

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI  
SEBAGAI SUBTITUSI PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC**

**TUGAS AKHIR**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat**

**untuk memperoleh gelar Sarjana**

**dari Universitas Fajar**



**Oleh**

**ARDI**

**NIM : 1620121070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS FAJAR**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Substitusi  
Pada Campuran Aspal AC-BC**

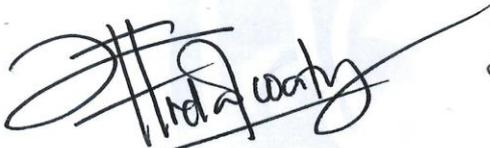
Oleh:

ARDI

1620121070

Menyetujui,

**Pembimbing 1**



Dr. Erdawaty, ST., MT

NIDN : 0921047802

**Pembimbing 2**



Ir. Zulharnah, MT

NIDN : 0031036407

Mengetahui :

**Dekan Fakultas Teknik Universitas**

**Fajar**



(Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., M.T.)

DEKAN FAKULTAS  
NIDN : 0906107701

**Ketua Program Studi Teknik Sipil**

**Universitas Fajar**



(Fatmawaty Rachim, S.T., M.T.)

NIDN : 0919117903

**PERNYATAAN ORISINALITAS**

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

**“Study Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Substitusi Pada Campuran Aspal AC-BC”** adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan panduan Ilmiah yang berlaku di Fakultas teknik Universitas Fajar.

Makassar.....2023

Yang menyatakan

  
  
ARDI

## ABSTRAK

*Serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu, Ardi.* Hasil pembakaran abu serbuk kayu menunjukkan bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai 85% (Otoko, 2014). Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari abu serbuk kayu sebagai filler diantaranya keberlimpahan abu serbuk kayu Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan memberikan prospek bagi pengadaan bahan filler yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain yang relatif mahal dan sulit didapat. Maka dari itu pada penelitian ini akan dicoba penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-BC yang didapat dari pabrik pengolahan kayu di daerah Toraja. Dengan dilakukan pengujian yaitu mengetahui nilai marshall dan nilai kehilangan berat terhadap penggunaan serbuk kayu jati sebagai substitusi pada campuran aspal AC-BC. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Universitas Fajar dengan menggunakan sistem pencampuran aspal. Dari hasil-hasil penelitian ini akan mendapatkan nilai dari pengujian marshall yaitu VIM tidak memenuhi standar dari Bina Marga yang diisyartakan yaitu minimal 3% dan maksimal 5% karena nilai yang diperoleh melebihi dari standar diperoleh pada variasi 0% yaitu sebesar 89.84, untuk variasi 5% sebesar 86.97, untuk variasi 10% sebesar 86.98. kemudian pada pengujian VFB juga tidak memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga dikarenakan tidak mencapai nilai yang ditentukan yaitu 60% sedangkan nilai yang diperoleh yaitu pada variasi 0% hanya 76.55% untuk variasi 5% hanya 68.26%, untuk variasi 10% sebesar 65.73% . Dan pada pengujian Cantabro pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu jati terhadap campuran aspal ac-bc pada pengujian *cantabro* memenuhi spesifikasi karena nilai rata – rata yang diperoleh dibawah dari spesifikasi 20%, dimana pada variasi 0% sebesar 0.93%, untuk variasi 5% sebesar 1.15%, dan untuk variasi 10% sebesar 0.53%.

Kata kunci : Serbuk Kayu, Marshall Test, Cantabro

## ABSTRACT

*Sawdust is the result of combustion of sawdust waste, Ardi.* The results of burning sawdust ash show that the SiO<sub>2</sub> content reaches 85% (Otoko, 2014). Some of the advantages that can be obtained from sawdust as filler include the abundance of sawdust ash provides prospects for procuring filler materials that are relatively cheap compared to other materials which are relatively expensive and difficult to obtain. Therefore, this research will try the use of sawdust as a filler in the AC-BC mixture obtained from a wood processing factory in the Toraja area. By doing a test that is knowing the marshall value and the weight loss value of the use of teak sawdust as a substitute for AC-BC asphalt mixture. This study used an experimental method at the Fajar University Laboratory using an asphalt mixing system. From the results of this study, we will get a value from the marshall test, namely VIM does not meet the standard of Highways which is required, namely a minimum of 3% and a maximum of 5% because the value obtained exceeds the standard obtained at 0% variation, namely 89.84, for a 5% variation of 86.97, for a 10% variation of 86.98. then in the VFB test it also does not meet the Highways Specification Standards because it does not reach the specified value of 60% while the value obtained is that at 0% it is only 76.55%, for 5% it is only 68.26%, for 10% it is 65.73%. And in the Cantabro test the effect of using teak sawdust waste on the ac-bc asphalt mixture in the Cantabro test meets the specifications because the average value obtained is below the specification of 20%, where at 0% it is 0.93%, for 5% it is 1.15% , and for a 10% variation of 0.53%.

Key words : Sawdust, Marshall Test, Cantabro

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT dengan Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Subtitusi Pada Campuran Aspal AC-BC”**, dapat diselesaikan pada waktunya. Penulis menyadari bahwa selesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Sejak dari mulai penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini adalah berkat keterlibatan berbagai pihak. Olehnya pada kesempatan ini secara khusus kami mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua saya.
2. Dr. Mulyadi Hamid, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Fajar Makassar.
3. Dr. Erniati, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar
5. Dr. Erniati, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing 1
6. Ir. Zulharna HR.MT, selaku dosen pembimbing 2
7. Rekan mahasiswa angkatan 2016 Teknik sipil Universitas Fajar Makassar.
8. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas fajar Makassar terkhusus angkatan 2016.
9. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati yang memberikan dukungan, motivasi, waktu dan materi dalam penyelesaian laporan ini .

Tidak lupa pula saya memohon maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan tugas akhir ini. Saya berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, walaupun penulis sadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Saya mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis

guna untuk menyempurnakan. Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan limpahan berkah dan anugerah dari Tuhan Yang Maha Esa. Aamiin.

Makassar, 2022

ARDI

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	viii
Bab I Pendahuluan .....	xi
I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Rumusan masalah.....	2
I.3 Tujuan penelitian.....	3
I.4 Batasan penelitian .....	3
I.5 Manfaat penelitian.....	4
Bab II Tinjauan Pustaka .....	5
II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	5
II.2 Aspal.....	7
II.3 Aspal Minyak .....	7
II.3.1 <i>Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)</i> .....	9
II.3.2 <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)</i> .....	9
II.3.3 <i>Asphalt Concrete – Base (AC-Base)</i> .....	9
II.4. Agregat .....	10
II.4.1 Klasifikasi Agregat.....	11
II.4.2 Sifat Agregat.....	14
II.5 Gradasi.....	14
II.6 Aspal Padat.....	15
II.7 Pengertian Serbuk Kayu.....	17

II.7.1 Kayu Jati .....	18
II.8 Gradasi Bina Marga.....	20
II.9 Pengujian Marshall.....	20
II.9.1 Stabilitas ( <i>Stability</i> ) .....	21
II.9.2 Kelelahan ( <i>Flow</i> ) .....	22
II.9.3 VIM (Vold In The Mix).....	22
II. 9.4 VMA (Void In Mineral Aggregate).....	24
II.9.5 Marshall Quotient (MQ).....	24
II.9.6 Voids Filler in Bitument (VFB).....	25
II.9.7 Pengujian cantabro.....	27
II.10 Penelitian Terdahulu.....	28
Bab III Metodologi Penelitian.....	31
III.1 Waktu dan lokasi.....	31
III.2 Alat dan bahan.....	32
III.2.1 Alat .....	32
III.2.2 Bahan.....	33
III.3 Pelaksanaan penelitian .....	33
III.3.1 Prosedur pelaksanaan penelitian .....	33
III.3.2 Persiapan bahan.....	34
III.3.3 Pembuatan benda uji .....	34
III.3.4 Pengujian benda uji .....	37
III.4 Metode pengumpulan data .....	39
III.4.1 Data primer.....	39
III.4.2 Data Sekunder .....	39

III.5. Metode design .....	39
III.5.1 Pembuatan Benda Uji.....	40
III.5.2 Pengujian mix design .....	41
III.6 Analisa data.....	41
III.7 Bagan alir penelitian .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
IV.1 Sifat-Sifat Fisik Agregat .....	43
IV.1.1.Sifat Fisik Agregat Kasar .....	43
VI.1.2Sifat-sifat Fisik Agregat Halus.....	43
VI.2 Penentuan Gradasi Gabungan .....	44
VI.3 Pengujian Marshall .....	46
VI.3.1 Stabilitas.....	46
VI.3.2 Kelelehan ( <i>flow</i> ).....	47
VI.3.3 VIM (Vold In The Mix).....	48
VI.3.4 VFB .....	49
VI.3.5 VMA .....	49
VI.3.6 MQ (Marshall Quetion) .....	50
IV.4 Pengujian cantabro.....	51
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>53</b>
V.1 Kesimpulan .....	53
V.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel II. 1 Persyaratan Aspal Keras Dengan Penetrasi 60/70 .....	8
Tabel II. 2 Ketentuan Agregat Kasar .....	12
Tabel II. 3 Ketentuan Agregat Halus .....	12
Tabel II. 4 Spesifikasi Agregat Untuk Campuran Aspal.....	13
Tabel II. 5 Spesifikasi Persyaratan Aspal Pen 80-100 .....	16
Tabel II. 6 Sifat-sifat Kayu Jati .....	18
Tabel III. 1 Jumlah benda uji .....	36
Tabel III. 2 Pengujian dan metode pengujian agregat.....	40
Tabel III. 3 Jumlah Benda Uji.....	41
Tabel IV. 1 Sifat-sifat fisik agregat kasar .....	43
Tabel IV. 2 Sifat-sifat fisik agregat halus .....	44
Tabel IV. 3 Analisa Gabungan Agregat.....	44
Tabel IV. 4 Parameter Marshall Bina Marga .....	46
Tabel IV. 5 Hasil Nilai Pengujian Cantabro .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Komponen Struktur Perkerasan Lentu .....	6
Gambar II. 2 Aspal padat .....	17
Gambar II. 3 Lokasi Pengambilan Bahan dan Abu Serbuk Kayu Jati .....	18
Gambar II. 4 Alat pengujian Marshall .....	26
Gambar II. 5 Alat pengujian cantabro dengan mesin Los Angeles.....	28
Gambar III. 1 Benda Uji.....	36
Gambar III. 2 Bagan alur penelitian.....	42
Gambar IV. 1 Gradasi gabungan agregat.....	45
Gambar IV. 2 Grafik Stabilitas (Bina Marga).....	47
Gambar IV. 3 Flow (Bina Marga).....	47
Gambar IV. 4 VIM (Bina Marga) .....	48
Gambar IV. 5 VFB (Bina Marga) .....	49
Gambar IV. 6 VMA (Bina Marga).....	50
Gambar IV. 7 MQ (Bina Marga).....	51
Gambar IV. 8 Hubungan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dan Cantabro .....	52

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar belakang**

Transportasi merupakan pemindah barang dan manusia dari suatu tempat asal (dari mana pengangkutan dimulai) ke tempat tujuan (kemana tujuan diakhiri). Selain itu manfaat transportasi dapat dilihat dari berbagai segi kehidupan masyarakat, yakni manfaat ekonomi, manfaat sosial, manfaat politis, dan manfaat kewilayahan. Kemudahan yang dapat diperoleh dari transportasi bagi manusia ialah mudahnya mengatasi jarak antara sumber daya manusia dengan sumber daya alam atau barang produksi dari berbagai geografi. Oleh karenanya dibutuhkan kegiatan tersebut diarahkan pada terwujudnya sistem transportasi yang handal, berkemampuan tinggi dan diselenggarakan secara terpadu, tertib, aman, lancar, nyaman, efisien dan selamat dalam menunjang dan sekaligus menggerakkan dinamika pembangunan, mendukung mobilitas manusia, barang dan jasa dan serta mendukung pola distribusi.

Seiring dengan peningkatan volume lalu lintas di Indonesia, diperlukan infrastruktur jalan yang baik. Jalan merupakan salah satu infrastruktur terpenting untuk mendukung pergerakan manusia. Perluasan infrastruktur lalu lintas berupa jalan raya bertujuan untuk menciptakan lalu lintas yang nyaman, cepat, dan aman. Oleh karena itu, indikator terpenting dari infrastruktur jalan adalah segi keamanan, kelancaran dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Realisasi indikator ini membutuhkan material dan perawatan yang baik. Kondisi fisik jalan, seperti aspal yang kasar, percikan air dan permukaan jalan yang tidak rata, sehingga roda kendaraan tidak mudah terpeleset dan menimbulkan kecelakaan lalu lintas pada saat musim hujan, mengurangi kebisingan kendaraan, sehingga polusi udara dapat dikurangi (Danang Pasca Karyono.2010).

Proses pencampuran aspal merupakan bagian penting dan sangat mempengaruhi kualitas dan kualitas campuran. Selain itu, campuran aspal memiliki kekuatan yang baik, sehingga tegangan vertikal yang terjadi pada *base course* ke

tanah dapat dihilangkan sehingga tidak terjadi deformasi yang berlebihan. Ditinjau dari komponen penyusun campuran aspal pada pelaksanaan konstruksi jalan merupakan solusi untuk memberikan kenyamanan pengendara dengan tingkat keselamatan yang tinggi. Salah satu tipe campuran aspal ialah aspal berongga. Aspal berongga adalah campuran aspal perkerasan lentur, dimana air dapat meresap kedalam lapisan aus secara vertikal dan mengalir secara horizontal.

Salah satu alternatif yaitu penggunaan limbah serbuk kayu jati dari toraja utara sulawesi selatan yang berupa serbuk kayu jati yang akan di gunakan sebagai substitusi pada Aspal AC-BC.

Serbuk kayu Jati adalah limbah yang diperoleh dari hasil penggergajian kayu yang menggunakan mesin maupun manual. Di setiap depot kusen atau pabrik pengolahan kayu sering dijumpai sisa penggergajian yang merupakan limbah serbuk kayu. Limbah serbuk gergaji kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya, yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan.

Serbuk kayu relatif murah dan mudah mendapatkannya. Serbuk kayu pada umumnya hanya digunakan sebagai bahan bakar yang dapat digantikan sebagai minyak tanah, media tumbuh untuk tanaman hias atau dibuang begitu saja di alam terbuka. Oleh karena itu, belakangan ini mulai dikembangkan pemanfaatan abu serbuk kayu dalam berbagai bidang, salah satunya adalah bidang konstruksi (Sulaiman,dkk.2018).

Limbah Kayu Jati dapat dimanfaatkan lagi sebagai substitusi pasir pada aspal AC-BC. Di dalam penelitian tentang pemanfaatan limbah serbuk kayu Jati yang digunakan sebagai bahan tambah. Dari uraian di atas peneliti saya mencoba melakukan penelitian tentang judul **"PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI YANG DIGUNAKAN SEBAGAI SUBSTITUSI PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC"**.

## **1.2 Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah pada penelitian

ini adalah;

1. Bagaimana nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal ac-bc yang menggunakan limbah serbuk kayu jati sebagai substitusi agregat halus pasir.?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu jati terhadap campuran aspal ac-bc yang menggunakan pengujian *cantabro*?

### **1.3 Tujuan penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut;

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal ac bc yang menggunakan limbah serbuk kayu jati sebagai substitusi agregat halus pasir.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu jati terhadap campuran aspal ac-bc yang menggunakan pengujian *cantabro*

### **1.4 Batasan penelitian**

Adapun batasan batasan masalah dari penelitian yaitu;

1. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium, tidak dilakukan dengan skala lapangan.
2. Jenis limbah yang digunakan adalah serbuk kayu jati yang dicampurkan pada aspal ac-bc.
3. Gradasi yang digunakan adalah gradasi yang sesuai dengan spesifikasi bina marga.
4. Kadar variasi serbuk kayu jati yang akan digunakan 0%, 5%, dan 10% sebagai substitusi agregat halus pasir.
5. Kadar aspal optimum ( *KAO*) yang digunakan 5,5% dengan penetrasi 60/70

## **1.5 Manfaat penelitian**

Dengan melakukan penelitian diharapkan mampu;

1. Mengurangi ketersediaan limbah kayu jati yang dihaluskan.
2. Memanfaatkan limbah serbuk kayu jati untuk didaur ulang dalam campuran aspal AC-BC.
3. Mengurangi limbah serbuk kayu jati yg tidak dapat terurai didalam tanah
4. Memberikan pengetahuan yang lebih luas kepada masyarakat dan industri luas tentang pemanfaatan serbuk kayu jati
5. Sebagai referensi untuk penelitian penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah campuran agregat dan bahan pengikat yang digunakan melayani beban arus lalu lintas. Struktur perkerasan jalan bertujuan untuk menahan tekanan beban yang diberikan roda kendaraan sehingga mereduksikan tegangan maksimal yang terjadi pada tanah dasar. Oleh karena itu pembangunan jalan harus sesuai dengan kualitas yang diharapkan, pengetahuan tentang properti dan pengolahan komponen sangat diperlukan menurut Sukirman (2003)

Pertimbangan jenis perkerasan yang dipilih tergantung pada ketersediaan dana untuk biaya pemeliharaan, volume lalu lintas dan kecepatan pembangunan, agar proyek tidak terlalu lama mengganggu lalu lintas. Jenis plesteran berdasarkan bahan terdiri dari beberapa jenis; Sukirman (2003)

1. Perkerasan fleksibel (*Flexible Pavement*).

Perkerasan fleksibel adalah perkerasan jalan beraspal yang menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikatnya. Lapisan perkerasan ini berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke lapisan di bawahnya dan terus ke tanah dasar.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*).

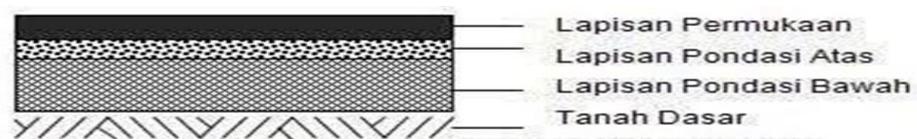
Perkerasan kaku atau perkerasan beton (*concrete pavement*) banyak digunakan untuk jalan-jalan utama dan bandara. Jika komponen pokok seperti lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah, perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan plat beton semen portland, dengan tulangan atau tanpa tulangan. Pada permukaan lapisan beton kadang-kadang ditambahkan lapisan aspal. Perkerasan beton cocok digunakan pada jalan raya yang melayani lalulintas tinggi/berat, berkecepatan tinggi contoh misal jalan tol dan bandara.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite pavement*).

Perkerasan komposit adalah perkerasan gabungan antara perkerasan beton semen portland dan perkerasan aspal (*asphalt concrete, AC*) yang berada di atas perkerasan semen portland atau lapisan pondasi yang dirawat. Lapis pondasi yang dirawat dapat terdiri dari lapis pondasi dirawat aspal (*asphalt treated base, ATB*) atau lapis pondasi yang dirawat semen (*cement treated base, CTB*).

Menurut Sukirman (2003) lapisan perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan antara lain;

- 1 (*Subgrade*) lapisan tanah dasar yaitu lapisan paling bawah pada konstruksi perkerasan jalan. Lapisan ini merupakan tanah asli yang dipadatkan atau tanah urungan yang di datangkan dari tempat lain dan distabilisasi.
- 2 (*Sub base course*) lapisan pondasi bawah yaitu lapisan yang dihamparkan di antara tanah dasar dan lapis pondasi. Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan yang terdiri dari material granular, atau lapisan tanah yang telah di distabilisasi dengan bahan tambah.
- 3 (*Base course*) lapisan pondasi atas yaitu lapisan pondasi perkerasan berada di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan, lapisan ini menahan beban dan menyebarkan sebagian besar beban ke lapisan di bawahnya.
- 4 Lapisan Permukaan yaitu lapisan bersinggungan langsung dengan roda kendaraan, yang langsung menahan beban dan gesekan roda kendaraan akibat rem kendaraan.



Gambar II. 1 Komponen Struktur Perkerasan Lentu

## II.2 Aspal

Aspal adalah bahan hidrokarbon yang sifatnya melekat (adhesive), yang berwarna hitam kecoklatan dan tahan air. Aspal sering disebut juga dengan bitumen yang digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal pada perkerasan lentur. Aspal berasal dari pengolahan minyak bumi atau berasal dari alam. Aspal juga adalah bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dapat dikarakteristik dengan baik. Kandungan utama aspal yaitu senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, aromatic, dan alifatik mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Aspal juga mempunyai unsur penyusun yaitu oksigen, nitrogen, belerang, dan atom-atom lainnya. Berdasarkan jumlahnya, biasanya massa aspal adalah karbon 80%, belerang 6%, hydrogen 10%, sisanya nitrogen dan oksigen, serta jumlah nikel, vadium dan renik besi.

Aspal memiliki beberapa fungsi khususnya pada bahan konstruksi perkerasan jalan, yaitu:

1. Sebagai pengikat agregat agar tidak mudah lepas dari lapisan permukaan jalan akibat arus lalu lintas.
2. Sebagai pahan pengisi pori pada atau rongga kosong antara agregat halus, agregat kasar, dan filler.

## II.3 Aspal Minyak

Aspal minyak adalah hasil destilasi dari minyak alam yang lebih tepat di sebut sebagai minyak bumi. Proses penyulingan merupakan pemisahan fraksi dari minyak itu sendiri. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Menurut tingkat kekerasannya, aspal minyak/ aspal murni/ *petroleum asphalt* (Sukirman 1999), diklasifikasikan menjadi :

1. Aspal cair

Aspal cair digunakan untuk mengikat bahan bangunan atau sebagai perekat.

2. Aspal emulsion

Aspal Emulsi merupakan aspal yang berbentuk dari aspal keras yang kemudian dipersikan kedalam air atau aspal cair yang dikeraskan memakai nahan pnegemulisi.

### 3. Aspal keras

Aspal keras ini digunakan sebagai bahan baku untuk membuat jalan keras.

Di Indonesia umumnya yang digunakan adalah aspal:

1. AC Penetrasi 40/50 , adalah aspal keras dengan penetrasi antara (40-50)
2. AC Penetrasi 60/70, adalah aspal keras dengan penetrasi antara (60-70)
3. AC Penetrasi 85-100, adalah aspal keras dengan penetrasi antara (80-100)

Tabel II. 1 Persyaratan Aspal Keras Dengan Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Aspal Pen. 60-70 –Wax
1	Penetrasi pada 25 <sup>0</sup> C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	55-68
2	Viskositas Kinematis 135 <sup>0</sup> C (eSt)	ASTM D2170-10	≤ 300
3	Titik Lembek ( <sup>0</sup> C)	SNI 2434:2011	≥ 49
4	Daktilitas pada 25 <sup>0</sup> C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala ( <sup>0</sup> C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
8	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek ( <sup>0</sup> C)	ASTM D 5976-00 part 6.1 dan SNI 2434:2011	≤ 2,2
9	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002):			

10	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$
11	Penetrasi pada 25 <sup>0</sup> C (semula)	SNI 2456:2011	$\geq 54$
12	Daktalitas pada 25 <sup>0</sup> C (cm)	SNI 2432:2011	$\geq 50$

sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2010 Rev.3 Divisi)

### II.3.1 Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)

Asphalt Concrete-Wearing Course merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non structural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

### II.3.2 Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (wearing course) dan di atas lapisan pondasi (base course). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/renggangan akibat beban lalu lintas yang akan di teruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

### II.3.3 Asphalt Concrete – Base (AC-Base)

Menurut departemen pekerjaan umum Laston atas atau lapisan atas (AC-Base) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu di campur dan di padatkan dalam keadaan panas. Lapisan ini terletak di bawah lapisan pengikat (AC-BC). Perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang di sebarakan melalui roda kendaraan. Lapisan pondasi (AC-Base) berfungsi untuk memberi dukungan lapis permukaan, mengurangi renggangan dan tegangan. Menyebarkan dan meneruskan beban

kontruksi jalan di bawahnya (*sub grade*).

#### **II.4. Agregat**

Agregat merupakan komponen utama dari suatu struktur perkerasan, yaitu 90-95% berdasarkan persentase berat, atau berkisar antara 75-95% berdasarkan persentase volume. Sifat agregat merupakan salah satu factor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya kelekatan dengan aspal. (Sukirman, 2003)

Agregat mempunyai peranan penting dalam prasarana transportasi, khususnya pekerjaan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Agregat merupakan salah satu bahan utama perkerasan jalan selain aspal. Agregat terdiri dari dua jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan / olahan. Bentuk butiran agregat sangat menentukan konstruksi akhir yang diperoleh karena jika bentuk butirannya bundar banyak rongga-rongga tersisa, sehingga kerapatannya rendah. Klasifikasi agregat menjadi kasar, halus dan filler ialah berdasarkan ukurannya yang ditentukan dengan menggunakan saringan. Menurut proses pengolahannya agregat dibagi menjadi 2 (dua) :

##### **1. Agregat Alam**

Agregat alam ialah agregat yang diperoleh dari alam, agregat terbentuk oleh proses erosi dan degradasi, dimana bentuk partikelnya ditentukan dari proses pembentukan. Aliran air sungai membentuk partikel

yang bersudut dengan permukaan kasar. Dua jenis agregat yang digunakan adalah kerikil dan pasir.

## 2. Agregat buatan yang melalui proses pengolahan

Di gunung, bukit dan sungai sering ditemui agregat yang memiliki ukuran besar melebihi ukuran yang di inginkan, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh :

- 1) Bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- 2) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- 3) Gradasi sesuai yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu *stone crusher* sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat di capai spesifikasi yang telah ditetapkan.

### II.4.1 Klasifikasi Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan utama perkerasan jalan selain aspal, berdasarkan besaran partikel agregat dibedakan atas agregat kasar dan agregat halus yaitu :

#### 1. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serat mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeable. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Tabel II. 2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	Magnesium Sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi Kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439:2011	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's	95/90 1
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		Pennsylvania Test Method, PTM No.621	80/75 1
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10 Perbandingan 1 :5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

Sumber: Spesifikasi Umum Interim Seksi 6.3 Direktorat Bina Marga 2010

## 2. Agregat halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butir bahan ini dapat terdiri dari butiran-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

Tabel II. 3 Ketentuan Agregat Halus

Sumber: Spesifikasi Umum Interim Seksi 6.3. Direktorat Bina Marga 2010

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6887-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Tabel II. 4 Spesifikasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap total agregat		
		LASTON (AC)		
(Inci)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 $\frac{1}{2}$ "	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90 – 100
3/4"	19	100	90 – 100	73 – 90
1/2"	12.5	90 – 100	74 – 90	61 – 79
3/8"	9.5	72 – 90	64 – 82	47 – 67
No.4	4.75	54 – 69	47 – 64	39,5 – 50
No.8	2.36	39,1 – 53	34,6 – 49	30,8 – 37
No.16	1.18	31,6 – 40	28,3 – 38	24,1 – 28
No.30	0.6	23,1 – 30	20,7 – 28	17,6 – 22
No.50	0.3	15,5 – 22	13,7 – 20	11,4 – 16
No.100	0.15	9 – 15	4 – 13	4 – 10
No.200	0.075	4 – 10	4 – 8	3 – 6

#### **II.4.2 Sifat Agregat**

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas, sifat dan bentuk yang baik di butuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi pekerjaan jalan terdiri dari gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya pelekatan terhadap aspal.

#### **II.5 Gradasi**

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos, atau presentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran.

Seluruh spesifikasi perkerasan masyarakat bahwa pertikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi agregatnya rongga dalam campuran dan menentukan *workability* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat halus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Presentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*Uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*Dense graded*)

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

3. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas.

- 1) Bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- 2) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- 3) Gradasi sesuai yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu *stone crusher* sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat di capai spesifikasi yang telah ditetapkan.

## II.6 Aspal Padat

Aspal padat ialah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair ketika dipanaskan. Aspal padat dikenal juga dengan semen aspal (*asphalt cemen*). Oleh karena itu, semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

Kett (1998) menyatakan bahwa terdapat lima klarifikasi nilai penetrasi pada

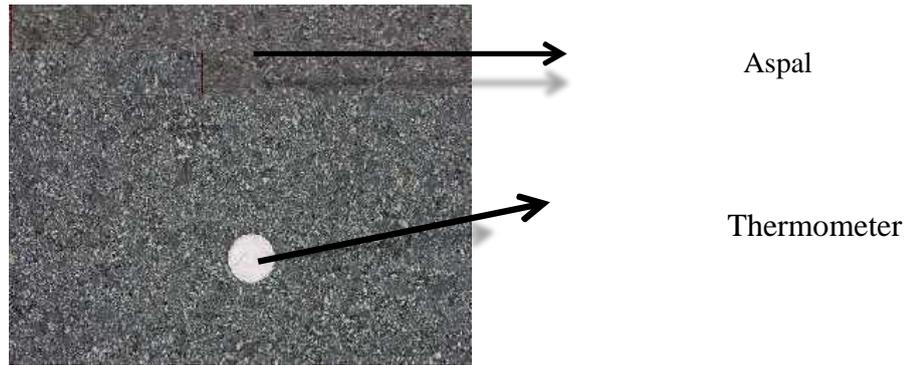
semen aspal yang bervariasi secara konsistensi pada suhu kamar dari padat ke semi cair 40-50, 60-70, 80-100, 120-150, dan 200-300. Nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan material dimana pen 40-50 merupakan yang paling keras dan pen 200-300 merupakan yang paling lembut.

Di Indonesia salah satu bahan aspal yang paling digunakan dalam pembuatan jalan raya ialah semen aspal yang bernilai penetrasi 80-100. Spesifikasi persyaratan semen aspal pen 80-100 adalah sebagai berikut;

Tabel II. 5 Spesifikasi Persyaratan Aspal Pen 80-100

No	Jenis Pengujian	Metode	persyaratan	Satuan
1	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	80 – 100	Mm
2	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	46 – 54	°C
3	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 225	°C
4	Daktilitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100	Cm
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min, 1,0	gr/ml
6	Kelarutan dalam Tricloro Ethylen, % berat	RSNI M -04-2004	Min. 99	%
7	Penurunan Berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 1	%
8	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 50	Mm
9	Daktilitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 75	Cm
10	Uji noda aspal -Standar Naptha -Naptha Xylene -Hephtane Xylene	SNI 03-6885-2002	Negatif	

Sumber: (Departemen Pekerjaan Umum, 2005)



Gambar II. 2 Aspal padat

Adapun kelebihan (*asphalt cement*) aspal padat.

1. Sebagai pemikat diantara agregat
2. Kedap terhadap air
3. Mampu menahan keausan
4. Kedap terhadap lelehan
5. Kekesetan terhadap geseran
6. Mudah dalam pencampuran mudah di hamparkan dan di padatkan

## II.7 Pengertian Serbuk Kayu

Serbuk kayu merupakan hasil pembakaran dari limbah serbuk kayu. Hasil pembakaran abu serbuk kayu menunjukkan bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> mencapai 85% (Otoko, 2014). beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari abu serbuk kayu sebagai filler diantaranya keberlimpahan abu serbuk kayu Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan memberikan prospek bagi pengadaan bahan filler yang relatif murah dibandingkan dengan bahan lain yang relatif mahal dan sulit didapat.

Pada penelitian ini akan dicoba penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-BC yang didapat dari pabrik pengolahan kayu di daerah Toraja. presentase limbah yang dihasilkan pada industri pengolahan kayu sangat besar yaitu 40% dengan rincian 22% sebetan kayu, potongan kayu 8% dan serbuk kayu sebesar 10%. Di daerah ini rata-rata yang digunakan adalah kayu jati dengan spesifikasi telah berumur  $\pm 30$  tahun dan diameter  $\pm 45$  cm. Dengan

banyaknya usaha gergajian di daerah ini, maka ketersediaan bahan baku untuk filler dari daerah ini juga memadai. Sebagai gambaran tentang abu serbuk kayu jati ini dapat dilihat pada gambar



Gambar II. 3 Lokasi Pengambilan Bahan dan Abu Serbuk Kayu Jati

#### II.7.1 Kayu Jati

Tabel II. 6 Sifat-sifat Kayu Jati

No.	Sifat	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis	Kg/cm <sup>3</sup>	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
2	Tegangan pada batas proporsi	Kg/cm <sup>3</sup>	718
3	Tegangan pada batas patah	Kg/cm <sup>3</sup>	1031
4	modulus elastisitas	Kg/cm <sup>3</sup>	127700
5	tegangan tekan sejajar serat	Kg/cm <sup>3</sup>	550
6	Tegangan geser arah radial	Kg/cm <sup>3</sup>	80
7	Tegangan geser arah tangensial	Kg/cm <sup>3</sup>	89
8	Kadar selulosa	%	47,5
9	Kadar lignin	%	29,9
10	Kadar pentose	%	4,4
11	Kadar abu	%	1,4
12	Kadar silic	%	0,4
13	Serabut	%	66,3
14	Kelarutan dalam alcohol bensen	%	4,6
15	Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
16	Kelarutan dalam air panas	%	11,1
17	Kelarutan dalam NaOH 1 %	%	19,8
18	Kadar air saat titik jenuh serat	%	28
19	Nilai kalor	Cal/gram	5081
20	Kerapatan	Cal/gram	0,44

## II.8 Gradasi Bina Marga

Gradasi adalah distribusi partikel-pertikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Dengan gradasi spesifikasi bina marga (2010) Menggunakan agregat ini diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan (dengan ukuran saringan 1.1 mm; 12.7 mm; 9.25 mm; 4.76 mm; 2.38 mm; 1.18 mm; 0.59 mm; 0.279 mm; 0,149 mm; 0.074 mm). Satu set saringan dimulai dari pan diakhiri dengan tutup.

## II.9 Pengujian Marshall

Marshall test merupakan suatu metode empiris, meliputi penerapan salah satu perubahan bentuk yang konstan suatu benda uji. Marshall test merupakan teknik pengujian untuk mengetahui tingkat kelayakan agregat campuran aspal beton dalam konstruksi desain jalan. Stabilitas Marshall dan Marshall Flow merupakan hasil pengujian marshall untuk mengetahui beban maksimum yang akan diterima oleh aspal beton. Nilai empiris Marshall ditunjukkan pada saat benda uji hancur yang dinyatakan dengan stabilitas dan flow. Volume trik campuran juga sangat mempengaruhi sifat pada kontruksi beraspal yang meliputi nilai VIM, VMA, dan VFB. Parameter-parameter Marshall tersebut sangat menentukan dalam penentuan KAO. (Suhardi, Pratomo, dan Ali 2016).

Pengujian marshall;

Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

Penentuan berat volume benda uji.

- 1) Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.
- 2) Pengujian kelelahan (flow), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.

- 3) Perhitungan Kuosien Marshall, adalah perbandingan antara stabilitas dan flow.
- 4) Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA,dan VFB).
- 5) Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S. Corps. Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) 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 silinderberdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau ASTM D 1559-76. Proving ring benda uji Flow meter.

### II.9.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan lapisan beton aspal untuk menahan perubahan atau deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja pada lapisan perkerasan. Nilai kestabilan menunjukkan ketahanan dan kekuatan aspal terhadap perubahan bentuk aspal, seperti gelombang atau bukit, rutting atau perdarahan. Kestabilan dinyatakan dalam kg dan dapat dilihat dari pembacaan arloji pada instrumen uji Marshall dengan rumus:

$$S = \frac{Q}{E' \cdot x} \quad (II.1)$$

dimana : *Stability* (S)

*Stability* = Stabilitas Marshall  
(kg)

O = Pembacaan arloji  
stabilitas (Lbf)

E<sup>''</sup> = Angka korelasi  
volumebenda uji;

Q = Kalibrasi alat *Marshall*

### II.9.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan ialah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFB, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFB yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelican antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

### II.9.3 VIM (*Vold In The Mix*)

*Vold In The Mix* (VIM) merupakan presentase 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 yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dan campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*reveling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$P\left(1 - \frac{D}{SG_{mix}}\right) = 100\% \dots\dots\dots(\text{II.2})$$

a

$$b = \frac{\dots\dots\dots}{100+a} \times 100 \dots\dots\dots(\text{II.3})$$

$$i = \frac{b \times g}{\dots\dots\dots} \times 100 \dots\dots\dots(\text{II.4})$$

BJ.Agregat

$$i = \frac{(100 - b) \times g}{\dots\dots\dots} \times 100 \dots\dots\dots(\text{II.5})$$

BJ.Agregat

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

#### II. 9.4 VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

*Void In Mineral Agregate* ialah rongga udara butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume, kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi

$$VMA = \frac{100 - P_b X}{G_{mb}} \dots \dots \dots (II.6)$$

dimana :

VMA = Volume pori antara butir agregat didalam beton aspal padat (%);

Gsb = Berat jenis kering total agregat;

Pb = Kadar aspal (%);

Gmb = Berat volume kering campuran (gram/cm<sup>3</sup>).

*Gsb*

#### II.9.5 *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* ialah hasil antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai

*Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = \frac{\text{Stability}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots(\text{II.6})$$

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bima Marga, ditentukan kadar optimum campuran.

#### II.9.6 Voids Filler in Bitument (VFB)

VFB merupakan besaran pori antar butir agregat yang terisi oleh aspal, sehingga VFB adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat.

Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan menyediakan VMA yang dapat diterima. Efek utama dari kriteria VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kandungan aspal maksimum. VFB juga dapat membatasi level dalam rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA. Nilai VFB didapatkan dari rumus sebagai berikut (David dan Darmansyah, 2011) :

$$VFB = \frac{100(VMA - P)}{VMA} \% \text{ dari} \dots\dots\dots(\text{II.8})$$

*VMA*

dimana :

VFA = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal;

VMA = Volume pori antara butir agregat didalam beton aspal padat (%); P = Volume rongga udara dalam campuran (%).



Gambar II. 4 Alat pengujian Marshall

1. Benda uji berupa briket campuran aspal direndam pada tempat perendaman yang berupa bak (water bath) dengan waktu 30 – 40 menit pada suhu tetap yang telah ditentukan adalah  $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$ .
2. Mengeluarkan mengeluarkan briket dari dalam bak perendaman dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan waktu yang diperlukan briket atau benda uji setelah pengangkatan dari bak perendam atau oven adalah 30 detik dan tidak boleh melebihi dari waktu tersebut).
3. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan meletakkannya pas di atas alat penguji benda uji.
4. Memasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penunjuk dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubun tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmenatas kepala penekan.
5. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
6. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurunseperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stability) yang dicapai.
8. Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai (SNI 06-2489-1991).

### II.9.7 Pengujian cantabro

Cantabro adalah pengujian untuk mengetahui ketahanan pada campuran aspal dengan metode analisis menggunakan mesin Los Angeles. Permeabilitas adalah pengujian yang bertujuan untuk menganalisis nilai koefisien permeabilitas pada campuran aspal. Mesin Los Angeles bertujuan untuk mengetahui keausan (abrasi) pada benda uji. Pada pengujian cantabro ini digunakan agar dapat menilai kemampuan benda uji dalam menahan abrasi dengan mesin Los Angeles tanpa menggunakan bola baja sebagai ke dalam mesin tersebut. Dengan pengujian ini bermaksud untuk mensimulasi abrasi lalu lintas yang akan terjadi dilapangan sertapenurunan yang terjadi pada nilai aspal. Pada saat pengujian pemutaran mesin Los Angeles minimal 300 putaran. Adapun rekomendasi batas kehilangan abrasi adalah 20%.

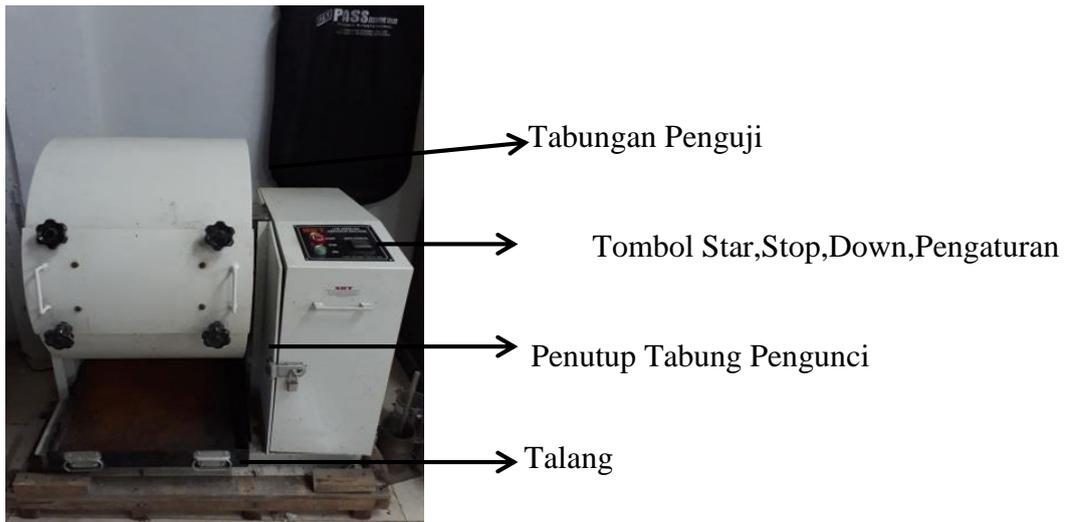
$$\text{Nilai Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{II.9})$$

Keterangan :

A = Berat benda uji Semula.

B = Berat benda uji setelah pengujian

Berikut adalah alat dari *Cantabro Test* ditunjukkan pada Gambar II.5



Gambar II. 5 Alat pengujian cantabro dengan mesin Los Angeles

## II.10 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu yang menguraikan tujuan serta hasil dari penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul penelitian

1. Pengaruh Penambahan Serbuk kayu jati Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran aspal Porus Avista Candra Dewi S, Ristradianti Dwi A, Hendi Bowoputro, Ludfi Djakfar. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai *Marshall* yang ada pada campuran aspal porus. Penggunaan serbuk kayu jati ini juga dapat mengurangi jumlah limbah serbuk kayu yang ada. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi kadar serbuk kayu jati dan variasi suhu perendaman. Variasi kadar serbuk. Pada penelitian ini, penggunaan material serbuk kayu jati yang akan ditambahkan. Penelitian ini akan membandingkan antara aspal porus dan aspal porus dengan serbuk kayu jati.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Variasi penambahan kadar serbuk kayu pada aspal porus dengan standar British tidak mempengaruhi nilai Marshall VIM, stabilitas, flow, dan MQ.
2. Tidak didapatkan kadar serbuk kayu optimum pada suhu 45°C karena pada suhu ini tidak semua nilai karakteristik Marshall memenuhi, sedangkan kadar serbuk kayu jati optimum suhu 60°C adalah 4,488%, dan suhu 75°C adalah 5,55%,
3. Variasi penambahan suhu waterbath pada kadar serbuk kayu jati pada aspal porus dengan standar British tidak mempengaruhi nilai Marshall VIM, stabilitas, flow, dan MQ.

Pengaruh Filler Abu Kayu Jati Terhadap Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan Metode Warm Mix Asphalt Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-21 Universitas Brawijaya, Malang, 19 – 20 Oktober 2018

Pada penelitian ini akan dicoba penggunaan abu serbuk kayu sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-WC yang didapat dari pabrik pengolahan kayu di daerah Klaten. presentase limbah yang dihasilkan pada industri pengolahan kayu sangat besar yaitu 40% dengan rincian 22% sebetan kayu, potongan kayu 8% dan serbuk kayu sebesar 10%.

Berdasarkan hasil perhitungan kadar aspal ideal, didapatkan kadar aspal 5,85%. Oleh karena itu untuk mendapatkan kadar aspal optimum pada campuran Laston maka digunakan sampel dengan variasi kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Hasil Marshall test kemudian didapatkan beberapa nilai yaitu VMA, VIM, VFB, Stabilitas.

Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Material Pengisi Campuran Laston Tipe b Jurnal Transportasi Vol. 11 No. 2 Agustus 2011: 103-114 dilakukan pengujian Marshall terhadap benda-benda uji yang telah dipersiapkan. Parameter Marshall yang diperoleh terdiri atas stabilitas, kelelahan, Rongga dalam Campuran (VIM), Rongga dalam Mineral Agregat (VMA), dan Marshall Quotient.

Pada penelitian ini dilakukan analisis penggunaan abu serbuk kayu sebagai

material pengisi Laston tipe B. Karakteristik Laston yang diamati meliputi stabilitas, kelelahan (flow), Rongga dalam mineral Agregat (Voids in Mineral Aggregate, VMA), Rongga dalam Campuran (Voids in Mix, VIM), dan Marshall quotient.

Pada studi ini diteliti penggunaan abu serbuk kayu yang digunakan sebagai bagian material pengisi pada campuran Laston tipe B. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa abu serbuk kayu dapat digunakan sebagai bagian material yang digunakan sebagai material pengisi campuran Laston tipe B tersebut. Perubahan karakteristik akibat perubahan kadar aspal campuran Laston yang menggunakan serbuk abu kayu ini pada umumnya mirip dengan karakteristik campuran beton aspal jenis yang lain. Hasil pengujian terhadap benda-benda uji menunjukkan bahwa rongga dalam campuran Laston tipe B yang diteliti pada studi ini sangat tinggi dan tidak memenuhi spesifikasi yang digunakan. Rongga yang sangat besar ini dapat mengurangi durabilitas campuran. Campuran dengan abu serbuk kayu sebanyak 1 % mempunyai kadar aspal optimum terbesar, yaitu 6,63 %, sedangkan campuran-campuran yang menggunakan abu serbuk kayu 2 % dan 3 % mempunyai kadar aspal optimum yang sama, yaitu 6,0 %. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan abu serbuk kayu yang lebih banyak menghasilkan campuran yang lebih murah.

Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis aus Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan I (4):61-68 (2018)

Penelitian yang dilakukan adalah penggunaan abu serbuk kayu sebagai substitusi filler. Selain menggunakan abu serbuk digunakan juga semen Portland sebagai substitusi.

Metode pengujian mengikuti prosedur pengujian marshall, AASHTO, Bina Marga dan metode lain yang digunakan adalah pengujian durabilitas modifikasi, mengingat tidak ada dalam ketiga metode tersebut. Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal setelah disubsitusi Abu Serbuk Kayu sebagai filler, serta bahan yang digunakan Agregat kasar, Agregat halus, Aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina. Perencanaan campuran laston

lapis aus (AC-WC) dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dengan menggunakan cara basah.

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis material berupa agregat, aspal pen. 60/70 dan aspal pen. 60/70 setelah disubstitusi variasi filler abu serbuk kayu dan semen portland telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan serta dapat digunakan sebagai bahan campuran AC-WC.

Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati terhadap Campuran Aspal Porous Salim1  
, Muhammad Iqbal2 , Nur Cholifah3

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap campuran aspal porous Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah: 1) Untuk mengetahui persentase kadar serbuk kayu jati yang ditambahkan pada campuran aspal porous. 2) Untuk mengetahui pengaruh serbuk kayu jati karakteristik campuran aspal porous.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Dan Transportasi, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pemeriksaan dan pengujian beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut: 1) Dari hasil analisis hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran digunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik Marshall Test sehingga diperoleh KAO 5,25%. 2) Dari hasil penelitian pengaruh penggunaan serbuk kayu jati terhadap campuran aspal porous memenuhi spesifikasi karakteristik campuran aspal porous. Pada variasi kadar serbuk 1% terjadi koefisien permeabilitas yang tinggi menunjukkan tingkat penyaluran air ke drainase melambat, karena serbuk meresap air tidak menyalurkan seluruhnya ke drainase.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Waktu dan lokasi**

Lokasi penelitian pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar

Makassar Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah (ex Racing Centre) No. 101, Karampuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia. Pada bulan juni-september 2022

### **III.2 Alat dan bahan**

#### **III.2.1 Alat**

Alat yang akan digunakan pada pengujian aspal yaitu ;

1. Alat uji berat jenis

Alat uji berat jenis yaitu ; (*picnometer*, timbangan, pemanas)Alat yang akan digunakan pengujian agregat antara lain : Alat pengujian agregat

Alat yang akan digunaka pada pengijian agregat sebagai berikut:

1. Automatic Aspalt Compactor
2. Alat Pengujian Marshall Test
3. Mesin Penggetar Ayakan (Sieve Shaker)
4. Oven
5. Ayakan dengan nomor saringan .  $\frac{3}{4}$  ;  $\frac{1}{2}$  ;  $\frac{3}{8}$  ; 4 ; 8; 200, pan
6. Timbangan (kapasitas 50 kg)

Bak perendam

1. Alat pengujian cantabro metode marshall
2. Alat bantu
3. Alat pengujian cantabro

1. Alat bantu:

1. Panci pencampur
2. Kompor pemanas
3. Ejektor

4. Sendok pengaduk
5. Termometer
6. Spatula
7. Kaos tangan
8. Timbangan
9. Kain lap

### III.2.2 Bahan

Beberapa bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Serbuk kayu jati
2. Aspal minyak
3. Agregat halus
4. Agregat kasar
5. Filler

## **III.3 Pelaksanaan penelitian**

### III.3.1 Prosedur pelaksanaan penelitian

Dalam kegiatan penelitian ini dimulai dengan tahap studi pendahuluan, yaitu kegiatan yang meliputi: tinjauan pustaka, permasalahan yang muncul dalam penelitian, menentukan tujuan dari permasalahan yang muncul dalam penelitian, menentukan tujuan dari ruang lingkup penelitian, serta menyusun program kerja dari penelitian ini sampai pada pembahasan dari kesimpulan akhir dari penelitian yang dilakukan.

#### 1. Tahap persiapan bahan

Dalam kegiatan penelitian ini dimulai dengan tahap persiapan yaitu pengumpulan data-data berupa data primer di dapat dari hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti sementara data sekunder bisa di dapat dari literatur, baik dari,

jurnal-jurnal dan buku-buku.

## 2. Tahap persiapan alat dan bahan

Sebelum kegiatan dilaksanakan, penelitian terlebih dahulu dilakukan persiapan alat dan bahan yang akan diteliti didalam laboratorium. Dalam kegiatan tersebut mencakup; kegiatan survei dari lokasi bahan yang akan digunakan, kegiatan pengangkutan bahan uji dari lokasi pengambilan bahan ke laboratorium.

## 3. Tahap pengujian sifat bahan

Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan yang akan digunakan untuk bahan campuran aspal berongga, apakah bahan-bahan tersebut mempunyai karakteristik yang memenuhi spesifikasi yang digunakan. Adapun metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini mengikuti standar umum yaitu SNI, dan bina marga.

### III.3.2 Persiapan bahan

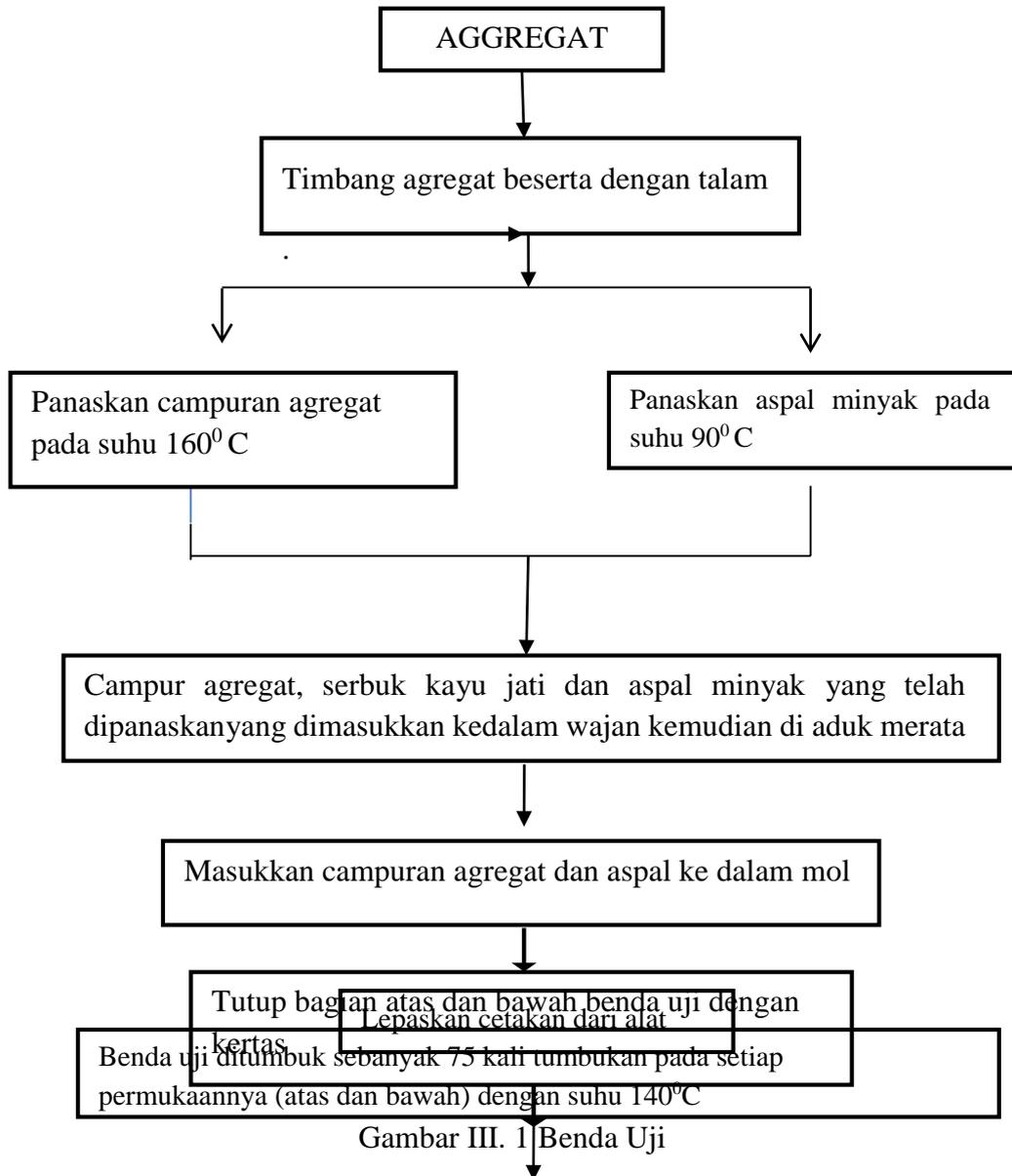
Sebelum melaksanakan kegiatan penelitian terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan-bahan yang akan diteliti di laboratorium. Dalam kegiatan ini mencakup: kegiatan survei lokasi dari bahan yang digunakan, kegiatan mendatangkan/pengangkutan bahan uji dari lokasi pengambilan bahan ke laboratorium.

### III.3.3 Pembuatan benda uji

Pengujian yang akan dilakukan pada aspal ini meliputi komposisi aspal dan pengujian briket aspal. Setelah pengujian material dan memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal maka dibuat komposisi campuran untuk pembuatan benda uji. Komposisi campuran yang digunakan. dalam penelitian ini adalah komposisi campuran sistem gradasi terbuka (*open graded*) yang mengacu pada ketentuan campuran aspal gradasi Bina Marga.

Langkah selanjutnya adalah pembuatan sampel (briket) untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum. Dibuat sampel perkerasan aspal dengan bahan pengikat aspal minyak tipe 60/70, langkah berikutnya adalah pembuatan sampel dengan kandungan LGA 5% dengan substitusi serbuk kayu jati 0%, 5% dan 10%

Langkah-langkah pembuatan benda uji dapat dilihat pada alur percobaan Gambar



Gambar III. 1 Benda Uji

Tabel III. 1 Jumlah benda uji

Pengujian	Kadar variasi substitusi serbuk kayu jati			Jumlah
	0%	5%	10%	
Marshall	3	3	3	9

Cantabro	3	3	3	9
Total				18

### III.3.4 Pengujian benda uji

Dalam pengujian benda uji aspal dapat di uji dengan pengujian yaitu: Pengujian karakteristik *Marshall dan cantabro*.

Cara-cara pengujian marshall, sebagai berikut:

1. Timbang dan catat briket benda uji.
2. Rendam benda uji di dalam air biasa selama  $\pm 24$ jam.
3. Keluarkan benda uji setelah benda uji direndam selama  $\pm 24$ jam kemudian timbang benda uji di dalam air dan dalam keadaan kering permukaan.
4. Setelah itu, rendam benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 –40menit dengan suhu tetap  $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$ .
5. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan (waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda dari bak perendam atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30detik)
6. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
7. Memasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
8. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
9. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
10. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan

tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabil) yang dicapai

11. Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai

Cara pengujian cantabro.

1. Timbang dan catat benda uji.
2. Pada pengujian ini, benda uji didiamkan dengan suhu ruang selama  $\pm$  24jam.
3. Setelah itu, masukan benda uji ke dalam alat pengujian abrasi mesin LosAngeles dengan putaran sebanyak 300 putaran tanpa menggunakan bola baja.
4. Kemudian timbang dan catat benda uji setelah pengujian.

### **III.4 Metode pengumpulan data**

Untuk memperoleh data sebagai bahan utama dalam penelitian ini, maka digunakan dua metode pengumpulan data sebagai berikut:

#### **III.4.1 Data primer**

Perolehan data primer perlu terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan bagan yang akan digunakan. Adapun pemeriksaan bahan yang dilakukan pada penelitian ini adalah meliputi pemerikssan terhadap agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Tujuan pemeriksaan bahan adalah untuk memastikan bahan yang akan digunakan untuk campuran aspal beton telah memenuhi syarat dan standar yang ditetapkan. Spesifikasi pemeriksaan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

#### **III.4.2 Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang di peroleh dari sumber kedua atau dokumntasi lembaga. Sumber data sekunder adalah data yang dipublikasikan seperti jurnal-jurnal penelitian serupa yang terdahulu dan sumber data sekunder yang tidak dipublikasikan seperti data dari lembaga pemerintah oleh Departemen Pekerjaan Umum dan lembaga-lembaga penelitian lainnya. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian merupakan data Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Bina Marga 2010.

### **III.5. Metode design**

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :Pengujian sifat bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran aspal berongga terlebih dahulu diuji karakteristik dari masing-masing bahan agregat kasar, agregat halus di mana metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia dan pengujian ini dilakukan di laboratorium.

Tahap awal penelitian yang dilakukan di laboratorium adalah memeriksa mutu bahan agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran

beraspal. Berikut adalah tahapan pengujian sifat bahan:

#### Pengujian material agregat

Tahap awal penelitian yang dilakukan di laboratorium adalah memeriksa mutu bahan-bahan dalam campuran aspal terlebih dahulu diuji karakteristiknya.

Tabel III. 2 Pengujian dan metode pengujian agregat

Pengujian	Metode Pengujian	
	Agregat Kasar	Agregat Halus
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	
Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 03-1969-2008	SNI 03-1970-2008
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	
Keausan Agregat kasar dengan mesin Los Angelas	SNI 2417-2008	
Indeks Kepipihan	SNI 03-4137-1996	
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	

#### III.5.1 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi variasi campuran yang telah ditentukan.
- b. Panaskan agregat hingga mencapai suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$
- c. Setelah mencapai suhu tersebut, campurkan agregat dengan aspal minyak
- d. Campuran dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu  $\pm 120^{\circ}\text{C}$ , dengan tumbukan sebanyak  $2 \times 75$ .

Pengujian yang akan dilakukan yakni komposisi campuran lapisan aspal beton

(AC-BC). Setelah pengujian bahan material dan memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. ketentuan yang akan digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada ketentuan campuran lapisan aspal beton (AC-BC)

Tabel III. 3 Jumlah Benda Uji

NO	Variasi serbuk kayu jati sebagai substitusi	Pengujian Marshall	Pengujian Cantabro
1.	0%	3	3
2.	5%	3	3
3.	10%	3	3
Jumlah		9	9

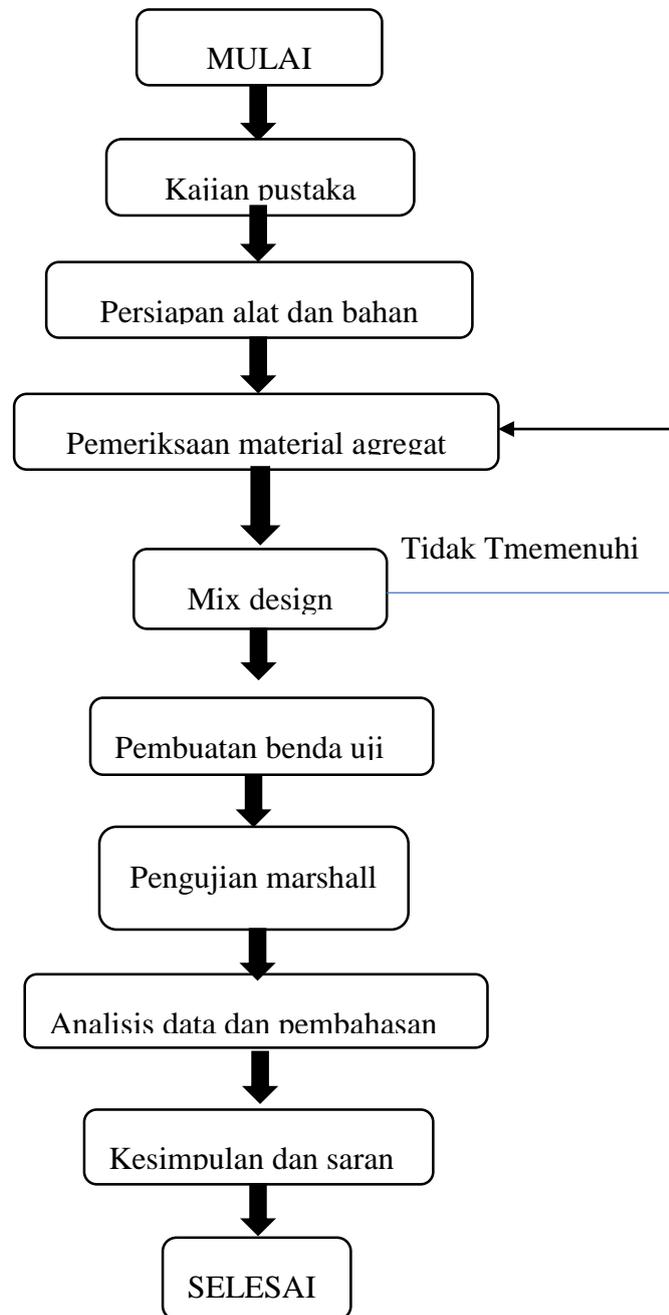
### III.5.2 Pengujian mix design

Setelah diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dan berat jenis aspal, maka berat jenis dan penyerapan dari total campuran serta penyerapan aspal dapat dihitung dengan menggunakan rumus: berat jenis *bulk*, berat jenis semu, berat jenis efektif, dan penyerapan aspal.

### III.6 Analisa data

Pada penelitian ini analisa data-data yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik yang kemudian akan dianalisa. Analisa data dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah serbuk kayu jati dan untuk mengetahui nilai abrasi.

### III.7 Bagan Alir Penelitian



Gambar III. 2 Bagan alur penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1 Sifat-Sifat Fisik Agregat

Untuk mengetahui sifat fisik agregat maka dilakukan suatu pengujian yang dilakukan di laboratorium Universitas Fajar.

##### IV.1.1.Sifat Fisik Agregat Kasar

Hasil pengujian sifat fisik agregat kasar yang dilakukan sesuai metode pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI)

Tabel IV. 1 Sifat-sifat fisik agregat kasar

No.	Pengujian	Nilai Interval	Hasil
1	Penyerapan (%)	Maks. 3	1.63
2	Berat Jenis Spesifik (%)		
	a. Berat Jenis Bulk	Maks. 3	2,75
	b. Berat Jenis SSD	Maks. 3	2,80
	c. Berat Jenis Semu	Maks. 3	2,88
3	Keausan (%)	Maks. 40	30.28
4	Indeks Kepipihan	Maks. 25	25.4

*Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil, UNIFA*

Tabel IV.1 memperlihatkan bahwa hasil-hasil pengujian agregat kasar berupa batu pecah memenuhi spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, 2010 (Revisi 2).

##### VI.1.2Sifat-sifat Fisik Agregat Halus

Hasil pengujian sifat fisik agregat halus yang dilakukan sesuai metode pengujian

Standar Nasional Indonesia (SNI)

Tabel IV. 2 Sifat-sifat fisik agregat halus

No.	Pengujian	Nilai Interval	Hasil
1	Penyerapan (%)	Maks. 3	1,22
2	Berat jenis Spesifik (%)		
	a. Berat Jenis Bulk	Maks. 3	2,58
	b. Berat Jenis SSD	Maks. 3	2,61
	c. Berat Jenis Semu	Maks. 3	2,67
3	Kadar Lumpur (%)	Maks. 5	1,5

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium teknik sipil, UNIFA

Tabel VI.2 memperlihatkan bahwa hasil pengujian agregat halus memenuhi Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum, (2010).

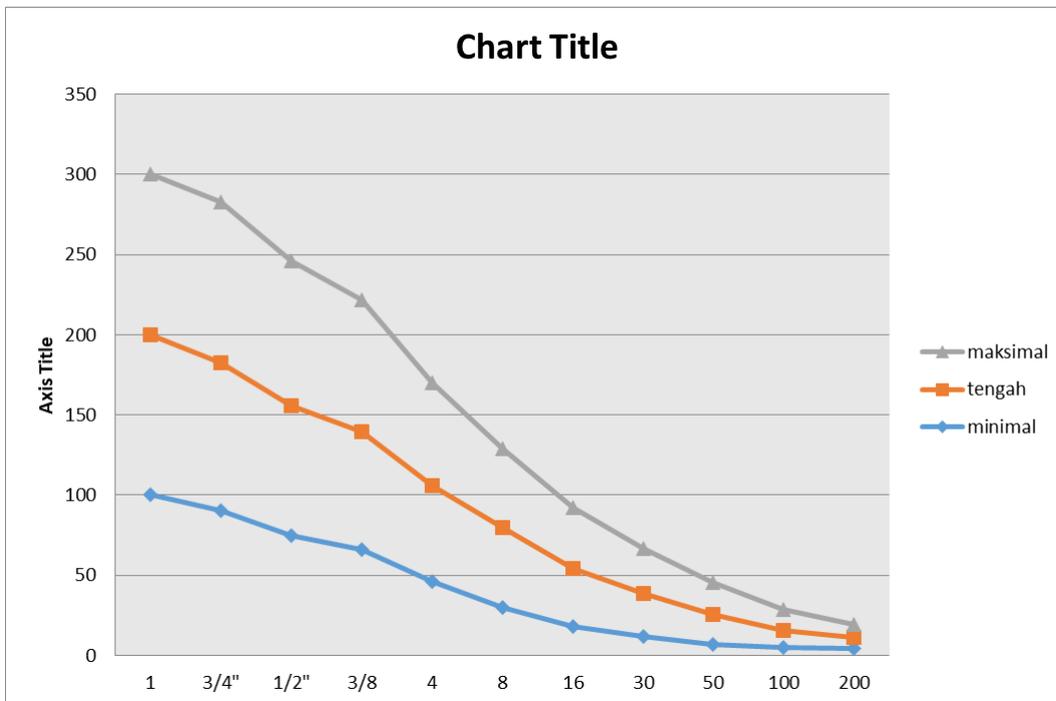
## VI.2 Penentuan Gradasi Gabungan

Penentuan gradasi Gabungan dan mix design dalam penelitian ini dilakukan dengan system trial graduation yang mengacu pada standar gradasi terbuka yang disyaratkan oleh Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2 dapat dilihat pada tabel VI.3.

Tabel IV. 3 Analisa Gabungan Agregat

SIEVE NOMOR		1	3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	No.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
BATU PECAH	% PASS	100	88.67	70.00	58.67	37.33	21.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	% BATCH	64	56.747	44.80	37.55	23.89	13.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PASIR	% PASS	100	100	100	100	100	100.00	100.00	75.50	52.00	29.50	20.50
20	% BATCH	20	20	20	20	20	20	20	15.1	10.4	5.9	4.1
DEBU BATU	% PASS	100	100	100	100	100	100.00	100.00	73.00	50.50	28.00	19.00
16	% BATCH	16	16	16	16	16	16	16	11.68	8.08	4.48	3.04
AGREGAT GABUNGAN		100	92.747	80.80	73.55	59.89	49.65	36.00	26.78	18.48	10.38	7.14
SPEKIFIKASI		100	90-100	75-90	66-82	46-64	30-49	18-38	12-28	7-20	5-13	4-8
100												

Sumber: Hasil pengujian perhitungan laboratorium Teknik sipil, UNIFA



Gambar IV. 1 Gradasi gabungan agregat

Pada Tabel VI.3 dan Gambar VI.1. Terlihat bahwa rancangan agregat gabungan yang dibuat dan diperoleh dalam penelitian ini berada dalam interval spesifikasi yang telah diisyaratkan oleh Bina Marga (2010). Sehingga diharapkan akan diperoleh campuran yang optima

### VI.3 Pengujian Marshall

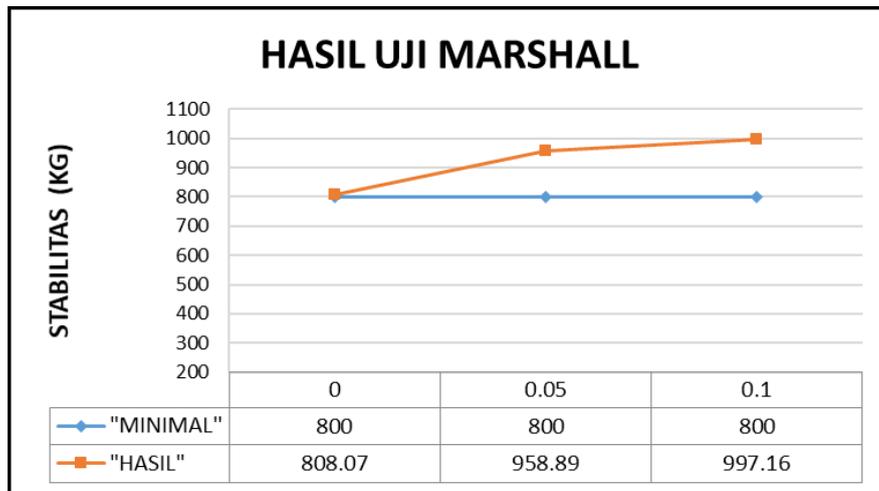
Hasil pengujian parameter marshall berupa stabilitas, VIM, VMA, VFB, Kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quentiont* (MQ) terhadap benda uji campuran aspal berongga dengan tambahan limbah plastic PET 0%, 2%, Tabel 4.5 memperlihatkan hasil pengujian marshall.

Tabel IV. 4 Parameter Marshall Bina Marga

Variasi Substitusi Limbah Serbuk Kayu Jati (%)	No. Sampel	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Marshall					
			VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
0	1	5.5	90.11	99.93	79.08	713.00	4.00	178.25
	2		89.92	99.93	78.89	905.20	3.00	301.73
	3		89.50	99.93	71.67	806.00	2.00	403.00
<b>Rata-rata</b>			<b>89.84</b>	<b>99.93</b>	<b>76.55</b>	<b>808.07</b>	<b>3.00</b>	<b>294.33</b>
5	1	5.5	86.62	99.90	78.97	930.00	2.00	465.00
	2		86.71	99.91	69.11	992.00	3.00	330.67
	3		87.58	99.91	56.70	954.68	3.00	318.23
<b>Rata-rata</b>			<b>86.97</b>	<b>99.91</b>	<b>68.26</b>	<b>958.89</b>	<b>2.67</b>	<b>371.30</b>
10	1	5.5	87.30	99.91	65.21	1116.00	2.00	558.00
	2		88.06	99.92	63.98	1271.00	2.00	635.50
	3		85.57	99.90	67.99	1295.80	4.00	323.95
<b>Rata-rata</b>			<b>86.98</b>	<b>99.91</b>	<b>65.73</b>	<b>1227.60</b>	<b>2.67</b>	<b>505.82</b>

#### VI.3.1 Stabilitas

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan pada campuran aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

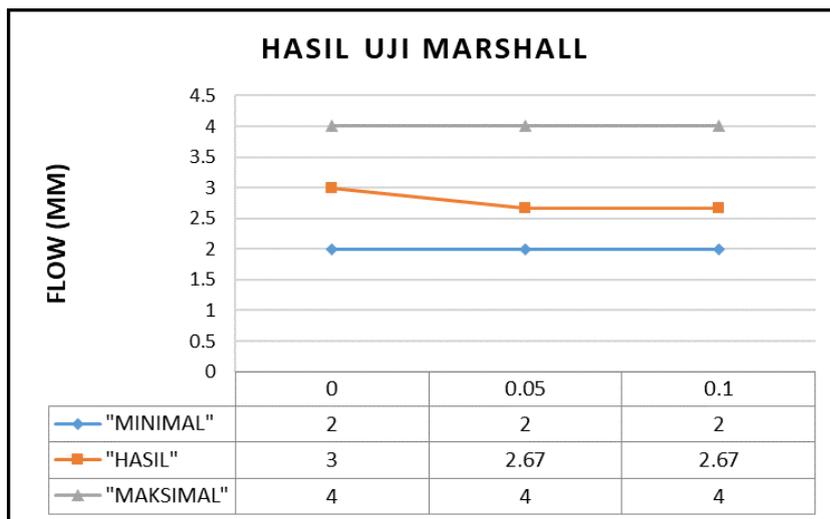


Gambar IV. 2 Grafik Stabilitas (Bina Marga)

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2 yang disyaratkan minimum 800 kg. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa pada Gambar VI.2. nilai pada spesifikasi Bina Marga tidak memenuhi spesifikasi. sehingga bahan pengisi serbuk kayu jati dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

#### VI.3.2 Kelelehan (*flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima.

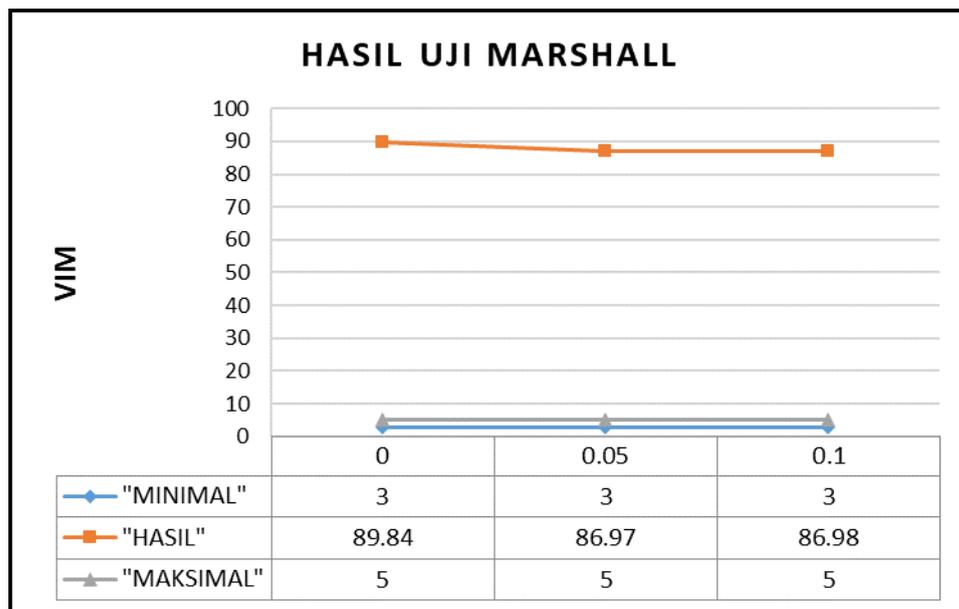


Gambar IV. 3 Flow (Bina Marga)

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2, nilai spesifikasi flow yang disyaratkan yaitu minimal 2 mm dan maksimal 4mm. Terlihat pada gambarVI.3. nilai Flow untuk spesifikasi pada Bina Marga memenuhi spesifikasi. sehingga bahan variasi serbuk kayu jati dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

### VI.3.3 VIM (Vold In The Mix)

*Vold In The Mix* (VIM) merupakan presentase 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 berongga.

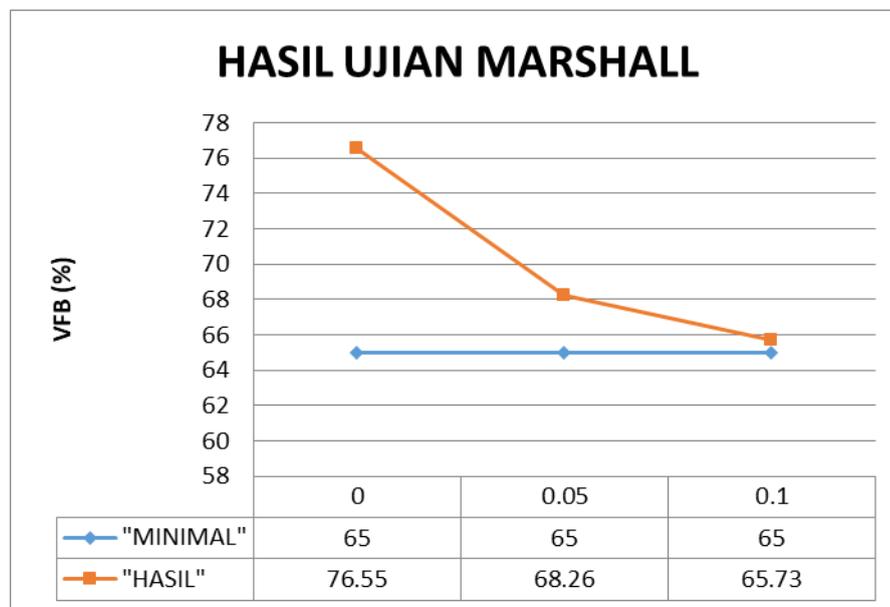


Gambar IV. 4 VIM (Bina Marga)

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2, nilai spesifikasi flow yang disyaratkan yaitu minimal 3 mm dan maksimal 5 mm. Terlihat pada gambar IV.3. nilai Flow untuk spesifikasi pada Bina Marga tidak memenuhi spesifikasi, sehingga bahan variasi serbuk kayu jati tidak dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

### VI.3.4 VFB

*Void Filler In Bitumen* (VFB) ialah presentase pori antar butir agregat yang terisi aspal, sehingga VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat.

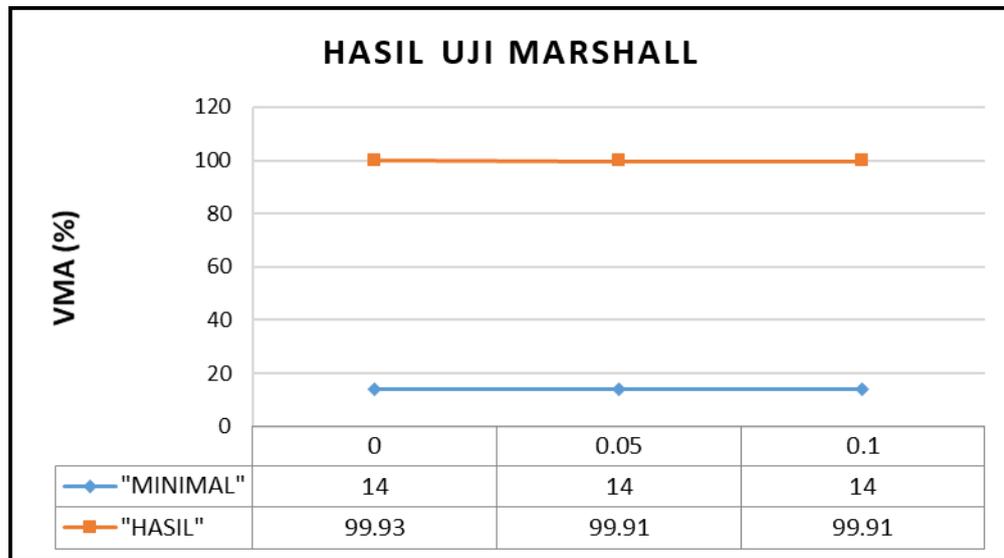


Gambar IV. 5 VFB (Bina Marga)

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2, nilai VFB yang disyaratkan yaitu minimal 65%. Terlihat pada gambar VI.5 nilai Bina Marga memenuhi spesifikasi. sehingga bahan variasi serbuk kayu jati tidak dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

### VI.3.5 VMA

*Void In Mineral Agregate* (VMA) ialah rongga udara butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume, kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

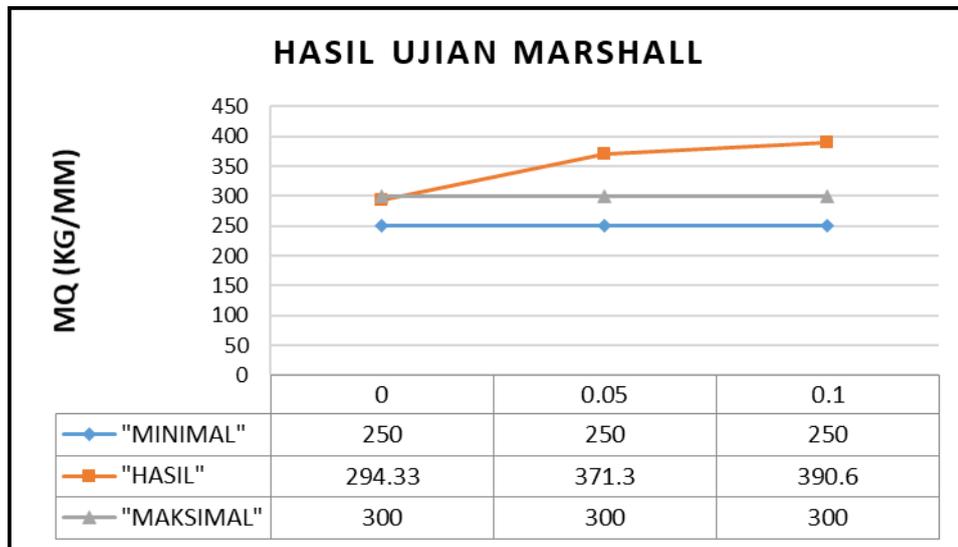


Gambar IV. 6 VMA (Bina Marga)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010, nilai spesifikasi VMA yang disyaratkan yaitu minimal 14%. Terlihat pada gambar VI.6. nilai VMA memenuhi spesifikasi, sehingga bahan variasi serbuk kayu jati dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

#### VI.3.6 MQ (Marshall Quotion)

*Marshall Quotion* ialah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotient akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, begitupun sebaliknya jika semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur.



Gambar IV. 7 MQ (Bina Marga)

Pengujian marshall quetiont (MQ) Berdasarkan nilai spesifikasi marshall quetiont yang disyaratkan yaitu minimal 300kg/mm. Terlihat pada gambar VI.7. nilai pada variasi 0% Tidak memenuhi spesifikasi sedangkan pada variasi 5% dan variasi 10% memenuhi spesifikasi Bina Marga. sehingga bahan variasi serbuk kayu jati dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

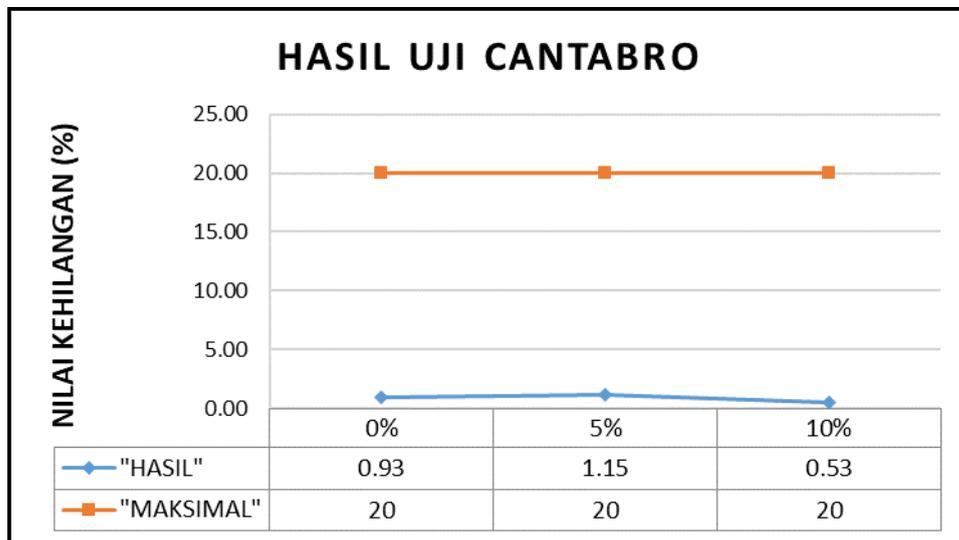
#### IV.4 Pengujian cantabro

Tes Cantabro menggambarkan ketahanan aus dari suatu objek yang diuji dengan mesin Los Angels. Sebelum ditempatkan di mesin Los Angels, berat awal benda uji ditimbang setelah benda uji dimuat ke dalam mesin Los Angels. Pengujian cantabro akan memberikan suatu gambaran sejauh mana perkerasan aspal menahan gesekan antar roda pada permukaan jalan. Dari hasil pengujian, berdasarkan spesifikasi yang disarankan oleh Bina Marga, bahwa nilai penurunan berat cantabro tidak boleh melebihi 20%. Uji Cantabro menunjukkan kekuatan suatu benda uji. Semakin rendah nilai keausan, semakin kuat benda uji. Dapat dilihat dari hasil penujian pada Tabel IV. 5

Tabel IV. 5 Hasil Nilai Pengujian Cantabro

Gradasi	Substitusi Serbuk Kayu Jati	Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat Mo-Mi (Kg)	Rata-Rata Kehilangan Berat		Spesifikasi	
							$\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100$			
Tipe	%	No.	%	Kg	Kg	(Kg)		(%)	%	
BINA MARGA	0	1	5.5	915	905	10		1.093	Max. 20	
		2		946	934	12		1.268		
		3		923	919	4		0.433		
			Rata-rata		928.00	919.33	8.67		0.93	
	5	1	5.5	1166	1159	7		0.600	Max. 20	
		2		1139	1120	19		1.668		
		3		1102	1089	13		1.180		
			Rata-rata		1135.67	1122.67	13.00		1.15	
	10	1	5.5	1144	1135	9		0.787	Max. 20	
		2		1140	1135	5		0.439		
		3		1121	1117	4		0.357		
			Rata-rata		1135.00	1129.00	6.00		0.53	

Uji Cantabro menunjukkan hasil ketahanan benda uji. Semakin rendah nilai penurunan berat pada benda uji, maka benda uji tersebut semakin kuat.



Gambar IV. 8 Hubungan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dan Cantabro

Berdasarkan hasil di atas, spesifikasi yang telah di syaratkan bina marga untuk campuran aspal tidak boleh lebih dari 20%. Dari hasil di atas telah memenuhi batas nilai kehilangan berat (cantabro test), sehingga dapat dikatakan bahwa spesifikasi bina marga 2010 telah memenuhi spesifikasi

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1 Kesimpulan**

1. Pada pengujian karakteristik marshall pada penggunaan serbuk kayu jati sebagai substitusi tidak semuanya memenuhi spesifikasi. Dikarenakan pada pengujian VIM nilai yang diperoleh melebihi dari persyaratan Standar Bina Marga yang diisyaratkan yaitu minimal 3% dan maksimal 5% sedangkan hasil yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 89.84, untuk variasi 5% sebesar 86.97, untuk variasi 10% sebesar 86.98 jadi pada pengujian VIM ini tidak memenuhi spesifikasi. Kemudian pada pengujian VFB juga tidak memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga dikarenakan tidak mencapai nilai yang ditentukan yaitu 60% sedangkan hasil yang didapatkan pada variasi 0% hanya 76.55%, untuk variasi 5% sebesar 68.26%, untuk variasi 10% sebesar 65.73% .
2. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 yang diisyaratkan yaitu minimal 20% maka dapat disimpulkan pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu jati terhadap campuran aspal ac-bc pada pengujian *cantabro* memenuhi spesifikasi karena nilai rata – rata yang diperoleh dibawah dari spesifikasi 20%, dimana pada variasi 0% sebesar 0.93%, untuk variasi 5% sebesar 1.15%, dan untuk variasi 10% sebesar 0.53%.

#### **V.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap presentase pada pengujian VIM dan VFB
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan substitusi yang berbeda atau kadar aspal yang berbeda
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan kadar variasi substitusi limbah serbuk kayu jati

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, Rachmad dan Machsus. 2007. *Penambahan Gilsonite Resin pada Aspal Prima 55 untuk meningkatkan Kualitas Perkerasan Hotmix. Jurnal Aplikasi. 3, (1), 16 – 27.*
- Cut Yuslinggan Cahya, 2018. “*Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus*”. Skripsi. Aceh: Fakultas Teknik ,Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
- Desi Widianty,dkk. 2018. *Kinerja campuran beton aspal wearing course dengan tambahan serbuk serat pelepah batang pisang*
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1983. *Beberapa Konstruksi Lapis Perkerasan Jalan No.03/MNB/1983. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.*
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1987. Departemen Pekerjaan Umum *RI Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya SKBI- 2.3.26 PU. Jakarta.*
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. *Spesifikasi Jalan dan Jembatan. Departemen Pekerjaan. Umum. Jakarta*
- Febriani, D dan Maudyda D. 2013. *Serbuk Gergaji Kayu Jati. Jurnal Aplikasi. 2, (1), 1 – 3.*
- M. S. (2020). *Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa*. Malang: Mochamad Syarifuddin;.
- Pratama, A. D., & Syarifuddin, M. (2020). *Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa. Mochamad Syarifuddin, 1-80.*
- Rahayu Kusumaningrum,, H. L., & A. R. (2016). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Karekeriktis Marshall Pada Campuran Aspal Porus. Universitas Brawijaya, 250-255.*

- Sabaruddin. ( 2011). analisis penggunaan abu serbuk kayu sebagai material pengisi Lataston tipe B. *abu serbuk kayu, Lataston, rongga dalam campuran, durabilitas.*, 103-114.
- Sabaruddin, 2011. "*Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler Hot Rolled Sheet – Base (HRS-BASE)*". Skripsi. Ternate: Fakultas Teknik Universitas khoirun kampus Gambesi Ternate.
- Salim, M. I., & N. C. ( 2020, 02 01). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati terhadap*. Retrieved from Serbuk kayu jati, Aspal porous.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta. Bandung
- Suprpto, T.M. 2004. *Bahan Dan Struktur Jalan Raya*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Susanto.A dan Sukma, P.R. 2016. *Pengaruh Limbah Beton dan Marmer Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Gilsonite*. Malang : Universitas Brawijaya. Skripsi.
- Syarifuddin, M. (2020, 08 26). *Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa*. Retrieved from Penambahan Serbuk Kayu Sisa.
- The Asphalt Institute. 1984. *Mix Design Methods for Asphalt Concrete and other Hot Mix Types, Manual Series No 2 ( MS-2 ). 1 st Edition, Lexington, Kentucky, USA*
- Yamin. M. 2001. "*Modifikasi Marshall Dalam Perencanaan Campuran Porus Aspal Untuk Cement Treated Asphalt Mixture (CTAM)*". Bali
- Y. C., S. M., & R. A. (2018). Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Jati Sebagai Subtttusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 61-68.

Yuslinggan Cahyaa. (2018, 08 20). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan I*.

Retrieved from Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP):

<http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JARSP/index>



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL  
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Bssalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 1 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 2500gr (Chipping)

No. Contoh		I	II	Rata-rata
Berat Contoh Kering Oven (Gr)	A	2445,00	2485,00	2465,00
Berat Contoh Kering Permukaan (Gr)	B	2505,00	2505,00	2505,00
Berat Contoh Dalam Air (Gr)	C	1612,00	1605,00	1608,50
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	$\frac{A}{B-C}$	2,74	2,76	2,75
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan)	$\frac{B}{B-C}$	2,81	2,78	2,80
Berat Jenis Semu	$\frac{A}{A-C}$	2,94	2,82	2,88
Penyerapan Air	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$	2,45	0,80	1,63

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.P.)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL  
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 500gr (Pasir)

No. Contoh		I	II	Rata-rata
Berat Contoh Kering Oven (Gr)	A	493,00	495,00	494,00
Berat Contoh Kering Permukaan (Gr)	B	748,00	745,00	746,50
Berat Contoh Dalam Air (Gr)	C	1055,00	1055,00	1055,00
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	$\frac{A}{B + 500 - C}$	2,55	2,61	2,58
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan)	$\frac{500}{B + 500 - C}$	2,59	2,63	2,61
Berat Jenis Semu	$\frac{A}{B + A - C}$	2,65	2,68	2,67
Penyerapan Air	$\frac{500 - A}{A} \times 100\%$	1,42	1,01	1,22

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T.)





LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL  
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 3 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

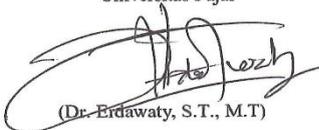
Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 5000gr (Chipping)

Gradasi Saringan		No. Sampel			
		I		II	
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
		Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)
¾"	½"	2500	3202	2500	3770
½"	3/8"	2500		2500	
Jumlah Berat (gram)		5000		5000	
Berat Tertahan Saringan No. 8		3202		3770	
Keausan					
$\frac{A - B}{A} \times 100\%$		$\frac{5000 - 3202}{5000} \times 100\% = 35,96\%$		$\frac{5000 - 3770}{5000} \times 100\% = 24,60\%$	
Rata-rata		30,28%			

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;  
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

  
 (Dr. Erdawaty, S.T., M.T)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar

90231

Lampiran 4 Pemeriksaan Indeks Kepipihan Agregat Kasar

Dikerjakan : Ardi

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr (Chipping)

Nomor	Gradasi Saringan	Ukuran Thickness Gauge		Berat Lolos Slot (Gram)	Berat Ter-tahan Slot (Gram)	Total Berat (Gram)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)			
I	3/4" 1/2"	6.67	38.2	110	390	500
II	1/2" 3/8"	4.8	25.4	138	362	500
Total				248	752	1000
<b>Indeks Kepipihan</b> = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100\%$				$\frac{248}{1000} \times 100\% = 24,8\%$		

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil  
Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL  
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 1000gr (Pasir)

Kode	Uraian	Pemeriksaan
A	Volume lumpur	3 ml
B	Volume total (lumpur + pasir)	200 ml

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A}{B} \times 100\% = 1,5\%$$

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;  
Koordinator Laboratorium Teknik Sipil  
Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL  
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

---

Lampiran 6 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 1500 gr  
Agregat Kasar : Chipping

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	170.00	170.00	11.33	88.67
1/2"	280.00	450.00	30.00	70.00
3/8"	170.00	620.00	41.33	58.67
4	320.00	940.00	62.67	37.33
8	240.00	1180.00	78.67	21.33
16	320.00	1500.00	100.00	0.00
30	0.00	1500.00	100.00	0.00
50	0.00	1500.00	100.00	0.00
100	0.00	1500.00	100.00	0.00
200	0.00	1500.00	100.00	0.00
PAN	0.00	1500.00	100.00	0.00

Makassar, 20 Juli 2022

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

---

Lampiran 7 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS/PASIR

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 1000 gr  
Agregat Halus : Pasir

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	245.00	245.00	24.50	75.50
50	235.00	480.00	48.00	52.00
100	225.00	705.00	70.50	29.50
200	90.00	795.00	79.50	20.50
PAN	205.00	1000.00	100.00	0.00



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

---

Lampiran 8 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS/ABU BATU

Dikerjakan : Ardi  
Diperiksa :  
Pengujian : Karakteristik Agregat  
Penelitian : Tugas Akhir  
Berat Bahan : 1000 gr  
Agregat Halus : Abu Batu

<b>No.</b>	<b>Berat</b>	<b>Kumulatif</b>	<b>Persen</b>	<b>Persen</b>
<b>Saringan</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Total</b>	<b>Lolos</b>
	<b>(gram)</b>	<b>(gram)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	0.00	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	0.00	100.00
30	270.00	270.00	27.00	73.00
50	225.00	495.00	49.50	50.50
100	225.00	720.00	72.00	28.00
200	90.00	810.00	81.00	19.00
PAN	190.00	1000.00	100.00	0.00



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof.Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 9 Analisa Data Bricket Gradasi Bina Marga

Dikerjakan : Ardi

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Kadar aspal	=	5.5%																		
	Material Chipping	=	(	100%	-	100%	)	x	80	x	1200	=	90720							
	1	=	(	100%	-	100%	)	x	90720.0	=	0.00	gram								
	3/4	=	(	100%	-	88.67%	)	x	963.9	=	109.21	gram								
	1/2	=	(	88.67%	-	70.00%	)	x	90720.0	=	16937.42	gram								
	3/8	=	(	70.00%	-	58.67%	)	x	90720.0	=	10278.58	gram								
	no. 4	=	(	58.67%	-	37.33%	)	x	90720.0	=	19359.65	gram								
	no.8	=	(	37.33%	-	21.33%	)	x	90720.0	=	14515.20	gram								
	no. 16	=	(	21.33%	-	0.00%	)	x	90720.0	=	19350.58	gram								
	no. 30	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	90720.0	=	0.00	gram								
	no. 50	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	90720.0	=	0.00	gram								
	no. 100	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	90720.0	=	0.00	gram								
	no. 200	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	90720.0	=	0.00	gram								
	PAN	=	(	0.00%	-	0.00%	)	X	90720.0	=	0.00	gram								

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Aspal : 5,5 %

	Material abu batu	=	(	100%	-	5.5%	)	x	5%	x	1200	=	56.7	
	1	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	113.4	=	0.00	gram		
	1/2	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	3/8	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	no. 4	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	no.8	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	no. 16	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	no. 30	=	(	100%	-	73.00%	)	x	56.7	=	15.31	gram		
	no. 50	=	(	73.00%	-	50.50%	)	x	56.7	=	12.76	gram		
	no. 100	=	(	50.50%	-	28.00%	)	x	56.7	=	12.76	gram		
	no. 200	=	(	28.00%	-	19.00%	)	x	56.7	=	5.10	gram		
	PAN	=	(	19.00%	-	0.00%	)	X	56.7	=	10.77	gram		

	Material pasir	=	(	100%	-	5.5%	)	x	15%	x	1200	=	170.1	
	1	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram		
	1/2	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	3/8	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	no. 4	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	no.8	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	no. 16	=	(	100%	-	100%	)	x	170.1	=	0.00	gram		
	no. 30	=	(	100%	-	75.50%	)	x	170.1	=	41.67	gram		
	no. 50	=	(	75.50%	-	52.00%	)	x	170.1	=	39.97	gram		
	no. 100	=	(	52.00%	-	29.50%	)	x	170.1	=	38.27	gram		
	no. 200	=	(	29.50%	-	20.50%	)	x	170.1	=	15.31	gram		
	PAN	=	(	20.50%	-	0.00%	)	X	170.1	=	34.87	gram		

Mengetahui;

Koordinator Laboratorium Teknik Sipil

Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T)



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL

TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

Lampiran 10 Analisis nilai Serbuk arang tempurung kelapa

Dikerjakan : Ardi

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

No.	Sifat	Satuan	Nilai
1	Berat Jenis	Kg/cm <sup>3</sup>	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
2	Tegangan pada batas proporsi	Kg/cm <sup>3</sup>	718
3	Tegangan pada batas patah	Kg/cm <sup>3</sup>	1031
4	modulus elastisitas	Kg/cm <sup>3</sup>	127700
5	tegangan tekan sejajar serat	Kg/cm <sup>3</sup>	550
6	Tegangan geser arah radial	Kg/cm <sup>3</sup>	80
7	Tegangan geser arah tangensial	Kg/cm <sup>3</sup>	89
8	Kadar selulosa	%	47,5
9	Kadar lignin	%	29,9
10	Kadar pentose	%	4,4
11	Kadar abu	%	1,4
12	Kadar silic	%	0,4
13	Serabut	%	66,3
14	Kelarutan dalam alcohol bensena	%	4,6
15	Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
16	Kelarutan dalam air panas	%	11,1
17	Kelarutan dalam NaOH 1 %	%	19,8
18	Kadar air saat titik jenuh serat	%	28
19	Nilai kalor	Cal/gram	5081
20	Kerapatan	Cal/gram	0,44



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL

TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 10 Analisis Data Pengujian Marshall Test

Dikerjakan : Ardi  
 Diperiksa :  
 Pengujian :  
 Penelitian : Tugas Akhir

Variasi Agregat	No. Sample	Kadar Aspal terhadap		Berat (Gram)		Volume	Bj. Bulk	Maksimu	% Total Volume			Rongga Dalam	Rongga Terisi	Stabilitas - Kg			Kelelahan	Quotient			
		Di udara	dlm air	K.permukaan	Benda Uji	Campuran	Campuran	Eff. Aspal	Agregat	Rongga Udara	Camp.Agr (%)	Aspal (%)	Dibaca	Disesuaikan	mm	Marshall					
		(in air)	(in water)	(SSD)	cm <sup>2</sup>	Unit Weight (Gmb)	(Gmm)		VMA	VFB	VIM	Stability			Flow	(Kg/mm)					
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
Berat Campuran agregat														Angka Korelasi	Pembacaan Arloji Stabilitas	Angka Kalibrasi	Stability	Koreksi Stability	Q	R	
0%	1	5.50	5.82	1129	534	1132	595	1.90	19.23	10.08	0.07	99.93	79.08	90.11	0.76	115.00	6.20	713.00	713.00	4.00	178.25
	2	5.50	5.82	1092	521	1107	571	1.94	19.23	10.01	0.07	99.93	78.89	89.92	0.76	146.00	6.20	905.20	905.20	3.00	301.73
	3	5.50	5.82	1062	515	1104	547	2.02	19.23	10.42	0.07	99.93	71.67	89.50	0.76	130.00	6.20	806.00	806.00	2.00	403.00
	Rata-rata			1094.33333	523.33333	1114.333	571	1.95	19.23	10.08	0.07	99.93	76.55	89.84	0.76	130.33		808.07	808.07	3.00	294.33
5%	1	5.50	5.82	1124	686	1127	438	2.57	19.23	13.29	0.10	99.90	78.97	86.62	0.76	150.00	6.20	930.00	930.00	2.00	465.00
	2	5.50	5.82	1095	665	1099	430	2.56	19.23	13.20	0.09	99.91	69.11	86.71	0.76	160.00	6.20	992.00	992.00	3.00	330.67
	3	5.50	5.82	1189	689	1194	500	2.39	19.23	12.33	0.09	99.91	56.70	87.58	0.76	153.98	6.20	954.68	954.68	3.00	318.23
	Rata-rata			1136	680	1140	456	2.51	19.23	12.94	0.09	99.91	68.26	86.97	0.76	154.66		958.89	958.89	2.67	371.30
10%	1	5.50	5.82	1154	679	1160	475	2.44	19.23	12.61	0.09	99.91	65.21	87.30	0.76	180.00	6.20	1116.00	1116.00	2.00	454.50
	2	5.50	5.82	1207	680	1210	527	2.30	19.23	11.85	0.08	99.92	63.98	88.06	0.76	205.00	6.20	1271.00	1271.00	2.00	393.34
	3	5.50	5.82	1120	679	1124	441	2.78	19.23	4.17	0.10	99.90	67.99	85.57	0.76	209.00	6.20	1295.80	1295.80	4.00	323.95
	Rata-rata			1160.33333	679.33333	1198	481	2.50	19.23	12.23	0.09	99.91	65.73	86.98	0.76	198.00		997.16	997.16	2.67	390.60

Mengetahui;  
 Koordinator Laboratorium Teknik Sipil  
 Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, S.T., M.T)



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL

TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 10 Analisis Data Pengujian Cantabro

Dikerjakan :Ardi

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

Gradasi	Substitusi Serbuk Kayu Jati	Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat $\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100$ (%)	Spesifikasi	
				Kg	Kg	Mo-Mi (Kg)			%
Type	%	No.	%	Kg	Kg	(Kg)	(%)	%	
BINA MARGA	0	1	5.5	915	905	10	1.093	Max. 20	
		2		946	934	12	1.268		
		3		923	919	4	0.433		
	Rata-rata				928.00	919.33	8.67	0.93	
	5	1	5.5	1166	1159	7	0.600	Max. 20	
		2		1139	1120	19	1.668		
		3		1102	1089	13	1.180		
	Rata-rata				1135.67	1122.67	13.00	1.15	
	10	1	5.5	1144	1135	9	0.787	Max. 20	
		2		1140	1135	5	0.439		
		3		1121	1117	4	0.357		
	Rata-rata				1135.00	1129.00	6.00	0.53	



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

---

### Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian



**Serbuk Kayu Jati**



**Pencucian Agregat kasar**



**Penjemuran agregat kasar (chipping)**



**Pencucian agregat halus (pasir)**



**Penjemuran agregat halus (pasir)**



**Proses penyaringan agregat**



**Proses penimbangan agregat**



**Proses  
Mix**

**Design Agregat**



**Proses pembuatan benda uji**



**Proses penimbangan dalam air**



**Proses perendaman sampel dalam water bath**



**Pengujian Marshall Test**



**Pengujian cantabro test**



**Hasil pengujian marshal test**



**Hasil pengujian cantabro test**