

**DURABILITAS CAMPURAN ASPHALT  
CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)  
DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT TANJUNGAN, LAMPUNG  
SELATAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**MUHAMMAD FEBRY ZILLIE**

**1855011009**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRACT**

### ***DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC) MIXTURE USING TANJUNGAN SOUTH AGGREGATE***

**By**

**MUHAMMAD FEBRY ZILLIE**

*Road damage is one of the problems caused by low material quality. The 2018 Bina Marga General Specifications have required material quality for asphalt mixtures, where good quality materials will produce pavement construction with high stability. This research aims to analyze the durability of the AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) mixture using local materials from PT Sumber Batu Berkah, Tanjungan District, South Lampung Regency without additives based on the Marshall Testing Method. Based on the results of the research, it was found that the effect of soaking time variations of 0.5 hours, 24 hours, 168 hours, and 672 hours with a standard temperature of 60°C, the sample was soaked for a long time would make the stability and durability values smaller. Then obtained IKS value of 91.58% so it has met the minimum Bina Marga Standard of 90% and shows the longer soaking time, the smaller IKS value will obtained. Then for the IDP value is positive which means that the strength decreases by 0.44% during the soaking period so it meets the standard < 1% And the IDK value of AC-BC mixture is 19.51 where the IDK value has decreased in strength by 19.51% during the soaking time. This is due to the decrease of stability value against the length time of soaking*

*Keywords : Asphalt Concrete-Binder Course, Marshall Testing, Residual Strength Index, First Durability Index, Second Durability Index*

## **ABSTRAK**

### **DURABILITAS CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE* (AC-BC) DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT TANJUNGAN LAMPUNG SELATAN**

**Oleh**

**MUHAMMAD FEBRY ZILLIE**

Kerusakan jalan merupakan salah satu permasalahan disebabkan oleh mutu material yang rendah. Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 telah mensyaratkan mutu material untuk campuran beraspal, dimana material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan dengan stabilitas yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Durabilitas dari campuran AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan menggunakan material lokal dari PT. Sumber Batu Berkah, Kecamatan Tanjung, Kabupaten Lampung Selatan tanpa bahan tambahan berdasarkan metode pengujian Marshall. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan pengaruh lama perendaman variasi 0,5 jam, 24 jam, 168 jam, dan 672 jam dengan suhu standar 60°C dimana campuran yang direndam dengan waktu yang lama akan membuat nilai stabilitas dan durabilitasnya semakin kecil. Lalu diperoleh nilai IKS sebesar 91,58% sehingga telah memenuhi Standar Bina Marga minimal sebesar 90% dan menunjukkan semakin lama perendaman maka nilai IKS akan semakin kecil. Kemudian untuk nilai IDP bernilai positif yang berarti kekuatannya menurun sebesar 0.44% selama masa perendaman sehingga memenuhi standar

Kata kunci : *Asphalt Concrete-Binder Course*, Pengujian Marshall, Indeks Kekuatan Sisa, Indeks Durabilitas Pertama, Indeks Durabilitas Kedua

**DURABILITAS CAMPURAN ASPHALT  
CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)  
DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT TANJUNGAN, LAMPUNG  
SELATAN**

**Oleh**

**MUHAMMAD FEBRY ZILLIE**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **DURABILITAS CAMPURAN ASPHALT  
CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)  
DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT  
TANJUNGAN, LAMPUNG SELATAN**

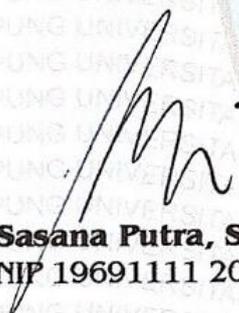
Nama Mahasiswa : **Muhammad Febry Zillie**

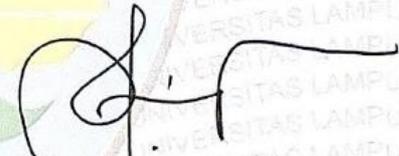
Nomor Pokok Mahasiswa : 1855011009

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

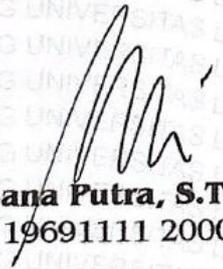


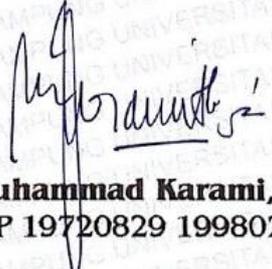
  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002

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

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

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

  
**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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

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

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



**2. Dekan Fakultas Teknik**

**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**  
NIP. 19750928 200412 1 002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Januari 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Febry Zillie  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1855011009  
Judul Skripsi : Durabilitas Campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) Dengan Menggunakan Agregat Tanjungan Lampung Selatan  
Jurusan : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali sebagai acuan atau kutipan yang mengacu pada tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Judul penelitian didapat dari saya sendiri dan ide penelitian dibantu oleh 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, Januari 2024  
Penulis,



**Muhammad Febry Zillie**  
**NPM 1855011009**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Metro, Provinsi Lampung pada tanggal 18 Februari 2000, merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Syaripuddin dan Ibu Yulinar Rahmawati. Penulis memiliki satu saudara, yaitu adik Perempuan yang bernama Nabila Salsabila Zillie. Penulis memulai jenjang Pendidikan taman kanak-kanak di TK Pertiwi yang diselesaikan pada tahun 2006, dilanjutkan

pendidikan tingkat dasar di SD Muhammadiyah , Kota Metro diselesaikan pada tahun 2012, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMPN 1 Kota Metro yang diselesaikan pada tahun 2015, dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Kota Metro yang diselesaikan pada tahun 2018.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Kaderisasi 2019-2020, kemudian penulis menjadi Komisi Disiplin mahasiswa baru pada Departemen Kaderisasi Periode 2020-2021.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Kelurahan Tejosari, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro selama 40 hari, Februari-Maret 2021. Di tahun 2022, penulis juga telah melakukan kerja praktik di Proyek Pembangunan Gedung Hotel Yello, Bandar Lampung selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Durabilitas Campuran

*Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Dengan Menggunakan Agregat Tanjungan Lampung Selatan*”.

# *PERSEMBAHAN*

Alhamdulillahirobbilalamin

Puji dan syukur tercurahkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala

Rahmat dan Karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Shallallahu

Alaihi Wasallam.

Karya ini dipersembahkan kepada:

## **Kedua Orang Tuaku dan Adikku Tercinta**

Yang senantiasa memberikan dan melantunkan do'a. Terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dengan kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang belum bisa terbalaskan.

## **Dosen Pembimbing dan Penguji**

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

## **Seluruh Keluarga Besar Teknik Sipil Angkatan 2018**

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

## **Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Sipil**

Tempat bernaung mengemban semua ilmu untuk menjadi bekal hidup

## *MOTTO*

‘Janganlah takut atas penilaian orang lain terhadapmu karena kehidupanmu adalah milikmu, tetapi takutlah atas penilaian Allah terhadapmu karena kehidupanmu adalah milik-Nya.’

(Al Habib Umar bin Hafidz)

“Dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu”

(Al-Qashash 28:77)

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain"

(HR. Ahmad)

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah senantiasa memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“DURABILITAS CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC) DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT TANJUNGAN LAMPUNG SELATAN”**. dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan pertolongan yang tiada henti, serta senantiasa memberikan berkah ilmu kepada setiap hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung. sekaligus Dosen Pembimbing Utama atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pencerahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses perkuliahan terutama selama penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Hj. Yuda Romdania, S.T., M.T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat dan bimbingan dalam penelitian ini.
7. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang sudah memberikan banyak ilmu pengetahuan, saran, kritik, serta semangat dalam membimbing penelitian ini.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis, serta seluruh karyawan jurusan atas

9. bantuannya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Ayahanda Syaripuddin yang selalu menjadi panutanku untuk menjalani hidup, dan juga sebagai penyemangatku di setiap hari, yang selalu memberikan dukungan moral maupun materil, yang selalu mendidikku kearah yang lebih baik dalam hal rohani, jasmani, mental, dan lainnya, dan juga doa yang tidak akan pernah terhenti hingga kapanpun yang membuat penulis menjadi pribadi yang kuat hingga penulis dapat menyelesaikan program studi sampai sarjana.
11. Untuk perempuan terkuat di dalam hidupku yaitu Ibundaku Yulinar Rahmawati yang selalu menjadi penyemangat di setiap hari, selalu memberikan dukungan melalui moral, materil, nasihat, ilmu, kasih sayang, dan doa yang tidak pernah putus untuk kebbaikanku sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi hingga sarjana.
12. Adikku tercinta dan tersayang Nabila Salsabila Zillie yang selalu menemani dan menghibur sekaligus menjadi teman, dan tempat berbagi cerita bagi penulis selama ini.
13. Kekasihku Ainun Fitria Fatati yang selalu menemani setiap hari, menjadi tempat bertukar cerita, tempat menampung keluh kesah, selalu menemani dalam suka dan duka. Terimakasih atas dukungan, bantuan, semangat, doa dan juga kebahagiaan yang diberikan kepada penulis disaat masa sulit menyelesaikan studi ini.
14. Muhammad Rafly Novendra, yang sudah menjadi sahabat dalam suka dan duka sampai saat ini, terimakasih telah menjadi tempat bercerita, teman belajar, serta saling memberi kebahagiaan bagi penulis disaat masa studi ini.
15. Andryan Wibisono, yang sudah menjadi sahabat dari awal perkuliahan sampai saat ini, terimakasih atas kenangan, perjuangan, dan juga semangat untuk penulis selama masa studi ini.
16. Teruntuk Tutia, Nurul, dan juga Mayang terimakasih sudah menjadi teman berbagi ilmu bagi penulis di saat masa studi ini.
17. PT.7 Naga (Alex, Wibi, Fatur, Bio, Nando, Tatan) yang sudah menjadi teman perjuangan disaat suka dan duka dari awal masa studi sampai saat ini

18. GTR (Rafly, Aan, Abah Oschar, Tatan, Mayang, Wibi) yang sudah menjadi penghibur penulis disaat masa studi yang sulit ini.
19. Terima kasih kepada rekan Teknik Sipil Angkatan 2018 yang telah memberikan masukan, kritik, saran, serta doa.

Jika skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dari isi maupun cara penyampaiannya. Penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, diharapkan agar skripsi ini dapat memberikan ilmu baru dan membawa manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Januari 2024  
Penulis,

**Muhammad Febry Zillie**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Beton Aspal .....	6
2.2. Agregat .....	7
2.3. Gradasi Agregat.....	9
2.4. Aspal.....	11
2.5. Durabilitas .....	12
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	17
3.2. Lokasi Penelitian .....	18
3.3. Metode Penelitian .....	18
3.3.1. Karakteristik Uji <i>Marshall</i> .....	18
3.4. Bahan – Bahan Penelitian.....	21
3.5. Peralatan Penelitian .....	22
3.6. Prosedur Penelitian.....	23
3.6.1. Studi Literatur .....	24
3.6.2. Pengambilan Bahan Penelitian .....	24

3.6.3. Pengujian Bahan .....	24
3.7. Perancangan Campuran Benda Uji.....	26
3.7.1. Perancangan Gradasi Agregat.....	26
3.7.2. Jumlah Benda Uji .....	27
3.7.3. Pembuatan Benda Uji .....	28
3.8. Pengujian Bahan .....	30
3.8.1. Pengujian Menggunakan Alat <i>Marshall</i> .....	30
3.9. Pengolahan dan Pembahasan Hasil .....	30

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal .....	32
4.2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat .....	34
4.3. Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran AC-BC untuk Menentukan Nilai Kadar Aspal Optimum.....	37
4.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	45
4.5. Durabilitas Campuran AC-BC.....	46
4.5.1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS).....	46
4.5.2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP).....	47
4.5.3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK).....	49

#### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran .....	53

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	17
3.2. Grafik Rencana Gradasi Agregat .....	26
4.1. Nilai Stabilitas pada Agregat Asal Tanjungan .....	38
4.2. Nilai <i>flow</i> pada Agregat Asal Tanjungan.....	40
4.3. Nilai <i>Marshal Quotient</i> Agregat Tanjungan.....	41
4.4. Nilai <i>VMA</i> pada Agregat Asal Tanjungan .....	42
4.5. Nilai <i>VIM</i> pada Agregat Asal Tanjungan .....	43
4.6. Nilai <i>VFA</i> pada Agregat Asal Tanjungan .....	45
4.7. Penentuan Kadar Aspal Optimum .....	46
4.8. Hubungan Nilai <i>r</i> dengan Waktu Perendaman .....	48
4.9. Hubungan Nilai <i>R</i> dengan Waktu Perendaman .....	48
4.10. Hubungan Nilai <i>a</i> dengan Waktu Perendaman.....	50
4.11. Hubungan Nilai <i>sa</i> dengan Waktu Perendaman .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Ketentuan Agregat Kasar .....	8
2.2. Ketentuan Agregat Halus .....	9
2.3. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal .....	10
2.4. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70 (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jendral Bina Marga,2018) .	12
3.1. Standar Pemeriksaan Agregat .....	25
3.2. Standar Pengujian Aspal .....	25
3.3. Rencana Gradasi Agregat .....	26
3.4. Jumlah Benda Uji untuk Mencari KAO .....	27
3.5. Variasi Rendaman .....	28
4.1. Hasil Pengujian AC 60/70.....	32
4.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	34
4.3. Hasil Pengujian Agregat Halus .....	34
4.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk KAO Agregat Asal Tanjungan.....	38
4.5. Nilai IKS Terhadap Variasi Lama Rendaman .....	47
4.6. Nilai Indeks Durabilitas Pertama .....	47
4.7. Perhitungan Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK).....	49

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan bahan jalan untuk campuran beraspal dan lapis fondasi di seluruh wilayah terus meningkat. Spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2018 telah mensyaratkan tentang kualitas bahan campuran beraspal, dimana kualitas bahan akan berpengaruh terhadap mutu campuran beraspal. Rendahnya mutu bahan merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan. Hal tersebut ditambah dengan meningkatnya volume lalu lintas, baik dalam hal jumlah, beban, maupun kecepatannya serta kondisi iklim tropis menjadi alasan lain banyak ditemukannya kerusakan jalan. Berdasarkan beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aspal yang tidak sesuai sering menjadi penyebab terjadinya kerusakan dini berupa alur, gelombang dan naiknya aspal ke permukaan.

Perkembangan konstruksi jalan raya di Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan permukaan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Kestabilan dari konstruksi perkerasan jalan raya ditentukan oleh mutu material, komposisi campuran serta cara pelaksanaan pekerjaan. Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi.

Salah satu karakteristik dari campuran beton aspal adalah durabilitas (durability). Durabilitas adalah tolak ukur ketahanan perkerasan terhadap desintegrasi akibat beban lalu lintas. selama umur rencana. Ini berarti dengan adanya rentang waktu sekian lama, akan terjadi perubahan lingkungan antara

lain cuaca, kadar air, degradasi bahan ataupun beban lalu lintas yang semakin bertambah. Banyak faktor yang mempengaruhi durabilitas salah satunya adalah kadar aspal, campuran harus mendapatkan kadar aspal yang cukup untuk melindungi seluruh partikel agregat, dan juga dapat mengisi rongga butir secukupnya sesuai desain (Hamiran Saodang, 2004).

Asphalt Institute (1996) menjelaskan beton aspal (asphalt concrete) atau kadang-kadang disebut aspal beton merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat – agregat kasar, halus dan pengisi dengan cara pencampuran dan pemadatan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Kandungan agregat mencapai 90-95% terhadap satuan berat campuran atau 70-85% terhadap satuan volume campuran.

Salah satu jenis lapis permukaan beraspal yang umum digunakan adalah lapis perkerasan beton aspal (asphalt concrete) yang juga dikenal sebagai lapis aspal beton (Laston). Laston terdiri dari lapisan aus (AC-WC), lapisan antara (AC-BC), dan lapisan pondasi (AC-Base). Dalam praktiknya, AC-Base dikenal pula dengan nama ATB (asphalt treated base). Asphalt Concrete - Binder Course merupakan lapisan perkerasan jalan yang berada diantara lapisan aus (ACWC) dan lapisan pondasi atas (AC-Base). Lapisan ACBC ini berguna untuk menyalurkan atau meneruskan beban yang diterimanya menuju ke pondasi atau menuju ke lapisan yang ada dibawahnya. Material utama pembentuk lapis perkerasan beton aspal adalah bahan berbutir (agregat dan filler) serta aspal sebagai material pengikat. Pada penelitian ini digunakan material lokal dikarenakan harga mobilisasi yang lebih murah dan mudah didapatkan dan juga dapat memenuhi spesifikasi sehingga tidak diperlukan untuk menggunakan agregat dari luar.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis daya tahan dari campuran aspal beton pada lapisan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) dengan menggunakan material lokal Lampung di PT. Sumber Batu Berkah Kecamatan Tanjung Kabupaten Lampung Selatan tanpa bahan tambahan berdasarkan metode pengujian *marshall*.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana durabilitas pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) dengan menggunakan material lokal tanpa bahan tambahan.

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Alan Raya Fakultas Teknik Universitas Lampung..
2. Jenis lapisan yang ditinjau adalah campuran lapis aspal beton (*laston AC-BC*).
3. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
4. Uji Marshall Standar dengan 2x75 tumbukan.
5. Bahan-bahan yang digunakan merupakan material lokal dari Tanjung, Lampung Selatan.
6. Penelitian ini didasarkan dari uji *marshall* untuk mengetahui durabilitas dari campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan menggunakan material lokal tanpa bahan tambahan..
7. Melakukan perendaman pada campuran aspal untuk mengetahui nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

## 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya tahan (durabilitas) campuran AC-BC berbahan dasar material dari daerah Tanjung, Lampung Selatan.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

- a. Dapat mengoptimalkan bahan bahan lokal sebagai bahan campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*).
- b. Untuk memberikan pemahaman tentang durabilitas campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) berbahan dasar material lokal.
- c. Menambah pengetahuan sejauh mana perbedaan durabilitas campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan menggunakan kadar aspal yang berbeda.
- d. Mengembangkan pengetahuan tentang campuran aspal beton terhadap perkerasan jalan.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini menggunakan sistematika yaitu sebagai berikut:

### I. Pendahuluan

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

### II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian 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**

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

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

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan saran. Pada akhir penulisan skripsi 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 Beton Aspal

Aspal Asphalt Institute (1996) menjelaskan beton aspal (asphalt concrete) atau kadang – kadang disebut aspal beton merupakan campuran yang terdiri dari aspal keras sebagai bahan pengikat dan agregat – agregat kasar, halus dan pengisi, Beton aspal dapat digunakan untuk lapisan aus (wearing course), binder course dan pondasi (base). Beton aspal adalah beton dengan bahan pengikat aspal yang dicampur dalam keadaan panas. Filler atau mineral pengisi rongga udara pada campuran aspal semen dengan agregat, antara lain semen Portland, abu batu, kapur / karang yang dipecah. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, lapisan pada laston memiliki tebal nominal minimum diantaranya lapisan AC-WC dengan nominal 4 cm, lapisan AC-BC dengan nominal 6 cm, lapisan AC-Base dengan nominal 7,5 cm. Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) merupakan lapis antara yang menahan beban maksimum pada lapis permukaan akibat lalu lintas sehingga diperlukan suatu campuran dengan kekuatan stabilitas minimum 800 kg (Bina Marga, 2010).

Lapis yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base). (Andi Tenrisukki Tenriajeng). Campuran AC-BC menggunakan tipe gradasi menerus (continuous graded) sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang tinggi yaitu 200 kg/mm berdasarkan nilai Marshall Quotient. Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Jenis lapisan bawah, tipe lalu lintas, dan

temperatur yang tinggi membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan. Kerusakan umum yang dialami campuran AC-BC adalah retak dan/atau pelepasan butir, dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran ini memerlukan perbaikan dalam kelenturan dan keawetan (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002).

Pengujian Durabilitas Campuran AC-BC ataupun daya tahan ialah kapasitas beton aspal bisa menahan repetisi beban kendaraan yang melaluinya serta gaya gesek yang timbul antara roda dan permukaan aspal, serta menjaga keausan yang diakibatkan oleh iklim, air, serta beban lalu lintas.

## **2.2. Agregat**

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan pejal (solid). Menurut Siswosoebrotho (2010), agregat bahan utama yang turut menahan beban yang diderita oleh bagian perkerasan jalan sehingga perlu digunakan bahan pengikat aspal yang sangat berpengaruh oleh mutu agregat. Yang dimaksud agregat dalam hal ini adalah berupa batu pecah, krikil, pasir ataupun komposisi lainnya, baik hasil alam (natural aggregate), hasil pengolahan (manufactured aggregate) maupun agregat buatan (syntetic aggregate) yang digunakan sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan (Das'at Widodo, 1999). Agregat merupakan komponen utama dari konstruksi perkerasan jalan yang berfungsi sebagai kerangka atau tulangan yang memikul beban yakni beban kendaraan yang melewati jalantersebut. Jumlah agregat dalam suatu campuran lapis perkerasan jalan adalah berkisar 90% dari total berat campuran atau sebesar 75-85% dari total volume campuran, sisanya adalah aspal dan mineral pengisi filler (Tarigan & Saragih, 2017). Sifat agregat merupakan salah satu penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu kekuatan dan keawetan (strength and durability), kemampuan dilapisi aspal dengan baik, Kemudahan dalam pelaksanaan dan

menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

Menurut (Sukirman 2003) Kebanyakan agregat memerlukan beberapa proses seperti dipecah, dicuci sebelum agregat tersebut bisa digunakan dalam campuran aspal. Shell (1990) mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga), yaitu:

a) Agregat Kasar

Menurut (Sukirman 2003) Agregat kasar yaitu batuan yang tertahan di saringan 2,36 mm, atau sama dengan saringan standar ASTM No. 8 . Dalam campuran agregat aspal, agregat kasar sangat penting dalam membentuk kinerja karena stabilitas dari campuran diperoleh dari interlocking antar agregat.

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar

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

*Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

b) Agregat halus

Menurut (Sukirman 2003) Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm).

Tabel 2.2. Ketentuan Agregat Halus

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

*Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

c) Mineral pengisi (*filler*)

Menurut (Sukirman 2003) bahan pengisi (*filler*) adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.30 (0,60 mm)

### 2.3. Gradasi Agregat

Bukhari (2007) menyebutkan gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. (Buku 1: Petunjuk umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas). Sifat-sifat campuran seperti stabilitas, kekakuan, kemudahan kerja, permeabilitas, keawetan, ketahanan terhadap kelelahan, tahanan gelincir, dan ketahanan terhadap air sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat (Roberts et al., 1991).

Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Campuran agregat bergradasi atas mempunyai kinerja lebih baik daripada bergradasi bawah dalam menahan beban dan deformasi. Mengurangi persentase rongga dengan mengubah gradasi dapat dilakukan, untuk menambah kelenturan dan mengurangi deformasi. Tapi disisi lain dapat

menurunkan kuat tekannya (Golalipour, dkk., 2012). Gradasi agregat memiliki satuan dalam persentase tertahan ataupun persentase lolos yang dihitung dari berat agregat (Juharni, Rudi, 2015). Gradasi terdiri dari tiga jenis, yaitu:

- a) Gradasi seragam (*uniform graded*) atau gradasi terbuka, agregat hanya terdiri dari butir-butir berukuran sama atau hampir sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar agregat yang cukup besar.
- b) Gradasi rapat/menerus (*dense graded*), agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Campuran agregat ini mempunyai pori yang sedikit mudah untuk dipadatkan.
- c) Gradasi senjang (*poorly graded*), agregat yang terdistribusi ukuran butirnya tidak menerus atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya dan ukuran butiran agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1 inci,  $\frac{3}{4}$  inci,  $\frac{1}{2}$  inci,  $\frac{3}{8}$  inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200. (Sukirman, 2003). Gradasi yang 13 digunakan untuk lapis AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

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

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

## 2.4 Aspal

Aspal merupakan bahan yang plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali, dan garam-garaman. (Hendarsin, Shirley L, 2000). Aspal merupakan senyawa hidrokarbon. Struktur molekul aspal sangatlah kompleks yang merupakan koordinasi dari 3 (tiga) jenis struktur dasar molekul hidrokarbon, yaitu alifatik, siklis dan aromatis. Struktur alifatik berbentuk linier, ataupun tiga dimensi. Struktur molekul ini menyebabkan aspal kelihatan seperti minyak ataupun lilin (wax). Struktur molekul siklis adalah ikatan/rantai karbon jenuh tiga dimensi yang mampu mengikat beberapa unsur ataupun radikal. Sedangkan struktur molekul ini memberikan bau yang khas pada aspal. Ikatan kimia (inter molecular bonding) pada aspal sangatlah mudah terlepas dan aspal akan mencair (Suhwadi dan Suhardjo Poertadji, 2005). Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Sukirman (2003) menyebutkan bahwa aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume. Aspal biasanya berasal dari destilasi dari minyak mentah, namun aspal ditemukan juga sebagai bahan alam (misal : asbuton), dimana sering juga disebut mineral ( Shell Bitumen, 1990).

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat dengan butiran agregat dan sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir dan pori-pori agregat itu sendiri (Saodang, 2005). Material Aspal berwarna coklat tua sampai hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak.(Kreb,RD & Walker, RD.,1971).

Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa yang kompleks seperti Asphaltenes, resin dan oil. Asphaltenes material susunan pembentuk dari aspal dan resin mempengaruhi dari sifat-sifat adesi dan daktilitas, oils berpengaruh terhadap viskositas dan

flow (Hunter RN, 1994). Aspal keras dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70 (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan Pen.60/70
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	$\geq 300$
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	$\geq 48$
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 100$
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	$\geq 323$
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	$\geq 99$
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-

## 2.5 Durabilitas

Menurut (Suparma 2004) durabilitas yaitu ketahanan terhadap cuaca/iklim, pelapukan dan kerusakan dari beban roda kendaraan yang masuk dalam "Durabel" (tahan dan awet). Durabilitas adalah kemampuan atau daya tahan suatu perkerasan terhadap beberapa faktor seperti perubahan – perubahan dalam bitumen yang disebabkan oleh oksidasi, disintegrasi agregat, dan pelepasan lapisan – lapisan bitumen dari agregat akibat kondisi basah dan beban lalu lintas (Asphalt Institute). Durabilitas adalah ketahanan campuran terhadap faktor penyebab kerusakan, diantaranya adalah proses penuaan aspal, terjadi pemisahan antar agregat, dan pelepasan lapis tipis aspal dari agregat

(Miller et al). Durabilitas (keawetan) merupakan kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalulintas, gesekan, serta keausan akibat cuaca dan iklim (Sukirman, 2003 : 77). Durabilitas merupakan bagian dari uji untuk memahami daya tahan pada beban serta temperature ataupun ketahanan sebuah campurannya. Durabilitas dapat ditingkatkan dengan cara membuat campuran yang padat dan kedap air, yang dapat diperoleh dari penggunaan agregat bergradasi rapat dan kadar aspal yang tinggi. Durabilitas lapisan dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang cukup akan membungkus aspal secara baik, sehingga lapisan akan kedap air serta lebih mampu menahan keausan. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan akan mengakibatkan durabilitas lapisan menurun. Salah satu cara untuk menilai potensi durabilitas campuran beton aspal adalah dengan melihat nilai indeks kekuatan sisa marshall (IKS), indeks durabilitas pertama (IDP), dan indeks durabilitas kedua (IDK) yang didapat dari hasil tes perendaman Marshall. Semakin tinggi nilai IKS menyatakan potensi durabilitas dari campuran tersebut semakin baik.

#### a) 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):

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

Keterangan:

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

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

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

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.

#### b) Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

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

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

Keterangan:

R = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

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

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

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

Indeks Durabilitas Pertama (IDP) didefinisikan sebagai nilai sensitivitas campuran aspal terhadap durasi perendaman yang dinyatakan cukup durabel apabila bernilai 'r'  $\leq 1\%$ .

Nilai 'r' yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan sedangkan nilai 'r' bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan. Indeks daya tahan pertama dapat dijelaskan sehubungan dengan nilai absolut dari kehilangan bobot dalam kekuatan (R) seperti ditunjukkan

dalam Persamaan 3.

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

Keterangan:

r = Indeks daya tahan pertama (%)

$S_0$  = Persentase kekuatan awal (%)

### c) Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Menurut Craus *et al* mendefinisikan indeks daya tahan kedua (a) sebagai rata-rata area kekuatan tertutup antara kurva daya tahan dangaris  $S_0=100\%$  menggunakan Persamaan (4). Indeks IDK dapat didefinisikan sebagai persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (sa), nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan (A), nilai absolut kekuatan sisa (SA) berturut-turut pada rumus (5),(6),(7) sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

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

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

$t_n$  = Total waktu perendaman

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. 'a' bernilai positif menggambarkan kehilangan kekuatan, sedangkan 'a' bernilai negatif menggambarkan penambahan kekuatan.

Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai  $a < 100$ . Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu

hari  $sa$  sebagai berikut:

$$S\alpha = (100 - \alpha) \dots \dots \dots (5)$$

$$A = \frac{\alpha}{100} x (s_o - A) \dots \dots \dots (6)$$

$$SA = (s_o - A) \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

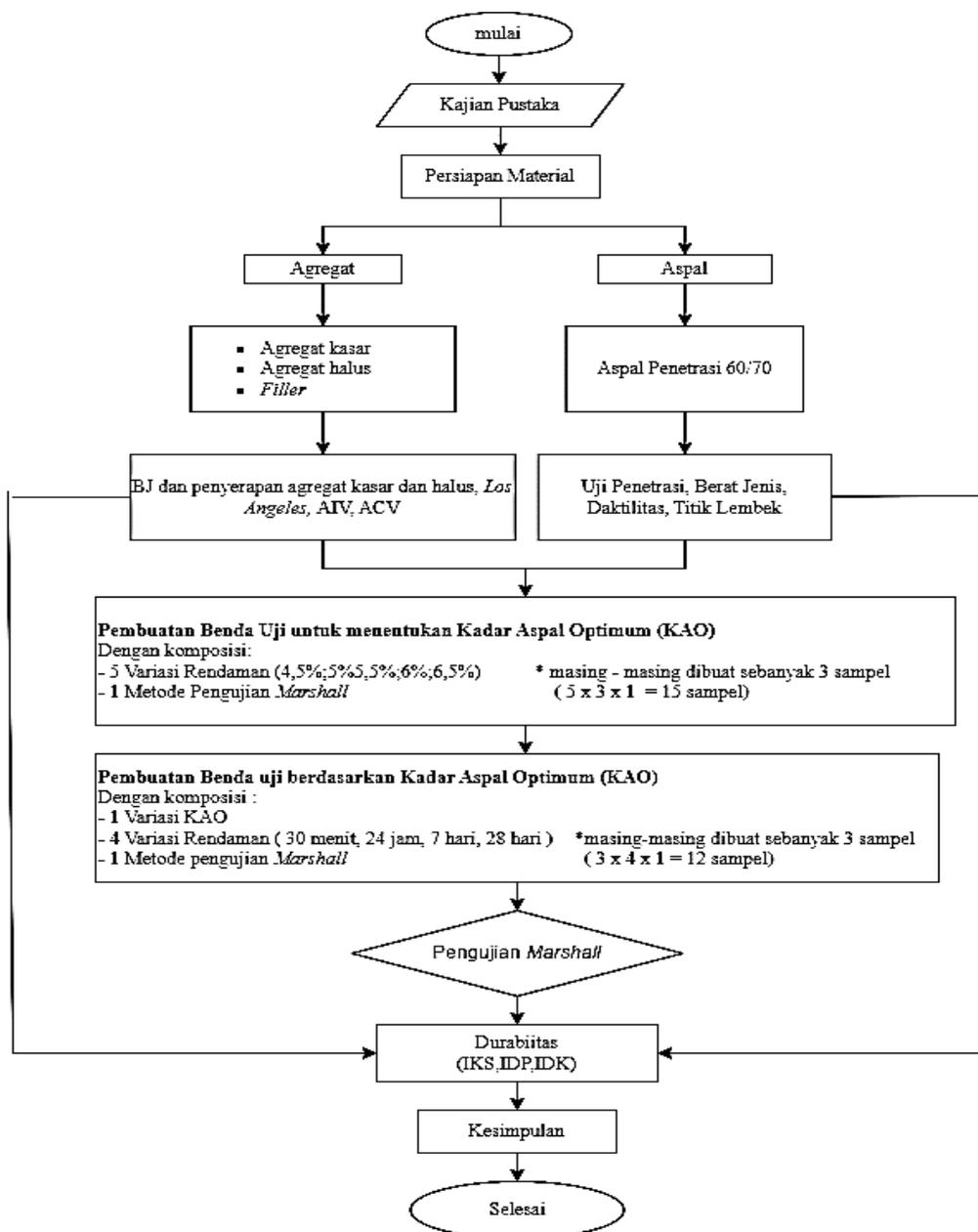
$s_o$  = Persentase kekuatan awal (%)

$A$  = Nilai absolut kehilangan kekuatan selama satu hari (kg/Hari)

$SA$  = Nilai absolut kekuatan sisa selama satu hari (kg/Hari)

### III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

### 3.2. Lokasi Penelitian

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

### 3.3. Metode Penelitian

Metode yang dipakai pada penelitian ini ialah metode eksperimen, metode eksperimen artinya metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. di tahap awal penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk pemeriksaan mutu agregat serta aspal yang digunakan pada percobaan campuran. sementara untuk metode pengujian di penelitian ini memakai metode *Marshall*.

#### 3.3.1. Karakteristik Uji *Marshall*

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* berkapasitas 22,2 kN (5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Dengan pemeriksaan menggunakan alat *Marshall* diperoleh data-data stabilitas, kelelahan plastis, persen rongga dalam agregat, berat volume.

Adapun sifat-sifat pengujian aspal bisa ditinjau dari parameter pengujian *marshall* diantaranya ialah:

##### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan menahan deformasi dampak beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang serta alur. Stabilitas pada pengujian *marshall* ditunjukkan menggunakan pembacaan nilai stabilitas yang dikoreksi menggunakan angka tebal benda uji. Nilai stabilitas tergantung dari gaya saling mengunci batuan serta kelekatan.

Nilai stabilitas yang tinggi menandakan bahwa perkerasan tersebut bisa menahan beban lalu lintas yang besar tetapi stabilitas yang terlalu tinggi akan mengakibatkan perkerasan menjadi kaku serta bersifat getas.

## 2. *Flow*

Kelelahan atau *flow* menandakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi di lapis keras akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai kelelahan ditentukan oleh gradasi agregat, kadar aspal, dan proses pemadatan yang mencakup suhu pemadatan dan energi pemadatan. campuran perkerasan yang mempunyai nilai kelelahan yang rendah serta stabilitas yang tinggi akan bersifat kaku dan getas. tetapi buat campuran yang mempunyai nilai kelelahan yang tinggi serta stabilitas yang rendah akan bersifat plastis dan bisa mudah berubah bentuk bila menerima beban lalu lintas.

## 3. Rongga dalam Campuran

*Void in Mix* ialah persentase nilai rongga yang ada pada campuran. Nilai VIM sendiri dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal dan *density*. Rongga udara yang ada pada campuran dibutuhkan untuk tersedianya ruang gerak untuk unsur-unsur campuran sesuai dengan sifat elastisnya. Maka dari itu nilai VIM sangat menentukan karakteristik campuran. Volume rongga udara pada campuran bisa ditentukan menggunakan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u.}}{B.J.\text{maksimum teoritis}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Berat jenis maksimum teoritis:

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{BJ.agr} + \frac{\%aspal}{BJ.aspal}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

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

#### 4. Rongga dalam Agregat

*Void in Mineral Aggregate* ialah rongga udara yang ada di antara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas. VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal dan volume rongga udara yang diperlukan untuk mengisi aspal yang keluar akibat tekanan air atau beban lalu lintas. Nilai VMA yang tinggi asal campuran maka semakin besar ruangan yang tersedia untuk lapisan aspal. Semakin tebal lapisan aspal di agregat maka daya tahan perkerasan semakin tinggi. Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimum 15 %. Nilai VMA bisa dihitung menggunakan rumus berikut:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J. agregat} \dots (3.3)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

#### 5. Rongga Terisi oleh Aspal

*Void Filled with Bitumen* ialah persen rongga udara yang terisi aspal di campuran yang sudah dipadatkan. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran menggunakan istilah lain VFA menentukan stabilitas. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai VFA diantaranya adalah energi, suhu pemadatan, jenis aspal, kadar aspal, dan gradasi agregat.

Semakin tinggi nilai VFA maka semakin banyak rongga udara yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap air dan udara akan meningkat, hal ini akan menyebabkan naiknya aspal ke permukaan dengan mudah atau yang dianggap *bleeding*. tetapi nilai VFA yang terlalu kecil akan mengakibatkan kedapatan campuran terhadap air berkurang karena sedikit rongga yang terisi aspal. Rongga yang kosong ini kemudian akan dengan mudah terisi air dan udara ke dalam lapis keras dan mengakibatkan keawetan dari lapis keras akan berkurang.

#### 6. Hasil Bagi *Marshall*

*Marshall Quotient* ialah hasil bagi antara stabilitas dan kelelahan yang diperoleh dari uji tekan menggunakan metode *marshall*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Nilai MQ bisa dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

MQ            = *Marshall Quotient*  
 (kg/mm)S    = nilai stabilitas terkoreksi (kg)  
 F              = nilai *flow* (mm)

### 3.4. Bahan – Bahan Penelitian

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

#### 1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan yaitu agregat yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm) berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (Tanjung, Lampung Selatan).

## 2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (Tanjungan, Lampung Selatan).

## 3. *Filler*

*Filler* merupakan material lolos saringan No.200, *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (Tanjungan, Lampung Selatan).

## 4. Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70.

### 3.5. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Satu Set Alat Saringan/Ayakan

Alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat menurut ukurannya. Untuk saringan yang digunakan adalah saringan no 4, 8, 16, 30,50, 100, dan 200.

#### 2. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Pada pengujian agregat, alat-alat yang digunakan antara lain yaitu mesin *LosAngeles*, alat uji untuk berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), oven sebagai alat pengering, dan timbangan berat.

#### 3. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat dan Aspal

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

##### a. Alat tekan *marshall*

Terdiri dari kapal penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan dilengkapi dengan arloji

pengukur *flow meter*.

b. Alat cetak benda uji

Alat cetak benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 3 inchi (7,5 cm).

c. Cincin penguji

*Proving ring* digunakan untuk mengukur stabilitas dan *flow meter*.

*Proving ring* yang digunakan berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.

d. *Marshall Automatic Compactor*

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

e. *Ejector*

Digunakan untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.

f. Bak perendam

Bak perendaman yang dilengkapi dengan suhu pengatur.

Digunakan sebagai tempat perendaman benda uji.

g. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan, pencampur, kompor pemanas, *thermometer*, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain

h. 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.

### 3.6. Prosedur Penelitian

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

### 3.6.1. Studi Literatur

Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan menggunakan metode pengumpulan data pustaka, membaca serta mencatat, dan mengolah bahan penelitian. digunakan sebagai referensi teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. referensi ini diperoleh dari buku, jurnal, artikel, dan laporan penelitian.

### 3.6.2. Pengambilan Bahan Penelitian

Di tahap ini dilakukan proses persiapan bahan dan pengecekan alat-alat yang akan digunakan. Persiapan bahan mencakup agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta aspal penetrasi 60/70, kemudian didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian dan penelitian.

### 3.6.3. Pengujian Bahan

Di tahap ini dilakukan pengujian terhadap material yang sebelumnya telah disiapkan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ciri serta sifat material apakah memenuhi standar spesifikasi yang sudah ditentukan atau tidak. Material yang diuji diantaranya ialah:

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

Pengujian agregat sebagai bahan pengisi di campuran beraspal dibutuhkan untuk mengetahui komposisi gradasi sudah sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. di agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, serta penyerapan. standar pengujian agregat ini mengacu pada peraturan jenderal bina Marga Departemen Pekerjaan umum Republik Indonesia, Spesifikasi

umum 2018 Divisi 6 seperti terdapat di 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. 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	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991

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

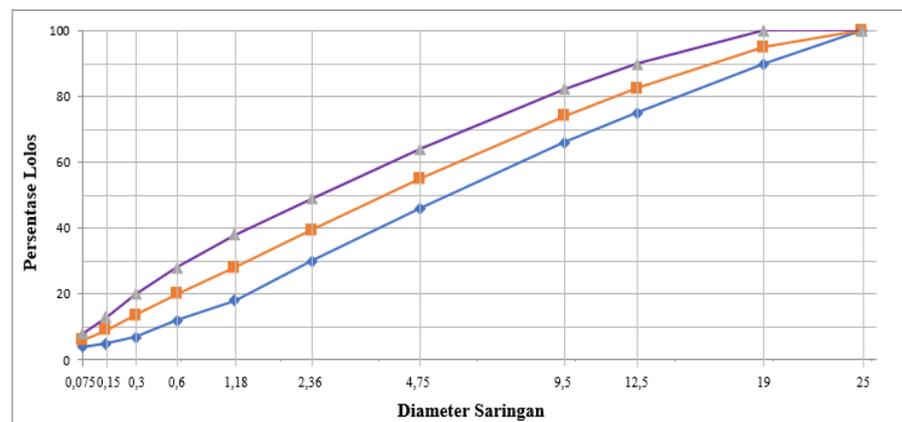
### 3.7. Perancangan Campuran Benda Uji

#### 3.7.1 Perancangan Gradasi Agregat

Adapun rencana gradasi agregat campuran aspal pada lapisan pengikat atau AC-BC dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Gambar 3.3 di bawah ini:

Tabel 3.3. Rencana Gradasi Agregat

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



Gambar 3.2. Grafik Rencana Gradasi Agregat.

Mencari Kadar Aspal Optimum rencana dengan perhitungan dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut:

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

Keterangan:

Pb = Kadar aspal perkiraan

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.4

FA = Agregat halus lolos saringan No.4 dan tertahan No.200

Filler = Agregat halus lolos saringan No.200

Dari perhitungan kadar aspal optimum rencana diatas, KAO rencana yang didapat sebesar 5,61 % yang kemudian dibulatkan menjadi 5,5 %, sehingga kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Digunakan 5 kadar aspal untuk memudahkan penarikan kesimpulan pada penentuan kadar aspal optimum, dengan titik yang ditinjau adalah  $\pm 1$  dan  $\pm 0,5$  dari KAO rencana.

### 3.7.2. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji pada penelitian ini dibuat berdasarkan kebutuhan untuk mencari KAO dan kebutuhan benda uji berdasarkan KAO yang didapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari KAO

Variasi kadar aspal (%)	Jumlah Benda uji <i>Mashall</i>
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
6,5	3
<b>Jumlah</b>	<b>15 buah</b>

Tabel 3.5. Variasi Rendaman

<b>Variasi Waktu Rendaman</b>	<b>Jumlah Benda Uji</b>
30 menit	3
1 hari	3
7 hari	3
28 hari	3
<b>Jumlah</b>	<b>12</b>

Sehingga jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak ( $3 \times 5 \times 1 = 15$  buah) untuk mencari KAO yang dapat dilihat dari hasil uji *Marshall*, dan ( $4 \times 3 \times 1 = 12$  buah) untuk rendaman sehingga total benda uji yang dibutuhkan adalah 27 buah benda uji.

### 3.7.3. Pembuatan Benda Uji

#### 1. Benda Uji *Marshall*

Tahap-tahap dari pembuatan benda uji untuk uji *Marshall* 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 ke dalam oven selama  $\pm 4$  jam sehingga didapatkan berat kering dan menghitung kembali kadar aspal berdasarkan berat agregat setelah dioven.
- c. Mencampurkan agregat sesuai perencanaan dengan berat total agregat masing-masing benda uji sebesar 1000 gram.
- d. Sebelum dilakukan pemadatan, terlebih dahulu memanaskan cetakan yang akan digunakan dengan tujuan agar tidak terjadi penurunan suhu yang terlalu

signifikan pada sampel. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.

- e. Memasukkan campuran dalam cetakan per 1/3 dan 1/2 tinggi cetakan kemudian memadatkannya menggunakan pemadat pipih dan melakukan pemadatan dengan alat *compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 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 *Saturated Surface Dry*.

### **3.8. Pengujian Bahan**

#### **3.8.1. Pengujian Menggunakan Alat *Marshall***

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk menentukan ketahanan terhadap kelelahan 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 pada suhu 60°C selama 30 menit.
2. Membersihkan bagian dalam kepala penekan alat uji *marshall* dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
3. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam, meletakkan benda uji dalam cincin dan memasang *flow meter*, selanjutnya letakkan kembali pada mesin penekan *marshall*. Kemudian penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, dan mengatur jarum arloji *flow meter* pada angka nol.
4. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan 2 inchi (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 pada setiap sampel perendaman, sesuai dengan SNI 03-6893-2002.

### **3.9. Pengolahan dan Pembahasan Hasil**

Berdasarkan data yang telah didapatkan di saat penelitian di Laboratorium, akan dilakukan analisa pengolahan dan perhitungan

karakteristik *marshall* campuran aspal di lapisan AC-BC. Analisa pada penelitian ini memakai parameter nilai , stabilitas, kelelahan , VIM, VMA, VFA, *Marshall Quotient*. Sehingga akan mendapatkan hasil kesimpulan dan saran.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan pengaruh rendaman menerus pada aspal pen 60/70 terhadap nilai durabilitas *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* dengan menggunakan agregat Tanjungan, Lampung Selatan sebagai berikut:

1. Pengaruh terhadap lama perendaman bervariasi 0,5 jam, 24 jam, 168 jam, 672 jam dengan suhu standar 60°C bisa diambil kesimpulan bahwa apabila campuran direndam dengan waktu yang lama maka nilai stabilitas dan durabilitasnya (keawetan/daya tahan) semakin kecil. Hal ini disebabkan karena banyaknya ruang dan pori yang terisi oleh air, sehingga campuran tidak tahan air atau mudah mengalami kerusakan.
2. Nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) didapat sebesar 91,58%, Sehingga IKS telah memenuhi standar bina marga yaitu minimal sebesar 90%. Hal tersebut menunjukkan semakin lama perendaman maka nilai IKS pada tiap rendaman akan semakin kecil.
3. Nilai IDP (Indeks Durabilitas Pertama) bernilai positif, yang artinya setiap nilai IDP yang bernilai positif kekuatannya menurun sebesar 0.44% selama masa perendaman. Sehingga campuran aspal telah memenuhi standar yaitu nilai IDP <1%. Hal ini disebabkan oleh penurunan stabilitas pada setiap penambahan waktu perendaman.
4. Nilai IDK (Indeks Durabilitas Kedua) campuran aspal concrete binder course menunjukkan nilai sebesar 19.51, dimana nilai IDK mengalami

penurunan kekuatan sebesar 19,51% selama waktu perendaman. Hal ini diakibatkan oleh penurunan dari nilai stabilitas terhadap lama waktu rendaman.

## **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan material lain dengan masa perendaman yang berbeda atau interval perendaman yang lebih lama, sebagai pembandingan pengaruh waktu perendaman terhadap tingkat durabilitas.
2. Untuk perencanaan campuran yang akan digunakan pada perencanaan jalan raya, khususnya untuk daerah yang rawan tergenang air hujan (banjir), perlu ditambahkan bahan tambah yang dapat membantu meningkatkan mutu campuran AC-BC.
3. Sebaiknya dalam penelitian mengenai campuran beraspal menggunakan jumlah benda uji KAO yang lebih banyak yaitu lebih dari tiga (3) benda uji untuk setiap kadar aspal, agar nilai KAO yang ditetapkan akan lebih terpercaya dan meyakinkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM 1995, Annual Book of American Society for Testing Materials Standard. USA.
- Awaludin, Johan, 2008, Studi Komparasi Campuran Laston AC–WC dengan Bahan Pengikat Aspal Shell 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara Prd (Percentage Refusal Density), Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Bukhari, dkk, 2007, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
- Das'at Widodo, (1999), Agregat Sebagai Bahan Perkerasan Jalan, Penataran dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Kopertis Wilayah VI, Semarang.
- Eka Saputra. Pengaruh Penambahan Belerang Pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC.
- Gumilang, Damar and , Ir. Agus Riyanto, M.T. (2017) Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc).
- Golalipour, A., Jamshidi, E., Niazi, Y., Afsharikia, Z., and Khadem, M., 2012, Effect of Aggregate Gradation on Rutting of Asphalt Pavements, Elsevier Ltd. Selection and/or peer-review under responsibility of SIIV2012 Scientific Committee, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.895.
- Hendarsin, Shirley L. 2000, Perencanaan Teknik Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil – Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Institute A (1983) Asphalt Cold-Mix Recycling: Asphalt Institute.
- Miller JS, Uzan J, Witczak MW (1983) Modification Of The Asphalt Institute Bituminous Mix Modulus Predictive Equation (Discussion). ISBN: 0309035546.
- Reza Putra Guslianda. Durabilitas Campuran AC-BC Menggunakan Limbah Kerak Tanur Cangkang Kelapa Sawit.

- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y., dan Kennedy, T.W. 1991. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. First Edition. Lanham, MD: NAPA Education Foundation.
- Saodang, H, 2005, Konstruksi Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.
- Shell Bitumen, 1990, Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen, England Krebs, R.D. dan Walker, R.D. 1971. Highway Materials, McGraw – Hill Book Company, New York.
- Sukirman, S, 2003, Beton Aspal Campuran Panas, Bandung: Penerbit Granit.
- Suparma LB (2004) The Mix Ageing Behaviour of The Asphaltic Concrete (AC) Mixture Containing Recycled Plastics Waste Aggregate Replacement (Ac-Plastiphalt). Media Teknik Vol. 26, No. 2004.
- Syahrul. Perkerasan Campuran Aspal Beton (AC- Base) Dengan Material Lokal Kutai Kartanegara.
- Tenrisukki, Andi Tenriajeng. Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan Raya Gunadarma. 207 hal.