelum waktunya.

Jenis perkerasan yang biasa digunakan adalah perkerasan lentur, sedangkan jenis campurannya menggunakan *Asphalt Concrete* (AC) atau sering disebut Lapis aspal beton yang dibuat dengan campuran panas (*Hot Mix*). *Asphalt Concrete* terdiri dari Lapis Aus (*AC-Wearing Course*) Lapis Antara (*AC-Binder Course*) dan Lapis Pondasi (*AC-Base Course*). *Asphalt Concrete* memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (*AC-Wearing Course*) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston adalah pelepasan pada butir agregat dan retak.

Dari permasalahan diatas, perlu dilakukannya penelitian dan analisa perbandingan dengan menggunakan tipe campuran lain, salah satu campuran beton aspal yang masih jarang ditemukan pengujiannya yaitu perkerasan jalan yang menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA). SMA merupakan campuran gradasi timpang dengan persentase agregat kasar yang tinggi. SMA mempunyai kekurangan yaitu biaya yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan campuran beraspal konvensional, sekitar 10-20% yang diakibatkan oleh penggunaan kadar aspal yang tinggi namun campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai *skid Resistance* tinggi karena kadar agregat kasarnya lebih banyak dan mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi sehingga lebih dapat melayani kendaraan berat dengan lebih baik.

Agregat dari SMA memiliki gradasi terbuka, sehingga dapat memiliki ketebalan lapisan film aspal yang tinggi, hal ini membuat lapisan lebih tahan terhadap sinar ultraviolet dan oksidasi sehingga dapat meningkatkan daya tahan dari lapisan perkerasan jalan. Penulis akan melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik uji *marshall* pada campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan Analisa perbandingan campuran Asphalt Concrete dan campuran *Split Mastic Asphalt* sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan perkerasan jalan raya serta sebagai referensi untuk dikembangkan dalam penelitian lebih lanjut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah dilakukannya analisa perbandingan antara campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan tipe campuran lain dan memahami apa keunggulan campuran SMA dari karakteristik campurannya dibandingkan dengan tipe campuran lain.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik dari campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan perbandingan dengan campuran perkerasan lain.

## 1.4. Batasan Penelitian

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

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70
3. Campuran aspal yang digunakan adalah Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)
4. Penelitian ini didasarkan pada pengujian *Marshall* untuk mengetahui karakteristik uji *Marshall* pada campuran SMA.
5. Pengujian menggunakan metode rendaman dengan mengambil nilai IKS (Indeks kekuatan sisa) atau IRS (Index Retained Stability).
6. Tipe campuran pembanding adalah campuran *Asphalt Concrete* (AC)

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam memilih tipe campuran yang akan digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan.
2. Untuk memberikan pemahaman tentang karakteristik uji *Marshall* terhadap campuran perkerasan *Split Mastic Asphalt* (SMA).

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini menggunakan sistematika penulisan yaitu sebagai berikut:

### **I. Pendahuluan**

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

### **II. Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus - rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian 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 lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan. Fungsi perkerasan adalah untuk memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman, serta sebelum umur rencananya tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis.

Lapisan paling atas disebut juga sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya, dibawahnya terdapat lapisan fondasi yang diletakan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Dilihat dari bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

#### 2.1.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi:

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. Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2. 1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

<b>Aspek Tinjauan</b>	<b>Perkerasan Lentur</b>	<b>Perkerasan Kaku</b>
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repitisi Beban	Timbul Rutting (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., (1992), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.*

## 2.2 *Split Mastic Asphalt (SMA)*

*Split Mastic Asphalt (SMA)* merupakan campuran gradasi timpang dengan persentase agregat kasar yang tinggi. Salah satu campuran SMA ialah bergradasi terbuka, dengan sifat:

1. Tahan terhadap alur dimana terdapat temperature yang cukup tinggi serta lalu lintas berat yang bertumpu pada suatu tempat.
2. Dapat dilaksanakan walaupun dengan pelapisan yang tipis.
3. Banyaknya rongga yang terdapat dalam campuran, maka digunakan kadar aspal yang cukup tinggi.
4. Tidak peka jika terjadi perubahan kadar aspal terhadap campuran.
5. Lebih fleksibel saat mengatasi perubahan bentuk karena kurang bagusnya lapisan bawah.
6. Menghasilkan kelekatan cukup baik antara lapisan SMA dengan lapisan bawahnya.
7. Memiliki struktur permukaan yang seragam dan kasar.

Menurut Sukirman (1999) menyatakan bahwa *Split Mastic Asphalt (SMA)* merupakan campuran agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, aspal dan bahan tambah, atau merupakan campuran beton aspal panas bergradasi senjang yang terdiri dari campuran *split, mastic asphalt*, serta bahan tambah. dengan sifat- sifat sebagai berikut:

1. Persentase fraksi kasar/CA yang tinggi (70%-80%) dan memiliki gradasi terbuka (*open graded*).
2. Kadar aspal dan kekentalan / Ti aspal tinggi (6,5%-7,5%) sehingga tebal

*filler* aspal cukup tebal.

3. Memerlukan agregat *filler* yang cukup banyak.
4. Memerlukan bahan tambah untuk stabilisasi bitumen.

Terdapat 3 (tiga) jenis SMA, yaitu:

1. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3,0 cm, digunakan untuk pemeliharaan dan perbaikan setempat seperti perbaikan rutting.
2. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2,0 – 4,0 cm, digunakan untuk pelapisan ulang (overlay).
3. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3,0 – 5,0 cm, digunakan untuk lapis permukaan jalan baru.

Menurut Blazejowski (2011) kelebihan *Split Mastic Asphalt* (SMA) secara umum, adalah seperti berikut:

1. Umur pelayanan yang tinggi.
2. Ketahanan yang tinggi terhadap deformasi sebagai akibat dari kandungan agregat kasar yang besar dan membentuk rangka agregat yang kuat.
3. Ketahanan terhadap retak lelah yang baik karena kadar aspal yang tinggi.
4. Makro tekstur yang baik dan mengurangi cipratan air akibat kendaraan pada saat permukaan basah.
5. Mengurangi kebisingan.

Menurut Marta Wasilewska (2017) keuntungan utama dari lapisan keausan yang terbuat dari SMA adalah ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi permanen daripada campuran aspal gradasi padat konvensional. Hal ini dimungkinkan karena SMA dicirikan oleh kerangka yang kuat karena kandungan agregat kasar yang tinggi dalam campuran mineral (dari 70 hingga

80%). Hal ini menyebabkan makrotekstur yang tinggi dari lapisan keausan yang terbuat dari campuran SMA. Ini penting untuk ketahanan gesek yang baik pada kecepatan selip tinggi. Sedangkan rendahnya jumlah agregat halus dalam campuran mineral menyebabkan perubahan mikrotekstur hampir sepenuhnya bergantung pada ketahanan terhadap pemolesan agregat kasar. Perlu dicatat bahwa mikrotekstur mempengaruhi ketahanan gesek baik pada kecepatan selip rendah maupun tinggi.

Disamping kelebihan seperti di atas, *Split Mastic Asphalt* (SMA) mempunyai kekurangan yaitu:

1. Biaya relatif lebih mahal dibanding campuran beraspal konvensional, sekitar 10-20 % sebagai akibat dari penggunaan kadar aspal yang tinggi dan penambahan bahan penstabil.
2. Resiko munculnya spot – spot aspal pada permukaan sebagai akibat kesalahan atau variasi selama produksi atau pelaksanaan.

Penelitian menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) pernah dilakukan oleh Yasin tentang “Karakteristik *Marshall* Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) menggunakan aspal Retona Blend 55 dan Penambahan Serat dari Karung Goni” didapat bahwa kadar aspal optimum pada penambahan non serat adalah 7,1%, 7,5% pada penambahan 0,03% serat, 8% pada penambahan 0,05% serat, 7,8% pada penambahan 0,07% serat. Pemakaian aspal yang cukup tinggi disebabkan kandungan agregat kasar yang tinggi pada campuran SMA yaitu sebanyak 62 % sehingga memerlukan selimut aspal yang tinggi. Campuran beraspal yang mendapat penambahan serat dapat

berubah beberapa sifatnya, yaitu serat dalam aspal dapat memperkuat aspal dan meningkatkan nilai stabilitasnya.

Penelitian lain yang juga menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* pernah dilakukan oleh Bramasta (2020) tentang “Kinerja *Marshall* Pada Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung” diperoleh bahwa seiring dengan penambahan serat selulosa alami tongkol jagung dapat mempengaruhi karakteristik *marshall* yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, MQ, dan *density*. Kadar optimum serat selulosa yang ditambahkan untuk campuran SMA yaitu sebesar 0,15% sampai dengan 0,3% karena pada range tersebut terjadi peningkatan kinerja kekuatan paling baik serta karakteristiknya memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

Pengujian menggunakan campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) juga dilakukan oleh Aminin dkk (2020) tentang “Karakteristik *Marshall* Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan Penambahan Selulosa Serat Kapuk” didapat bahwa Kekuatan (stabilitas) campuran dengan penambahan kadar serat kapuk semakin meningkat secara signifikan, namun pada kadar tertinggi kekuatan berkurang, karena serat kapuk dengan kadar tinggi justru membuat campuran menjadi licin selain itu kepadatan campuran berkurang, sehingga kekuatan semakin menurun. Berdasarkan keawetan, dari nilai *flow* penambahan serat kapuk dapat membuat nilai *flow* semakin menurun, namun dengan kadar serat yang tinggi nilai *flow* dapat meningkat. Berdasarkan fleksibilitas, bertambahnya kadar serat kapuk dapat meningkatkan nilai MQ hingga pada batas optimum, hal ini menunjukkan kekakuan yang dimiliki

semakin meningkat, namun dengan kadar serat kapuk yang tinggi pada kadar 0,0755 dan 0,1% fleksibilitas semakin menurun.

Menurut penelitian Razali (2014) tentang “Pengaruh *Dust Proportion* Terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran *Split Mastic Asphalt*” didapat bahwa semakin tinggi nilai *dust proportion* terhadap campuran cenderung dapat menurunkan nilai VMA dan VFA. Sedangkan nilai VIM meningkat dengan ditingkatkannya nilai *dust proportion*. Peningkatan *dust proportion* mengakibatkan Nilai stabilitas yang bervariasi dan mengakibatkan naiknya nilai *Marshall Quotient* (MQ).

### 2.3 Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesi, kedap air dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Pada suhu atmosfer, aspal akan berupa benda padat atau semi padat, tetapi aspal akan mudah dicairkan jika dipanaskan. Definisi aspal adalah campuran yang terdiri dari bitumen dan mineral, sedangkan yang dimaksudkan dengan bitumen adalah bahan yang berwarna coklat hingga hitam, berbentuk keras hingga cair, mempunyai sifat lekat yang baik, dan mempunyai sifat berlemak dan tidak larut dalam air.

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen, oleh karena itu bitumen seringkali disebut pula sebagai aspal. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang bersifat termoplastis yaitu aspal akan mencair jika dipanaskan, dan kembali membeku jika suhu turun. Sedangkan sifat aspal lainnya adalah:

1. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
2. Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.
3. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami teganganregangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Aspal merupakan material bersifat viskoelastis sehingga akan mengeras pada suhu rendah atau dalam keadaan dingin dan mencair bila suhu tinggi atau dalam keadaan panas. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous.

#### 1. Aspal Keras / *Asphalt Cement*

Aspal keras / panas (*asphalt cement, AC*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang). Aspal emulsi (*emulsion asphalt*) adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi, dapat digunakan dalam keadaan dingin ataupun panas. Di Indonesia aspal yang sering digunakan adalah aspal pen 60/70. Ukuran kekerasan aspal yang diperoleh dengan pengujian masuknya jarum ke dalam aspal dengan beban, temperature dan waktu tertentu sesuai SNI 06-2456-1991. Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari segi itu sendiri.
- c. Lapisan kedap air, yaitu menyelimuti permukaan butir agregat sehingga tahan terhadap pengaruh garam, asam, dan basa.

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

- a. Daya tahan (*durability*), adalah kemampuan aspal menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan air dan perubahan suhu atau pun keausan akibat gesekan roda kendaraan.
- b. Adesi dan kohesi. Adesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.
- c. Kepekaan terhadap temperatur. Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.
- d. Kekerasan aspal, aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan. Pada proses pemanasan inilah akan terjadi pengerasan.

Fungsi aspal antara lain:

- a. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan.
- b. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan diatas lapis fondasi sebelum lapis berikutnya.
- c. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang di letakan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi sebagai pengikat di antara keduanya.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70. Ketentuan untuk aspal keras dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60/70
1	Penetrasi terhadap 25 <sup>0</sup> C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa. (0 <sup>0</sup> C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas Kinematis 135 <sup>0</sup> C	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (0 <sup>0</sup> C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 <sup>0</sup> C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik Nyala (0 <sup>0</sup> C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (0 <sup>0</sup> C)	ASTM D5976-00 Part 6.1 Dan SNI 2434:2011	-
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*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa.(0 <sup>0</sup> C)	SNI 06-6442-2000	-
13	Penetrasi terhadap 25 <sup>0</sup> C (0% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54
14	Daktilitas pada 25 <sup>0</sup> C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
<b>Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6878-2002) pada temperatur 100<sup>0</sup>C dan tekanan 2,1 Mpa</b>			
15	Temperatur yang menghasilkan geser dinamis(G*/sin) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 5000 kPa. (0C)	SNI 06-6442-2000	-

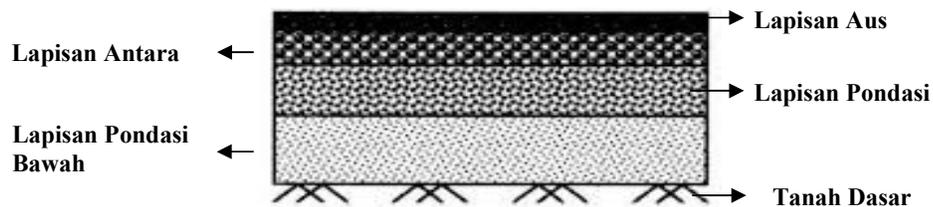
Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.5 hal 40-41.

### 2.3.1 Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton (Laston) merupakan campuran agregat halus dan agregat kasar, dan bahan pengisi (*filler*) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi panas yang tinggi. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (*Asphalt Concrete Base / Asphalt Treated Base*). Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam jenis campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*), dengan tebal minimum adalah 5 cm, terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan di lapisan pondasi (*base course*).
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal minimum adalah 6 cm.

Lapisan-lapisan ini kemudian akan mendistribusikan beban yang diterima ke lapisan dibawahnya.



Gambar 2.1. Lapisan aspal beton.

## 2.4 Agregat

Menurut Tri Maryoko (2015), Agregat merupakan butir mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu- batuan atau juga berupa mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton dan memiliki peranan penting pada beton. Kandungan agregat pada beton mencapai 70-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga pemilihan agregat termasuk bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi menjadi dua macam yaitu agregat kasar dan agregat halus yang didapat secara alami atau buatan.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, tekstur permukaan, bentuk butir, berat jenis, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, kemampuan untuk menyerap air, porositas, dan daya ikat aspal dengan agregat. Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi beberapa faktor yaitu:

Agregat berdasarkan ukurannya dapat dibagi atas:

1. Agregat kasar, yaitu yang tertahan ayakan No.8 atau berukuran  $> 2,36$  mm
2. Agregat halus, yaitu yang lolos ayakan No.8 atau berukuran  $< 2,36$  mm
3. Bahan pengisi (filler), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200 atau berukuran  $< 75$  mikron.

Berikut sifat-sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi:

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan

dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan, bentuk butir dan tekstur permukaan.

2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh porositas dan jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

#### 2.4.1. Klasifikasi Agregat Berdasarkan Ukuran Butirannya

Ukuran agregat pada suatu campuran beraspal terdistribusi dari yang berukuran besar sampai yang berukuran kecil. Ukuran tersebut berpengaruh terhadap kemudahan pengerjaan serta kepadatan campuran. Agregat dibedakan dalam beberapa istilah, antara lain:

##### 1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm).

Ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Ketentuan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Nilai
1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	Maks. 12%
		Magnesium Sulfat	Maks. 18%
2	Abrasi dengan mesin Los Angeles	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
3	Kekekalan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%
4	Butiran pecah terhadap agregat kasar	SNI 7619:2012	95/90**)
5	Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
6	Material lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 1%

*Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.1a*

## 2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah yang lolos dari saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) sampai batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan dan gesekan antar partikel. Ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Ketentuan Agregat Halus

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

*Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.2)*

3. Bahan pengisi (*filler*) adalah material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, *portland* semen, dan abu batu yang tidak kurang dari 75%, non-plastis. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran. Semua campuran beraspal yang mengandung bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam rentang 1-2% dari berat total campuran agregat.

## 2.4.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Gradasi agregat yang digunakan sebagai campuran aspal dapat dibedakan atas tiga, yaitu:

### 1. Gradasi Seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

### 2. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

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

### 3. Gradasi Senjang dan Gradasi Semi Senjang

Gradasi senjang dan gradasi semi senjang hampir sama yaitu gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

Campuran beraspal dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari keadaan campuran dengan gradasi yang disebutkan diatas.

Menurut Indra dan Alvin (2017), Gradasi adalah salah satu sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan dari perkerasan. Cara untuk mendapatkan gradasi agregat menggunakan cara analitis yaitu *trial and error* dan grafis. Direkomendasikan untuk memilih gradasi atas atau tengah karena berdasarkan kadar aspal yang dibutuhkan untuk memberikan hasil VIM yang sesuai dengan spesifikasi, gradasi atas dan tengah membutuhkan kadar aspal yang lebih sedikit dibandingkan gradasi bawah. Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* dapat dilihat di table 2.5.

Tabel 2.5. Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (SMA)

URAIAN	SATUAN
Gradasi Agregat	( % Lolos saringan )
12,50 mm	100
11,20 mm	90 – 100
8,00 mm	50 – 75
5,00 mm	30 – 50
2,00 mm	20 – 30
0,71 mm	13 – 25
0,25 mm	10 – 20
0,09 mm	8 – 13

*Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga. 1992. General Specification for Road Betterment Project. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta*

## 2.5 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* 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. Nilai stabilitas campuran aspal jenis SMA disyaratkan adalah <600 kg.

#### 2. Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan (*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 Mixture* (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:

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

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 kekedapan 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:

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

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:

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

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai *flow* (mm)

## 2.6 Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) atau IRS (*Index Retained Stability*) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu diuji stabilitas *Marshall*-nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan diuji setelah perendaman pada suhu 60°C selama waktu T2. Dari kedua perendaman tersebut didapat nilai stabilitas Marshall, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) *Marshall* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

(HUNTER, 1994) :

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \geq 90\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

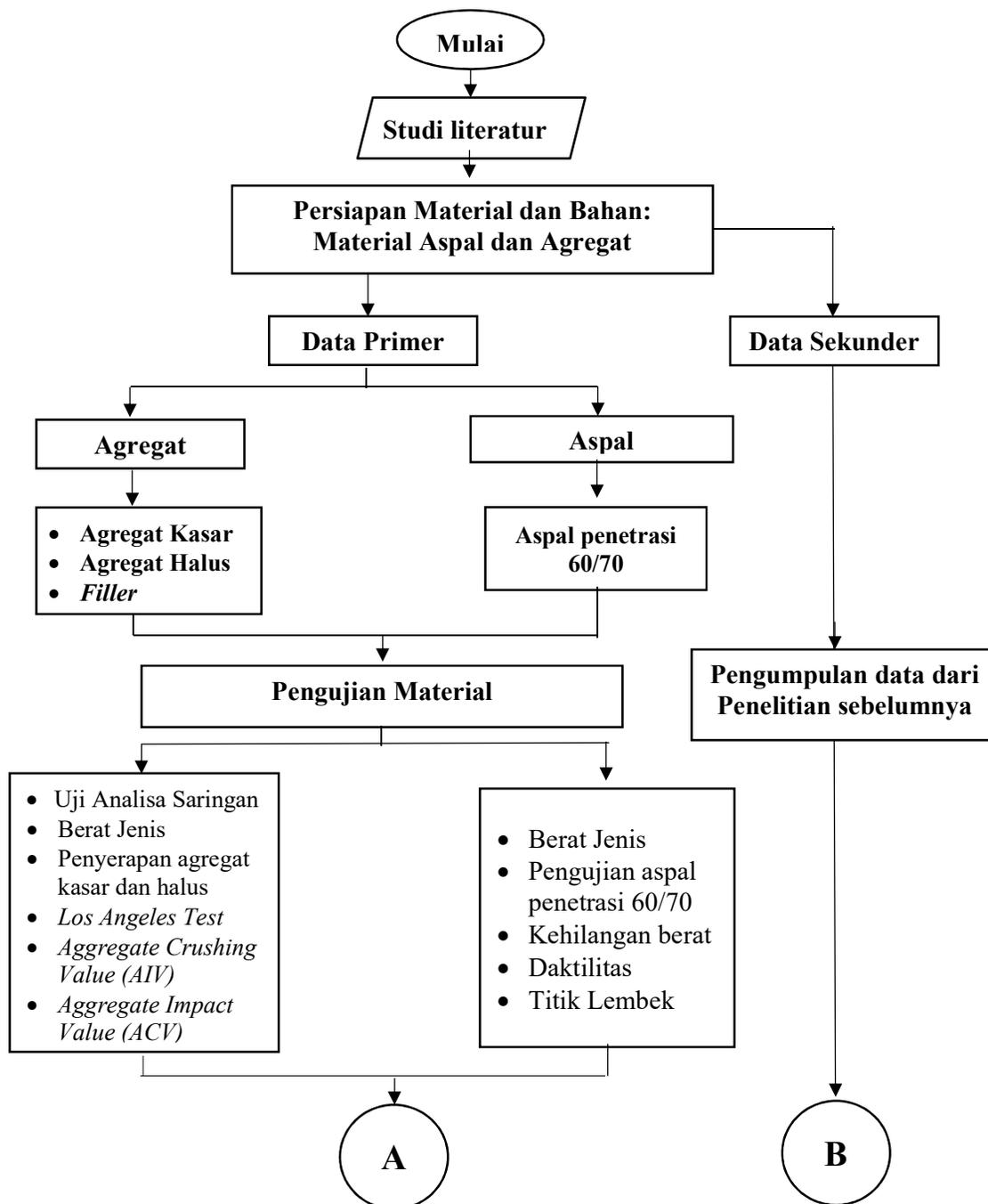
S1 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 (Kg)

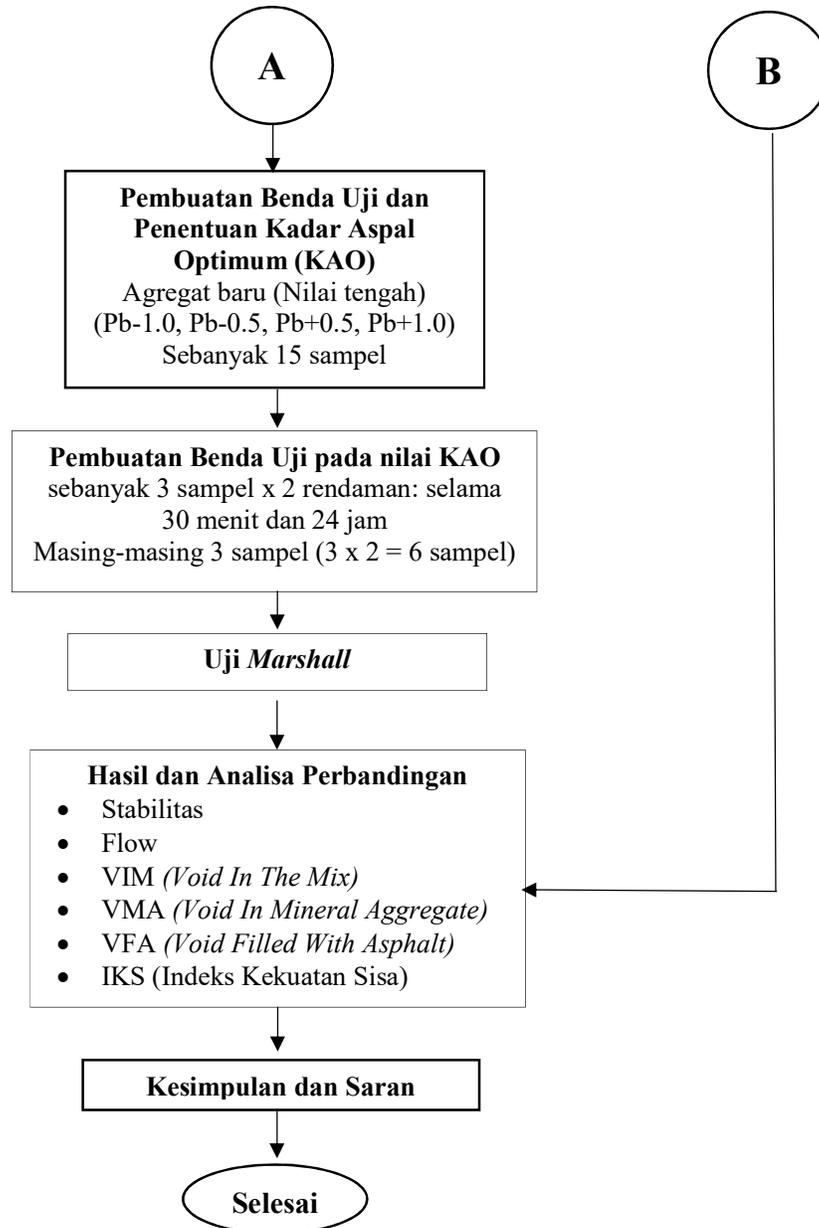
S2 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 (Kg)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1. 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.4 (4,75 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.4 (4,75 mm).

#### 3. *Filler*

Bahan Pengisi atau Material Lolos Saringan No. 200

#### 4. Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah 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 75 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, termometer, 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.

### **3.5 Prosedur Penelitian**

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

#### **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.

#### **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 semua bahan yang dibutuhkan, lalu didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian dan penelitian.

#### **3. Pengujian Bahan**

Pengujian terhadap sifat material pembentuk bahan perkerasan, agar bahan material tersebut sesuai dengan standar/spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebagai berikut: Pengujian analisis saringan (*sieve analysis*). 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.

a. 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.

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	<i>Los Angeles Test</i>	SNI 03-2417-2008
5	<i>Aggregate Impact Value Test (AIV)</i>	BS 812: Part 3: 1975
6	<i>Aggregate Crushing Value Test (AIV)</i>	BS 812: Part 3: 1975

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

b. 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 3.2

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	Daktalitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991

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

#### 4. Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Langkah pertama yang dilakukan dalam tahap ini adalah menentukan  $P_b$ , yaitu kadar aspal yang digunakan sebagai perkiraan awal kadar aspal rancangan yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:  $P_b = 0,035 CA + 0,045 FA + 0,18 \text{ filler} + \text{konstanta}$  Dimana:  $P_b$ : kadar aspal semen minimum CA: agregat kasar yang tertahan saringan No.4, FA: agregat halus yang lolos saringan No.4 dan Filler: agregat halus lolos saringan No.200. Setelah didapat nilai  $P_b$ , diambil 5 kadar aspal yang ditentukan dengan nilai  $P_b$  sebagai nilai tengah, kemudian diambil 4 kadar aspal berbeda lainnya yaitu  $\pm 0,5$  dengan ketentuan:  $P_b - 1, P_b - 0,5, P_b, P_b + 0,5, P_b + 1$ .

#### 5. Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Benda Uji

- a. Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji dibuat sebanyak tiga buah pada masing-masing variasi Kadar Aspal Optimum (KAO).

- 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 KAO, jumlah sampel sebanyak 15 sampel agregat baru berdasarkan nilai tengah, dari hasil KAO dibuat 6 sampel dengan dua kondisi rendaman, rendaman selama 30 menit dan 24 jam, jadi jumlah total sampel sebanyak 21 sampel.
- d. Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan yang akan digunakan dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu yang terlalu signifikan campuran pada sampel. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
- e. Memasukkan campuran dalam cetakan per  $1/3$  dan  $1/2$  tinggi cetakan kemudian memadatkannya menggunakan pemadat pipih yang dimaksudkan agar tidak terjadi rongga pada sampel dan melakukan pemadatan dengan alat *compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
- 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*).

#### **6. Pengujian menggunakan alat Marshall**

Pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan (*flow*) pada campuran beraspal yang mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan akan dilakukan pengujian percobaan 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*:

- a. 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.
- b. Membersihkan bagian dalam kepala penekan alat uji *Marshall* dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.

- c. Lalu 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.
- d. 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.
- e. Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.
- f. Melakukan pengujian berat jenis maksimum (Gmm) pada setiap sampel perendaman, sesuai dengan SNI 03-6893-2002.

#### **7. Menghitung Parameter *Marshall***

Setelah pengujian menggunakan alat *Marshall* selesai maka akan didapatkan nilai stabilitas dan *flow*, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter *Marshall* yaitu: *Void In The Mix* (VIM), *Void In Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled With Asphalt* (VFA) yang ada pada spesifikasi campuran dengan menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*.

#### **8. Menghitung Indeks Kekuatan Sisa (IKS)**

Setelah didapatkan nilai KAO sebanyak 3 sampel, selanjutnya dilakukan 2 variasi perendaman selama 30 menit dan 24 jam, dan didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS).

## **9. Pengolahan dan Pembahasan Hasil**

Berdasarkan data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan data. Hasil penelitian juga diperoleh nilai karakteristik *Marshall*.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, penelitian ini memenuhi spesifikasi Bina Marga pada setiap nilai karakteristik *marshall*. Perbandingan campuran SMA dengan campuran *Asphalt Concrete* (AC) dengan mengacu pada data sekunder yang diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Stabilitas, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai stabilitas yang lebih kecil dibandingkan campuran *Asphalt Concrete* (AC) dikarenakan agregat bergradasi senjang yang membuat rongga antar butiran agregat (VMA) lebih besar dibandingkan dengan campuran AC yang menggunakan agregat bergradasi rapat, secara berturut-turut Stabilitas dan VMA pada campuran SMA, AC-WC, AC-BC, dan AC-Base adalah sebagai berikut: 837,09 Kg dan 19,07% pada campuran SMA, 1105,82 Kg dan 16,43% pada campuran AC-WC, 1317,57 Kg dan 15,95 % pada campuran AC-BC, 2439,88 Kg dan 15,52% pada campuran AC-Base.
2. Pada *Flow*, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai *Flow* yang lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC dan AC-BC, tetapi lebih kecil dibandingkan campuran AC-Base, yaitu rata-rata sebesar 3,61 pada campuran SMA, sebesar 3,47 pada campuran AC-WC, 3,35 pada

campuran AC-BC, dan 4,40 pada campuran *AC-Base*. Nilai *flow* yang tinggi membuat campuran SMA mampu menahan beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).

3. Pada nilai VIM, VMA, dan VFA, campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki nilai yang lebih besar pada nilai VMA dan VFA, dikarenakan kandungan kadar aspal yang lebih tinggi, tetapi memiliki nilai yang lebih kecil pada nilai VIM yang membuat campuran lebih kedap terhadap air.
4. Pada nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran *Split Mastic Asphalt* dan *Asphalt Concrete* (AC) memiliki nilai IKS yang masih memenuhi standar Bina Marga yaitu minimum 90 atau >90% setelah dilakukan perendaman selama 24 jam.

## 5.2. Saran

Dari kesimpulan penelitian dan analisa perbandingan tentang campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dan *Asphalt Concrete* (AC), makrotekstur yang tinggi pada campuran SMA sangat penting untuk ketahanan gesek yang baik pada kecepatan selip tinggi dan disarankan untuk campuran SMA digunakan pada daerah yang bercurah hujan tinggi dan jalanan turunan dan tanjakan karena memiliki kekesatan yang tinggi yang dapat mengurangi resiko kecelakaan pada jalanan yang licin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, N. (2017). *Karakteristik Marsall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) menggunakan Aspal Retona Blend 55 dan Penambahan Serat dari Karung Goni*. Jurnal Unitek, 9(2), 35-49.
- Ali, Syaifullah dkk. 2019. *Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Kasar*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil.
- Alifuddin, Andi dkk. 2020. *Analisis Durabilitas Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Terhadap Penggunaan Serat Selulosa (Serat Asbes)*. Jurnal Teknik Sipil Macca. Makassar.
- Aminin, Riza M dkk. 2020. *Karakteristik Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Penambahan Selulosa Serat Kapuk*. Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan. Universitas Jember. Jember.
- Angka, Andi Batari dkk. 2017. *Slag Nikel Sebagai Bahan Substitusi Pada Karakteristik Campuran AC-Base*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian. Makassar.
- Blazejowski, K., 2011. *Stone Matrix Asphalt Theory and Practice*. London, New york: CRC Press: Taylor and Francis Group.
- Bramasta, A. 2020. *Kinerja Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung*. (skripsi). Teknik Sipil Universitas Jember. Jember.
- Collins, R. 1996. *Split Mastic Asphalt – The Georgia Experience. Paper at The 1996 AAPA Pavement Industry Conference*. Georgia Department of Transportation, USA, Asphalt Review.
- DE, Khairani Caut dkk. 2018. *Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah kuala. Banda Aceh

- Devani, Nadya. 2020, *Pengaruh Penggunaan Plastik Kresek Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall*. (Skripsi). Institut Teknologi PLN Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2018. *Spesifikasi Umum Edisi 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2018, *Spesifikasi Umum Edisi 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.5 hal 40-41*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1992. *General Specification for Road Betterment Project*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. *Republik Indonesia, Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.2*).
- Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum. *Republik Indonesia, Spesifikasi Umum Edisi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.1a*).
- Hainin, M.R. 2014. *The performance characteristics of stone mastic asphalt mixtures using oil palm fruit ash-modified bitumen*. International Journal of Pavement Research and Technology.
- Hunter, R. 1994. *Bituminous Mixture in Road Construction*. Thomas Telford House, London.
- Indira, Alvin, dkk., 2017. *Evaluasi Gradasi Agregat Pada Campuran AC-WC menggunakan teori Fractal*, Universitas Diponegoro.
- Kartikasari, Dwi dkk. 2018. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Pada Tambahan Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Marshall*. SENIATI. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Pasilapautri, Cindy dkk. 2021. *Durabilitas Campuran AC-BC yang Menggunakan Batu Gunung Baba Kabupaten Tana Toraja*. *Paulus Civil Engineering Journal*. Makassar
- Perdana, Enggar A. 2014. *Perbandingan Parameter Hasil Uji Marshall Asphalt Concrete Base (AC-BASE) Campuran Material Batu Rounded Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Rev 2*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rahman, Arief dkk. 2017. *Pengaruh Pasir Pulau Bungin Kabupaten Kuantan Singingi Pada Campuran Laston Lapis Fondasi/Asphalt Concrete Base (AC-Base)*. Jom FTEKNIK Volume 4. Pekanbaru.

- Senolinggi, Dede Novit dkk. 2021. *Studi Karakteristik Campuran AC-Base Menggunakan Batu Gunung Pura Lau Kecamatan Tikala*. Paulus Civil Engineering Journal. Makassar
- Sukirman, S., 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova.
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung: Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta. Granit.
- Sulianti, Ika dkk. 2019, *Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC) Dengan Penambahan Styrofoam*. Jurnal Forum Mekanika
- Suryadharma. H, dan Susanto B., 1999, *Rekayasa Jalan Raya*, Yogyakarta, Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta
- Razali, Makmun M. 2014. *Pengaruh Dust Proportion Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt*. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Bengkulu. Bengkulu
- Rif'an, Ahmad. 2016. *Pengembangan Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Menggunakan Bahan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Dan Ijuk*. (Skripsi) Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Thanaya, I Nyoman A dkk. 2016. *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Lateks*. Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil. Bali
- Wonson K. 1996. *Split Mastic Asphalt The European Experience. Paper at the 1996 AAPA Pavement Industry Conference*, Asphalt Review.
- Yan, Kezhen Ge, Dongdong, You, Lingyun, Wang, Xiaoliang. 2015. *Laboratory investigation of the characteristics of SMA mixtures under freeze-thaw cycles*. *Cold Regions Science and Technology*. College of civil engineering, Hunan University, Changsha, 410082, China
- Yuniarti, Sri dkk. 2020. *Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah*. Paulus Civil Engineering Journal. Makassar