

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI
YANG DIGUNAKAN SEBAGAI SUBSTITUSI PADA
CAMPURAN ASPAL AC-WC**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana
dari Universitas Fajar**



Oleh

Nizam Mallua Muda Rapa'

NIM : 1820121006

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2022**

**STUDI PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI SEBAGAI SUBSTITUSI
PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC**

Oleh

Nizam Mallua Muda Rapa'

NIM : 1820121006

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal 10 Okt 2022

Dosen Pembimbing 1



(Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., MT.)
NIDN : 0906107701

Dosen Pembimbing 2



(Ir. Zulharnah, MT.)
NIDN : 0031036407

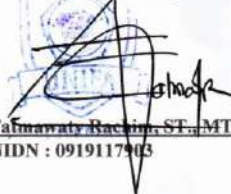
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Sipil
Universitas Fajar



(Prof. Dr. Ir. Erniati, S.T., MT.)
NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar



(Fatmawati Rachma, ST., MT.)
NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas akhir:

“Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Substitusi Pada Campuran Aspal AC-WC”, adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan paduan penulisan ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Makassar, Februari 2023



Nizam Mallua Muda Rapa'

ABSTRAK

Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Substitusi Pada Campuran Aspal AC-WC Nizam Mallua Muda Rapa' Struktur perkerasan jalan bertujuan untuk menahan tekanan beban yang diberikan roda kendaraan sehingga mereduksikan tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Aspal adalah bahan hidro karbon yang sifatnya melekat (adhesive), yang berwarna hitam kecoklatan dan tahan air. . Penelitian ini membahas mengenai pengaruh substitusi serbuk kayu jati terhadap nilai *Marshall dan Cantabro* yang ada pada campuran aspal ac-wc. 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. Variasi kadar serbuk kayu jati sebesar 0%, 15%, 20 dan 25%. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal ac-wc yang menggunakan limbah substitusi serbuk kayu jati dan mengetahui nilai kehilangan campuran aspal akibat substitusi serbuk kayu jati. pada pengujian *marshall* dan *cantabro*. Dari parameter *marshall*, disimpulkan bahwa nilai pada pengujian stabilitas, FLOW, VMA, dan MQ yang menggunakan substitusi limbah serbuk kayu jati dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2 telah memenuhi ketentuan, sedangkan pada VFB dan VIM sama sekali tidak memenuhi spesifikasih Bina Marga yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian *cantabro test* menggunakan substitusi limbah serbuk kayu jati dengan variasi nilai rata-rata 0%=3,45, 15%=4,53, 20%=11,01 dan 25%=11,64 memenuhi spesifikasih yang telah ditentukan yaitu dengan nilai kehilangan berat maksimal 20%.

Kata kunci : Aspal AC-WC, substitusi limbah serbuk kayu jati, *marshall*, *cantabro*

ABSTRACT

Study of Utilization of Teak Sawdust as a Substitution for AC-WC Asphalt Mixture Nizam Mallua Muda Rapa The road pavement structure aims to withstand the load pressure given by the vehicle wheels so as to reduce the maximum stress that occurs in the subgrade. Asphalt is an adhesive hydrocarbon material, which is brownish black in color and is water resistant. . This study discusses the effect of teak powder substitution on Marshall and Cantabro values in the ac-wc asphalt mixture. The use of teak sawdust can also reduce the amount of wood sawdust waste that exists. Variations carried out in this study were variations in the content of teak wood powder. Variations in the content of teak sawdust were 0%, 15%, 20 and 25%. The purpose of this study was to determine the value of marshall characteristics in the ac-wc asphalt mixture using teak sawdust substitution waste and to determine the loss value of the asphalt mixture due to teak powder substitution. on marshall and cantabro tests. From Marshall's parameters, it was concluded that the values in the stability test, FLOW, VMA, and MQ using teak sawdust substitution with the 2010 revision 2 of the Bina Marga specification met the requirements, while the VFB and VIM did not meet the specified Bina Marga specifications at all. Based on the results of the Cantabro test using teak powder waste substitution with an average value variation of 0%=3.45, 15%=4.53, 20%=11.01 and 25%=11.64, it meets the specified specifications, namely with a maximum weight loss value of 20%.

Keywords: AC-WC asphalt, substitution of teak sawdust, marshall, cantabro

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT dengan Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Studi Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Substitusi Pada Campuran Aspal AC-WC”**, 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. Capt.Amos Simba Rapa'.M.Mar
3. Dr. Mulyadi Hamid, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Fajar Makassar.
4. Dr. Erniati, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar.
5. Fatmawaty Rachim,ST.,MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar
6. Dr. Erniati, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing 1
7. Ir.Zulharna HR.MT, selaku dosen pembimbing 2
8. Rekan mahasiswa angkatan 2018 Teknik sipil Universitas Fajar Makassar.
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas fajar Makassar terkhusus angkatan 2018.
10. 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.

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI..... | vi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| I.1 Latar Belakang..... | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| I.4 Batasan Penelitian | 4 |
| I.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan..... | 6 |
| II.2 Aspal..... | 8 |
| II.3 Aspal minyak..... | 8 |
| II.3.1 <i>Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)</i> | 10 |
| II.3.2 <i>Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)</i> | 10 |
| II.3.3 <i>Asphalt Concrete – Base (AC-Base)</i> | 10 |
| II.4. Agregat | 11 |
| II.4.1 Klasifikasi Agregat..... | 12 |
| II.5 Gradasi..... | 15 |
| II.6 Aspal Padat..... | 16 |
| II.7 Pengertian Serbuk Kayu | 18 |
| II.7.1 Kayu Jati | 20 |

| | |
|---|-----------|
| II.8 Gradasi Bina Marga..... | 20 |
| II.9 Pengujian Marshall..... | 21 |
| II.9.1 Stabilitas (<i>Stability</i>)..... | 22 |
| II.9.2 Kelelahan (<i>Flow</i>)..... | 23 |
| II.9.3 VIM (Vold In The Mix) | 23 |
| 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..... | 29 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 33 |
| III.1 Waktu dan Lokasi | 33 |
| III.2 Alat dan bahan | 33 |
| III.2.1 Alat | 33 |
| III.2.2Bahan | 34 |
| III.3 Pelaksanaan penelitian..... | 34 |
| III.3.2 Persiapan bahan | 35 |
| III.3.3 Pembuatan Benda Uji..... | 35 |
| III.3.4 Pengujian Benda Uji | 39 |
| III.4 Metode Pengumpulan Data..... | 40 |
| III.5.1 Metode design..... | 41 |
| III.5.2 Pengujian mix design | 42 |
| III.6 Analisa data..... | 42 |
| III.7 Bagan Alir Penelitian | 43 |

| | |
|---|-----------|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 44 |
| IV.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat..... | 44 |
| IV.2 Penentuan Gradasi Gabungan | 45 |
| IV.3 Pengujian Marshall | 46 |
| IV.3.1 (Stability) Stabilitas | 47 |
| IV.3.2 (<i>flow</i>) Kelelehan | 48 |
| IV.3.3 VIM (Vold In The Mix)..... | 49 |
| IV.3.4 VFB (Voids Filler in Bitument)..... | 50 |
| IV.3.5 VMA (Void In Mineral Agregate)..... | 50 |
| IV.3.6 MQ (Marshall Quetion) | 51 |
| IV.4 Pengujian Cantabro..... | 53 |
| Bab V Kesimpulan dan Saran..... | 56 |
| V.1 Kesimpulan..... | 56 |
| V.II Saran | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | 58 |

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 terpelelet 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.

Indonesia memiliki endapan asbuton yang merupakan bahan alam yang terdapat di Sulawesi Tenggara di Pulau Buton. Banyak penelitian dan aplikasi aspal buton telah dilakukan baik sebagai bahan tambahan maupun sebagai bahan campuran beton aspal. Aspal buton merupakan hasil pengolahan aspal buton padat yang diuraikan dengan alat penghancur yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (Base Course) dengan lapis aus (Wearing course) yang ber gradasi agregat gabungan rapat /menerus, umumnya digunakan untuk jalan – jalan dengan beban berlalu lintas yang cukup berat. Yang biasa dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt concrete – Wearing course).

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.

Pada penelitian ini, penggunaan material serbuk kayu jati akan ditambahkan. Penelitian ini akan membandingkan antara aspal porus dan aspal porus dengan serbuk kayu jati.

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 pada campuran aspal AC-WC. 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-WC"**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah;

1. Bagaimana nilai karakteristik terhadap Serbuk kayu jati pada campuran aspal ac-wc ?
2. Bagaimana nilai Cantabro terhadap limbah serbuk kayu jati pada aspal ac-wc?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut;

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal ac wc yang menggunakan limbah serbuk kayu jati sebagai substitusi agregat halus pasir.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu jati terhadap campuran aspal ac-wc 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-wc.
3. Gradasi yang digunakan adalah gradasi yang sesuai dengan spesifikasi bina marga.
4. Kadar variasi serbuk kayu jati yang akan digunakan 0%, 15%, 20%, dan 25% sebagai substitusi agregat halus pasir.

5. Kadar aspal optimum (*KAO*) yang digunakan 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-WC.
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 lalu lintas 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*).

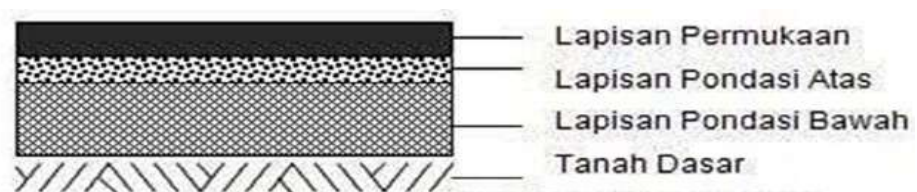
Menurut Sukirman (2003) lapisan perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapisan antara lain;

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 Lentur

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 perkerasanlentur. 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 kususnya pada bahan kostruksi perkerasan jalan, yaitu:

1. Sebagai pengikat agregat agar tidak mudah lepas dari lapisan permukaan jalan akibat arus lalulitas.
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 meupakan 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/ *petroleom asphalt* (Sukirman 1999), diklasifikasikan menjadi :

1. Aspal cair

Aspal cair digunakan untuk mengikat bahan bangunan atau sebagai perekat.

2. Asphal 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 | Persyaratan |
|----|----------------------------------|-----------------|-------------|
| 1. | Penetrasi,25 0C; 100gr; 5 detik; | SNI06-2456-1991 | 60 -70 |
| 2. | 0,1 mm | SNI06-2434-1991 | Min48 |
| 3. | Titik Lembek, 0C | SNI06-2433-1991 | Min232 |
| 4. | Titik Nyala, 0C | SNI06-2432-1991 | Min100 |
| 5. | Daktalitas pada 25 0C, (cm) | SNI06-2441-1991 | Min1,0 |
| 6. | Berat Jenis | - | Min -1'0 |
| 7. | Indeks penetrasi | SNI06-2440-1991 | Min 0,8 |
| | Berat yang hilang | | |

4. sumber: *Kementrian Pekerjaan Umum (2010 Rev.3 Divisi)*

Tabel II.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak Penetrasi 60/70

| No | Jenis Pengujian | Syarat | Hasil |
|----|-------------------------------------|--------------|-------|
| 1 | Berat Jenis | $\geq 1,0$ | 1,09 |
| 2 | Penetrasi (mm) | $\geq 60-70$ | 61,6 |
| 3 | Daktalitas (cm) | ≥ 100 | 164 |
| 4 | Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$) | ≥ 232 | 312 |
| 5 | Kelarutan TCE (%) | ≥ 99 | 99,47 |
| 6 | Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$) | ≥ 48 | 48 |

Sumber : PT. Summitama Intinusa

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 karateristik 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 diinginkan, 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.3 Ketentuan Agregat Kasar

| No | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Syarat |
|----|------------------|------------------|--------|
| 1 | Analisa Saringan | SNI 03-1968-1990 | - |

| | | | |
|---|----------------------------------|---------------|---------|
| 2 | Berat Jenis | SNI 1969:2008 | Min 2.5 |
| 3 | Penyerapan Air | SNI 1969:2008 | Mak 3% |
| 4 | Keausan Agregat | SNI 2417:2008 | Mak 40% |
| 5 | Indeks Kepipihan dan Kelonjongan | ASTM D-4791 | Mak 10% |
| 6 | Kadar Lumpur Agregat Kasar | ASTM C- 33 | Min 1% |
| 7 | Kelekatan Agregat Terhadap Aspal | SNI 2439:2011 | Min 95 |

Sumber: Spesifikasi Umum Interim Seksi 6.3 Direktorat Bina Marga 2010

Tabel III.3.1. Spesifikasi Agregat Kasar Untuk Campuran Aspal

| Ukuran Ayakan (Inci) | % Laston Yang Lolos LASTON (AC) Gradasi Kasar | | | |
|-------------------------|---|---------|---------|---------|
| | (mm) | AC-WC | AC-BC | AC-Base |
| ½" | 37.5 | - | - | 100 |
| 1" | 25 | - | 100 | 90-100 |
| ¾" | 19 | 100 | 90-100 | 73-90 |
| ½" | 1,5 | 90-100 | 71-90 | 55-76 |
| 3/8" | 9.5 | 72-90 | 58-80 | 45-66 |
| No.4 | 4.75 | 43-63 | 37-56 | 28-39,5 |
| No.8 | 2.36 | 28-39,1 | 23-34,6 | 19-26,8 |
| No.16 | 1.18 | 19-25,6 | 15-22,3 | 12-18,1 |
| No.30 | 0.6 | 13-19,1 | 10-16,7 | 7-13,6 |
| No.50 | 0.3 | 9-15,5 | 7-13,7 | 5-11,4 |
| No.100 | 0.15 | 6-13 | 5-11 | 4,5-9 |
| No.200 | 0.075 | 4-10 | 4-8 | 3-7 |

Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.3

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.4 Ketentuan Agregat Halus

| No | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Syarat |
|----|----------------------------|-------------------|-----------|
| 1 | Analisa Saringan | SNI 03-1968 -1990 | - |
| 2 | Berat Jenis | SNI 1969:2008 | Min 2,5 % |
| 3 | Kadar Lumpur Agregat Halus | ASTM C. 33 | Min 3% |
| 4 | Penyerapan Air | SNI 1969: 2008 | Mak 3 % |

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

Tabel II.4.1. Spesifikasi Agregat Halus Untuk Campuran Aspal

| Ukuran Ayakan | | %Berat Yang Lolos LASTON (AC) | | |
|---------------|-------|-------------------------------|-----------|-----------|
| | | Gradasi Halus | | |
| (Inci) | (mm) | AC-WC | AC-BC | AC-Base |
| 1 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 |

Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.3

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 partikel 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 enjang (*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.

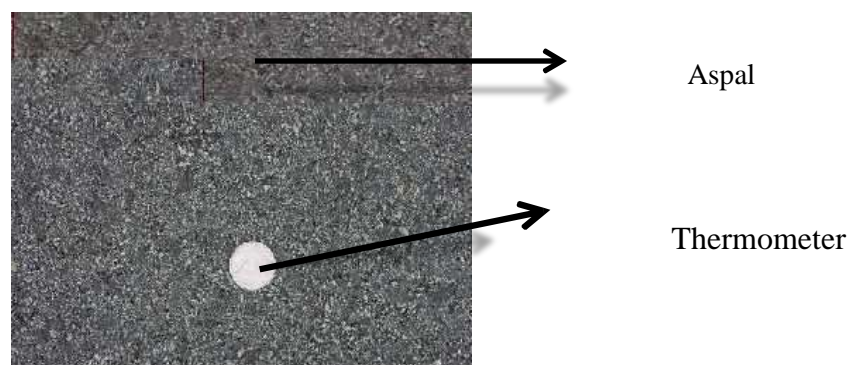
Di Indonesia salah satu bahan aspal yang paling digunakan dalam pembuatan

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 SiO₂ 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-WC 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 ± 30 tahun dan diameter ± 45 cm. Dengan banyaknya usaha gergajian di daerah ini, maka ketersediaan bahan baku unfiller dari daerah ini juga memadai. Sebagai gambaran tentang abu serbuk kayu ini dapat dilihat pada gambar



Gambar II.3 . Lokasi Pengambilan Bahan dan Abu Serbuk Kayu Jati
(Rantepao Toraja Utara)

II.7.1 Kayu Jati

Sifat-sifat kayu jati secara lengkap dapat dilihat pada Tabel II.6 berikut ini

| No | Sifat | Satuan | Nilai |
|----|----------------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1 | Berat Jenis | Kg/cm ³ | 0,62-0,75 (rata-rata 0,67) |
| 2 | Tegangan pada batas proporsi | Kg/cm ³ | 718 |
| 3 | Tegangan pada batas patah | Kg/cm ³ | 1031 |
| 4 | modulus elastisitas | Kg/cm ³ | 127700 |
| 5 | tegangan tekan sejajar serat | Kg/cm ³ | 550 |
| 6 | Tegangan geser arah radial | Kg/cm ³ | 80 |
| 7 | Tegangan geser arah tangensial | Kg/cm ³ | 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-partikel 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.

Tabel II.7 gradasi agregat campuran untuk AC-WC

| Ukuran Ayakan | | Kumulatif Berat Lolos Terhadap Total Agregat (%) | |
|---------------|-------|--|------------|
| ASTM | (mm) | Batas Bawah | Batas Atas |
| 3/4" | 19 | 100 | 100 |
| 1/2" | 12,5 | 90 | 100 |
| 3/8" | 9,5 | 77 | 90 |
| No. 4 | 4,75 | 53 | 69 |
| No. 8 | 2,36 | 33 | 53 |
| No. 16 | 1,18 | 21 | 40 |
| No. 30 | 0,6 | 14 | 30 |
| No. 50 | 0,3 | 9 | 22 |
| No. 100 | 0,15 | 6 | 15 |
| No. 200 | 0,075 | 4 | 9 |

(sumber : Spesifikasi Umum 2018, Tabel 6.3.2.3)

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.

Pengujian nilai stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis.

1. Pengujian kelelahan (flow), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton. aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
2. Perhitungan Kuosien Marshall, adalah perbandingan antara stabilitas dan flow.

3. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan VFB).
 4. 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 silinder berdiameter 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:

$$Stability = O \times E' \times Q \dots\dots\dots (II.5)$$

Dimana:

- Stability = Stabilitas Marshall (kg);
- O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf);
- E' = Angka korelasi volume benda 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 :

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (II.7)$$

Keterangan :

- VIM = Volume rongga dalam campuran
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran
- G_{mb} = Berat jenis Bulk campuran

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

$$VMA = 100 \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (II.8)$$

- G_{mb} = Berat jenis Bulk campuran
- P_s = Kadar Agregat
- G_{sb} = Berat jenis Bulk dari agregat
- Keterangan :
- VMA = Volume Pori Antar Agregat didalam Campuran

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) :

$$VFB = 100 \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(\text{II.9})$$

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 penuntun 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 menurun seperti 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%.

(Chen & Wong, 2014).

$$\text{Nilai Keausan} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (II.10)$$

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 ini.

1. Pengaruh Penambahan Serbuk kayu jati Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuranaspal PorusAvista 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 Lataston 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 Lataston tipe B. Karakteristik Lataston 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 Lataston tipe B. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa abu serbuk kayu dapat digunakan sebagai bagian material yang digunakan sebagai material pengisi campuran Lataston tipe B tersebut. Perubahan karakteristik akibat perubahan kadar aspal campuran Lataston 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 Lataston 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 disubstitusi 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 dimulai pada akhir bulan juni 2022 dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah (ex Racing Centre) No. 101, Karampuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia..

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 digunakan pada pengujian agregat sebagai berikut:

1. Automatic Asphalt Compactor
2. Alat Pengujian Marshall Test
3. Mesin Penggetar Ayakan (Sieve Shaker)
4. Oven
5. Ayakan dengan nomor saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, **3/8**, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200
6. Timbangan (kapasitas 50 kg)
7. Bak perendam

Alat pengujian cantabro metode marshall

1. Alat bantu
2. 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.2.2Bahan

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

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.

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.

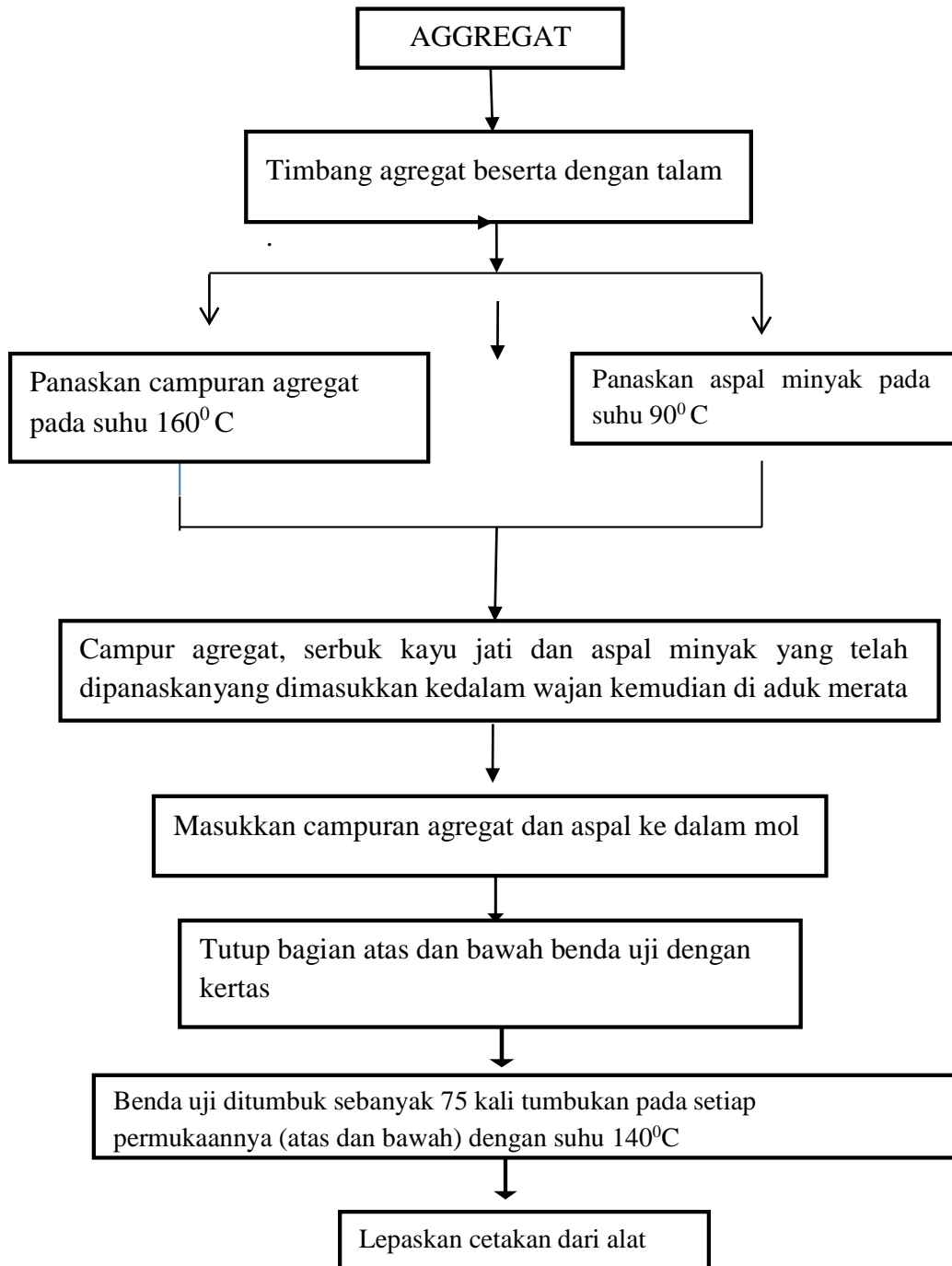
III.3.3 Pembuatan Benda Uji

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 tambahan serbuk kayu jati 0%, 15%, 20% dan 25%.

Langkah-langkah pembuatan benda uji dapat dilihat pada alur percobaan benda uji pada Gambar III.1



Tabel III.1 Jumlah benda uji

| Pengujian | Kadar variasi substitusi serbuk kayu jati | | | | Jumlah |
|-----------|---|-----|-----|-----|--------|
| | 0% | 15% | 20% | 25% | |
| Marshall | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Cantabro | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| Total | 6 | 6 | 6 | 6 | 24 |

Tabel III.1 Jumlah benda uji

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 ± 24 jam.
3. Keluarkan benda uji setelah benda uji direndam selama ± 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 letakan 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 dalammesin 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 ± 24 jam.

3. Setelah itu, masukan benda uji ke dalam alat pengujian abrasi mesin Los Angeles 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:

1. Studi pustaka, untuk memperoleh data sekunder dengan membaca buku, artikel ilmiah sebagai landasan teori dalam menuju kesempurnaan penelitian ini.

2. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang akan digunakan dalam menganalisa hasil dari penelitian yang dilaksanakan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium.

1) Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.

- 2) 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 (stably) yang dicapai
- 3) Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alur pada saat pembebanan maksimum tercapai

III.5.1 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 kasar

| Pengujian | Metode Pengujian |
|---------------------------|-------------------------|
| Analisa Saringan | SNI 03-1970-1990 |
| BeratJenis dan Penyerapan | SNI 03-1969-1990 |
| Berat Volume | SNI 03-4804-1998 |
| Kadar Lumpur | SNI 03-4141-1996 |
| Keausan Agregat Kasar | SNI 03-2417-1991 |

Tabel III.3 Pengujian dan metode pengujian agregat halus

| Pengujian | Metode Pengujian |
|----------------------------|-------------------------|
| Analisa Saringan | SNI 03-1970-1990 |
| Berat Jenis dan Penyerapan | SNI 03-1969-1990 |
| Berat Volume | SNI 03-4804-1998 |
| Kadar Air | SNI 03-4141-1996 |
| Kadar Organik | SNI 03-2417-1991 |

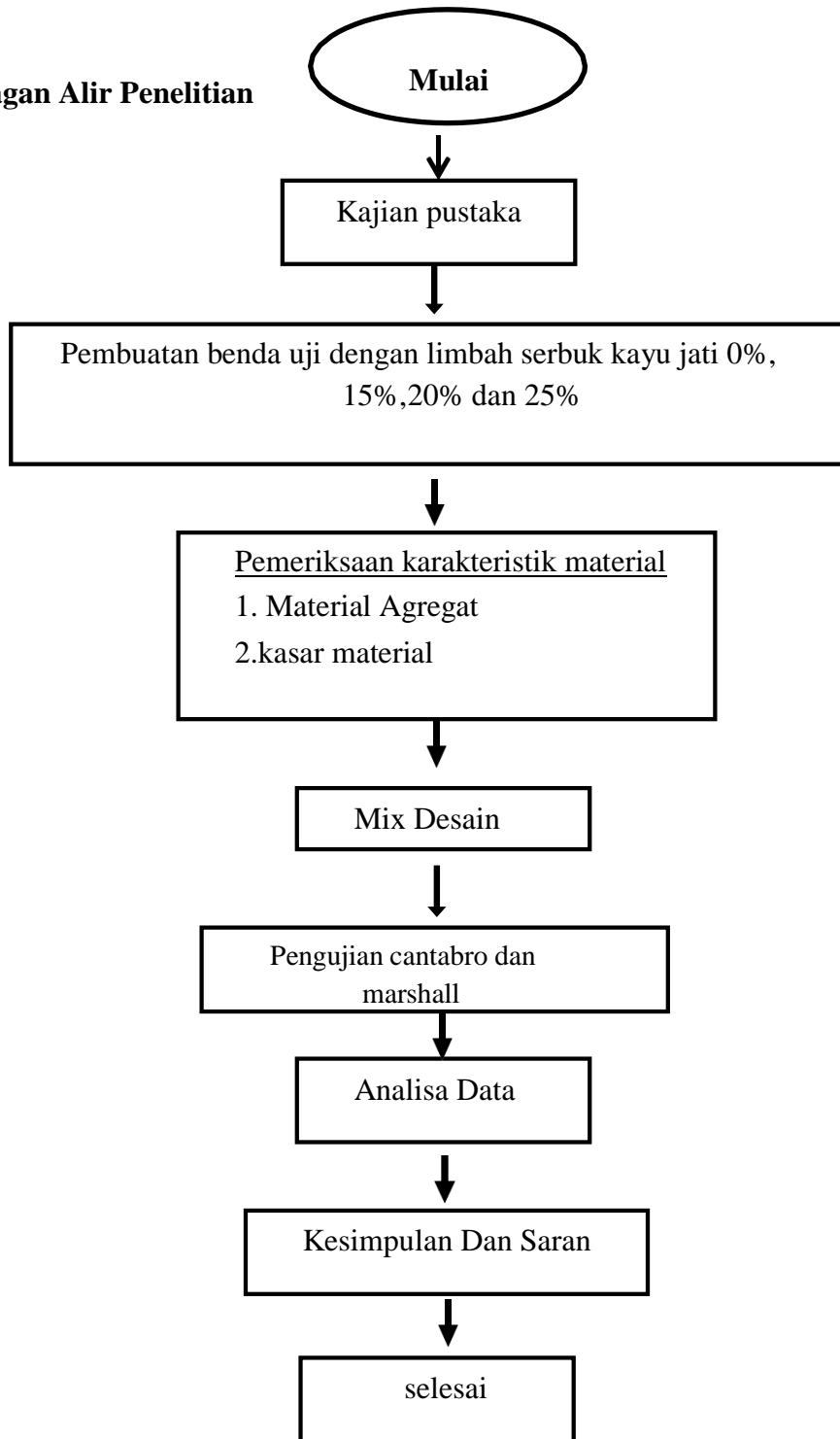
III.5.2 Pengujian mix design

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 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pada hasil-hasil pengujian sifat fisik agregat ini yang digunakan didalam penelitian ini, secara keseluruhan memenuhi standar yang disyaratkan dalam pengujian mutu agregat. Pengujian sifat fisik agregat ini dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Fajar.

A. Sifat Fisik Agregat Kasar

Hasil pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian dari (SNI). Dengan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.1

Tabel IV. 1 Sifat-sifat Fisik Agregat Kasar (Chipping)

| NO | Jenis Pengujian | Spesifikasi Bina Marga | Hasil Pengujian | Keterangan |
|----|----------------------|---------------------------|--------------------|--------------|
| 1 | Penyerapan air (%) | Maks.3 | 2.91 | Memenuhi |
| 2 | Berat jenis spesifik | | | (lampiran 1) |
| | a.berat jenis bulk | Maks.3 | 2.31 | Memenuhi |
| | b.berat jenis SSD | Mkas.3 | 2.37 | (lampiran 1) |
| | c.berat jenis semu | Maks.3 | 2.47 | Memenuhi |
| 3 | keausan (%) | Maks.40 | 31.8 | (lampiran 1) |
| 4 | indeks kepipihan (%) | Maks.30 | 24.8 | Memenuhi |
| | | | | (lampiran 1) |
| | | | | Memenuhi |
| | | | | (lampiran 3) |
| | | | | Memenuhi |
| | | | | (lampiran 4 |

Sumber : Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar Makassar

B. Sifat Fisik Agregat Halus

Hasil pengujian dari sifat fisik agregat halus dilakukan sesuai dengan metode pengujian dari Standar Nasional Indonesia (SNI). Dengan hasil pengujian, terlihat pada Tabel IV.2

Tabel IV. 2 Sifat-sifat Fisik Agregat Halus (Pasir)

| No | Pengujian | Nilai Spesifikasi Bina Marga | Hasil pengujian | Keterangan |
|----|----------------------|---------------------------------|--------------------|--|
| 1 | Penyerapan air (%) | Maks.3 | 2.57 | Memenuhi (lampiran 2) |
| 2 | Berat jenis spesifik | | | |
| | a.Berat jenis bulk | Maks.3 | 2.02 | Mmenuhi |
| | b.Berat jenis SSD | Maks.3 | 2.06 | (lampiran2) |
| | c.Berat jenis semu | Maks.3 | 2.12 | Memenuhi (lampiran 2) |
| 3 | Kadar lumpur (%) | Maks.5 | 4.73 | Memenuhi (lampiran 2) Memenuhi (lampiran 5) |

Sumber : Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar Makassar

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

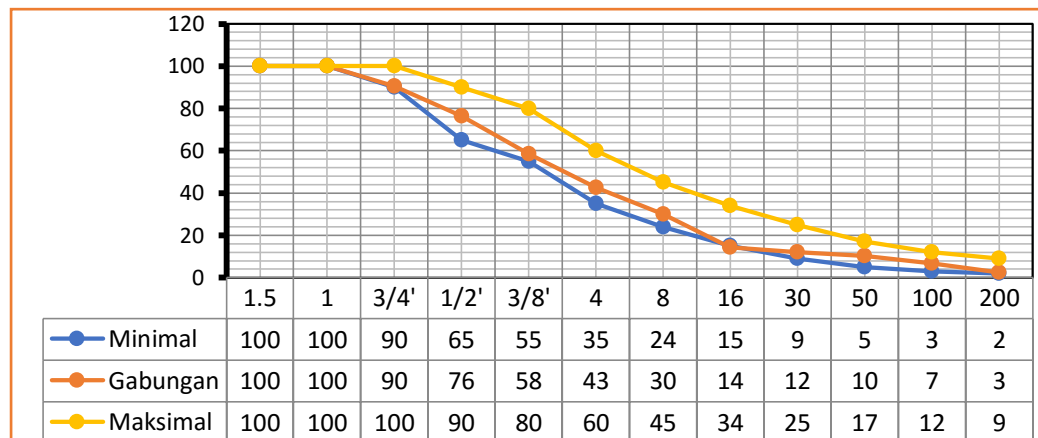
IV.2 Penentuan Gradasi Gabungan

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 dapat dilihat pada tabel IV.3.

Tabel IV. 3 Gradasi Gabungan Agregat.

| Nomor Saringan | | 1.5 | 1 | 3/4' | 1/2' | 3/8' | 4 | 8 | 16 | 30 | 50 | 100 | 200 |
|----------------|-------|-----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|
| BATU PECAH | %PASS | 100 | 100 | 88 | 70 | 48 | 28 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 | %BACH | 80 | 80 | 70 | 56 | 38 | 23 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PASIR | %PASS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 81 | 70 | 61 | 40 | 16 |
| 15 | %BACH | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 12 | 11 | 9 | 6 | 2 |
| ABU BATU | %PASS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 45 | 30 | 23 | 16 | 3 |
| 5 | %BACH | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| AGREGAT | | 100 | 100 | 90 | 76 | 58 | 43 | 30 | 14 | 12 | 10 | 7 | 3 |
| GABUNGAN | | 100 | 100 | 90-100 | 65-90 | 55-80 | 35-60 | 24-45 | 15-34 | 9-25 | 5-17 | 3-12 | 2-9 |

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar Makassar



Gambar IV.1 Gradasi gabungan agregat

Pada Tabel IV.3 dan Gambar IV.1 menunjukkan bahwa pada gradasi gabungan agregat pada penelitian ini telah memenuhi nilai pada Spesifikasi bina marga 2010. Adapun persentase pada masing-masing agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat kasar: agregat halus: filler adalah 80%: 5%: 10% serta persentase penetrasi aspal minyak 60/70 sebesar 5%

IV.3 Pengujian Marshall

Hasil pengujian parameter marshall berupa stabilitas, VIM, VMA, VFB, Kelelehan (*flow*) dan *Marshall Quentiont* (MQ) terhadap benda uji campuran aspal dengan

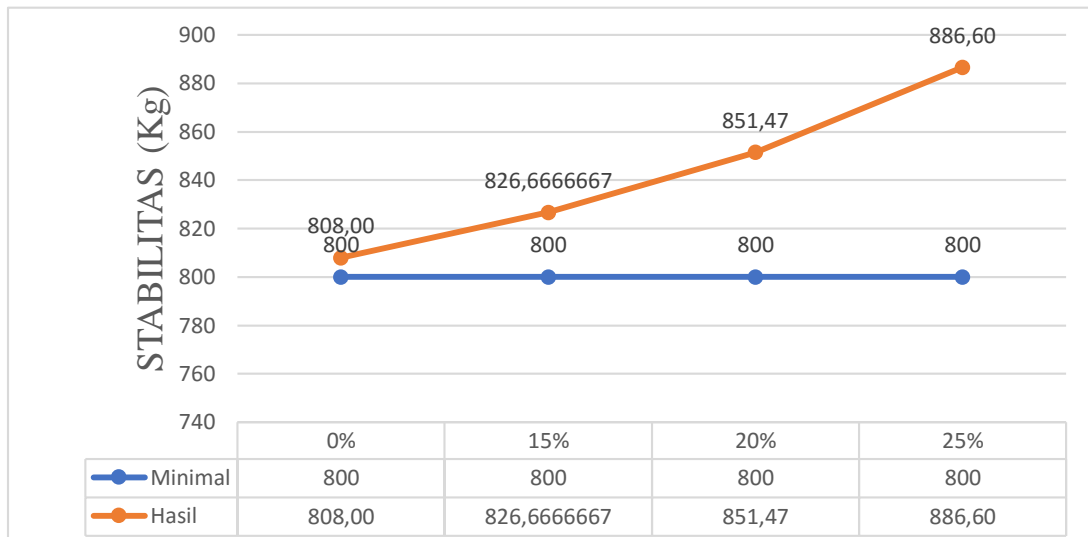
substitusi limbah serbuk kaca dengan variasi 15%, 20%, dan 25% pada Tabel IV.4 memperlihatkan hasil pengujian marshall.

Tabel IV.4 Pengujian marshall bina marga

| Variasi Substitusi Limbah Serbuk | No. Sampel | Nilai Hasil Pengujian Marshall | | | | | |
|-------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | VIM (%) | VMA (%) | VFB (%) | bilintas (I) | Flow (Mm) | MQ (Kg/Mm) |
| | 1 | 22,2 | 33,87 | 34,46 | 837 | 4,22 | 198,34 |
| | 2 | 21,38 | 33,17 | 35,56 | 806 | 2,44 | 330,33 |
| | 3 | 22,77 | 34,36 | 33,72 | 781 | 1,26 | 619,84 |
| Rata-rata | | 22,12 | 33,80 | 34,58 | 808,00 | 2,64 | 382,84 |
| 15% | 1 | 21,77 | 33,51 | 35,02 | 837 | 2,65 | 315,85 |
| | 2 | 21,59 | 33,36 | 35,27 | 806 | 2,8 | 287,86 |
| | 3 | 22,94 | 34,5 | 33,52 | 837 | 2,1 | 398,57 |
| Rata-rata | | 22,1 | 33,79 | 34,6033 | 826,67 | 2,516667 | 334,09 |
| 20% | 1 | 21,54 | 33,31 | 35,34 | 905,2 | 2,2 | 411,45 |
| | 2 | 21,16 | 32,99 | 35,86 | 868 | 2,1 | 413,33 |
| | 3 | 21,8 | 33,54 | 33,1 | 781,2 | 2,3 | 339,65 |
| Rata-rata | | 21,50 | 33,28 | 34,77 | 851,47 | 2,20 | 388,15 |
| 25% | 1 | 21,29 | 33,1 | 35,68 | 830,8 | 1,35 | 615,41 |
| | 2 | 17,99 | 30,29 | 40,62 | 899 | 2,1 | 428,10 |
| | 3 | 22,33 | 33,98 | 34,29 | 930 | 2,7 | 344,44 |
| Rata-rata | | 20,54 | 32,46 | 36,86 | 886,60 | 2,05 | 462,65 |

IV.3.1 (Stability) Stabilitas

Stabilitas ialah beban yang dapat ditahan 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*).

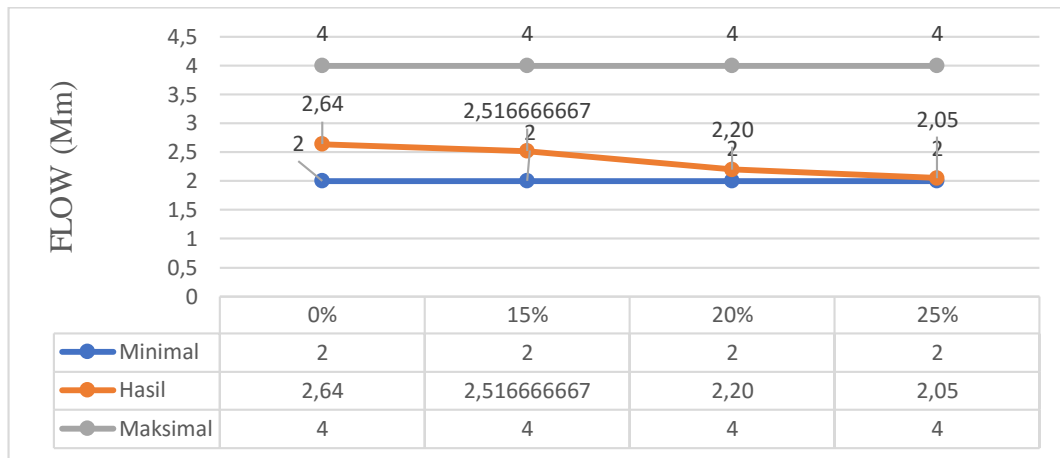


Gambar IV.2 Grafik stabilitas (bina marga)

Dapat dilihat pada Gambar IV.2 terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh besar nilai Stabilitas terhadap variasi substitusi serbuk kayu jati untuk 0% sebesar 808.00,kg, 15% sebesar 826.66kg, 20% sebesar 851.47kg, dan 25% sebesar 886.60kg. Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh dari hasil penelitian, semua variasi substitusi serbuk kayu jati memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Hal tersebut mengindikasikan penggunaan serbuk kayu jati sebagai substitusi mampu menahan beban lalu lintas. Oleh karena itu, serbuk kayu jati layak digunakan berdasarkan nilai stabilitas yang diperoleh.

IV.3.2 (flow) Kelelehan

Flow 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 di terima.

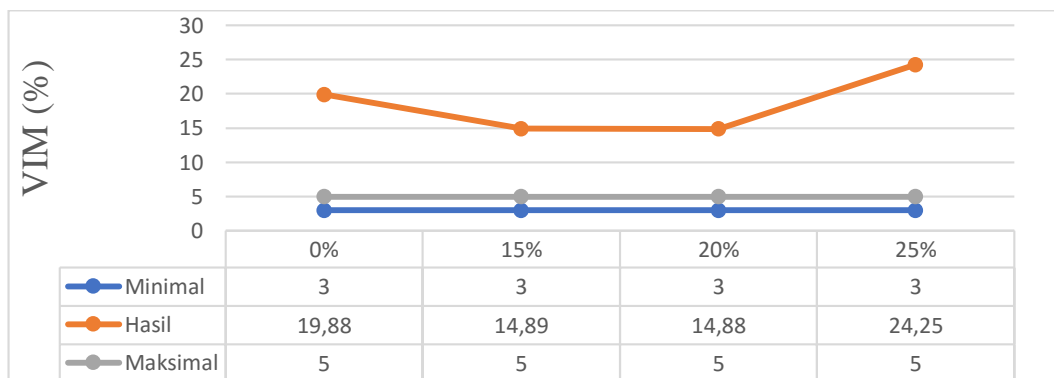


Gambar IV.3 Flow (bina marga)

Terlihat pada Gambar IV.3 terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh satuan nilai Flow terhadap variasi substitusi serbuk kayu jati untuk 0% sebesar 2,64mm, 15% sebesar 2,516mm, 20% sebesar 2,20mm, dan 25% sebesar 2,05mm. Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh, semua variasi substitusi serbuk kayu jati memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Oleh karena itu, serbuk kayu jati layak digunakan berdasarkan nilai flow yang diperoleh.

IV.3.3 VIM (Vold In The Mix)

Vold In The Mix 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.

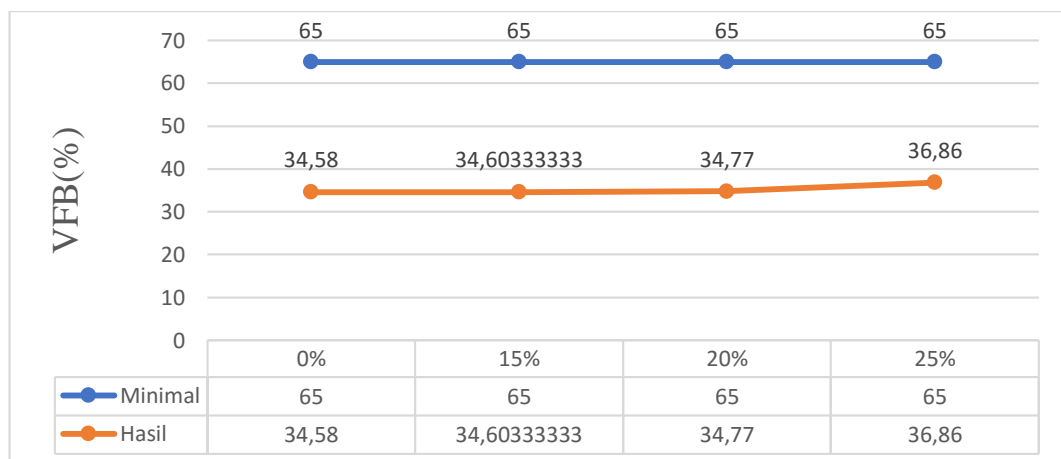


Gambar IV.4 VIM (bina marga)

Berdasarkan Gambar IV.4 terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh persentase nilai VIM terhadap variasi substitusi serbuk kayu jati untuk 0% sebesar 19.88%, 15% sebesar 14.89%, 20% sebesar 14.88%, dan 25% sebesar 24.25%. Dari data yang diperoleh semua variasi tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, dimana semakin banyak penggunaan substitusi serbuk kayu jati, semakin menurun pula nilai rongga udara. Oleh karena itu, serbuk kayu jati belum layak digunakan berdasarkan nilai VIM yang diperoleh.

IV.3.4 VFB (Voids Filler in Bitument)

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.



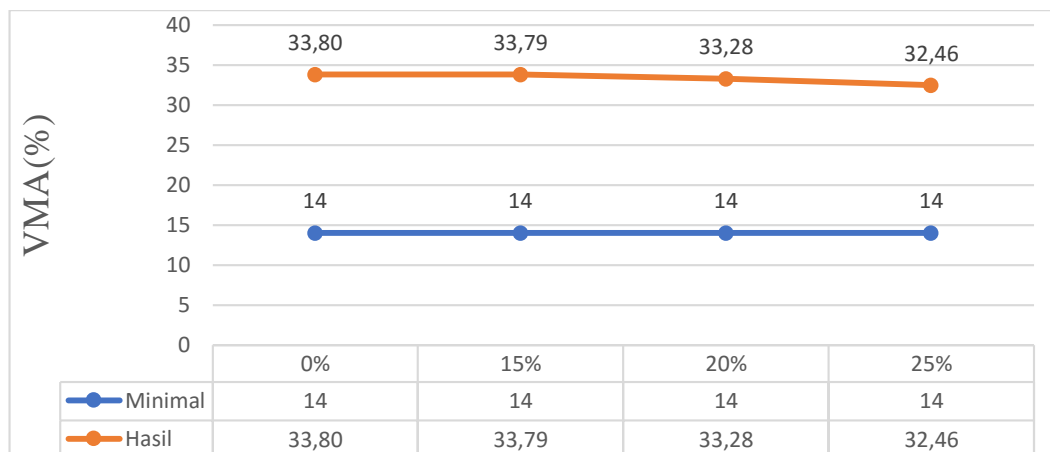
Gambar IV.5 VFB (bina marga)

Berdasarkan Gambar IV.5 terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh persentase nilai VFB terhadap variasi Substitusi Serbuk Kayu Jati untuk 0% sebesar 34.58%, 15% sebesar 34.603%, 20% sebesar 34.77% dan 25% sebesar 36.68%. Dari data tersebut diperoleh bahwa semua variasi substitusi serbuk kayu jati tidak memenuhi spesifikasi, ini disebabkan aspal pada campuran terlalu sedikit sehingga sulit untuk mengisi rongga diantara agregat saat proses pemadatan, dan juga besarnya penyerapan aspal oleh agregat dan filler, sehingga sisa aspal yang menutup rongga menjadi sedikit membuat persen rongga dalam campuran yang

terisi aspal menjadi sedikit. Oleh karena itu, serbuk kayu jati belum layak digunakan berdasarkan nilai VFB yang diperoleh.

IV.3.5 VMA (Void In Mineral Agregate)

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.



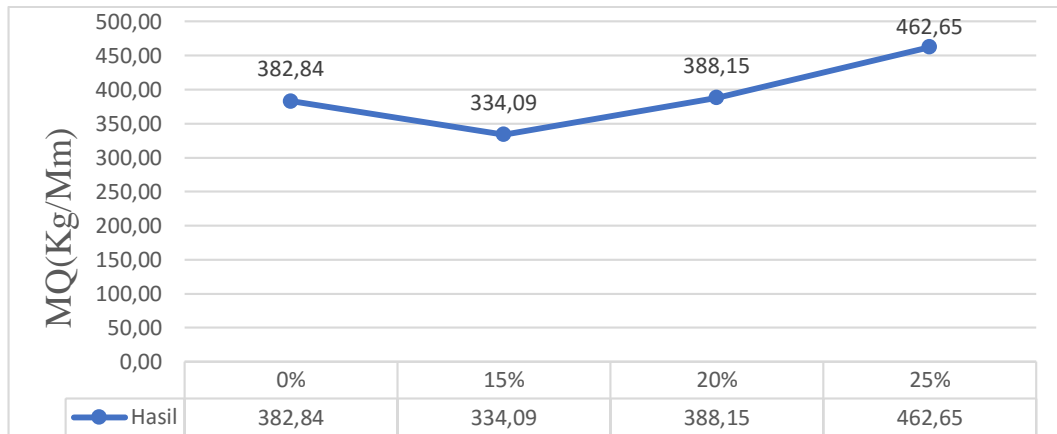
Gambar IV.6 VMA (bina marga)

Terlihat pada Gambar IV.6 terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh satuan nilai Flow terhadap variasi Substitusi Serbuk Kayu Jati untuk 0% sebesar 33.80mm, 15% sebesar 33.79mm, 20% sebesar 33.28mm, dan 25% sebesar 32.46mm. Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh, semua variasi substitusi serbuk serbuk kayu jati memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Oleh karena itu, serbuk kayu jati layak digunakan berdasarkan nilai flow yang diperoleh.

IV.3.6 MQ (Marshall Quotion)

Marshall Quotion ialah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai Marshall Quotion akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar

nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur.



Gambar IV.7 MQ (bina marga)

Berdasarkan Gambar IV.7 MQ terlihat bahwa dari hasil pengujian Marshall diperoleh satuan nilai MQ terhadap variasi Substitusi serbuk kayu jati untuk 0% sebesar 382.84kg/mm, 15% sebesar 334.09kg/mm, 20% sebesar 388.15,64kg/mm, dan 25% sebesar 462.65kg/mm. Dari data yang diperoleh, semua variasi memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, dengan semakin besar proporsi kadar substitusi serbuk kayu jati, maka nilai MQ semakin bertambah. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal yang melekat dan terabsorpsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran aspal sehingga tertahan dari deformasi atau perubahan bentuk. Oleh karena itu, serbuk kayu jati layak digunakan berdasarkan nilai MQ yang diperoleh.

IV.4 Pengujian Cantabro

Pengujian cantabro dilakukan agar dapat mengetahui ketahanan campuran aspal terhadap pelepasan butir dapat dilakukan pengujian abrasi (Cantabrian Test). Benda uji yang telah dipadatkan (briket) dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angeles* untuk mengetahui keausan dari benda uji.

Berikut ini tahap yang dilakukan, sebagai berikut.

1. Menimbang berat benda uji sebelum dilakukan pengujian.
2. Memasukan benda uji pada mesin *Los Angeles* untuk dilakukan pengujian.
3. Menjalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 300 putaran, kemudian ditimbang kembali berat benda uji setelah pengujian.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Cantabro*.

Berikut ini adalah hasil dari pengujian cantabro berdasarkan spesifikasi bina marga 2010.



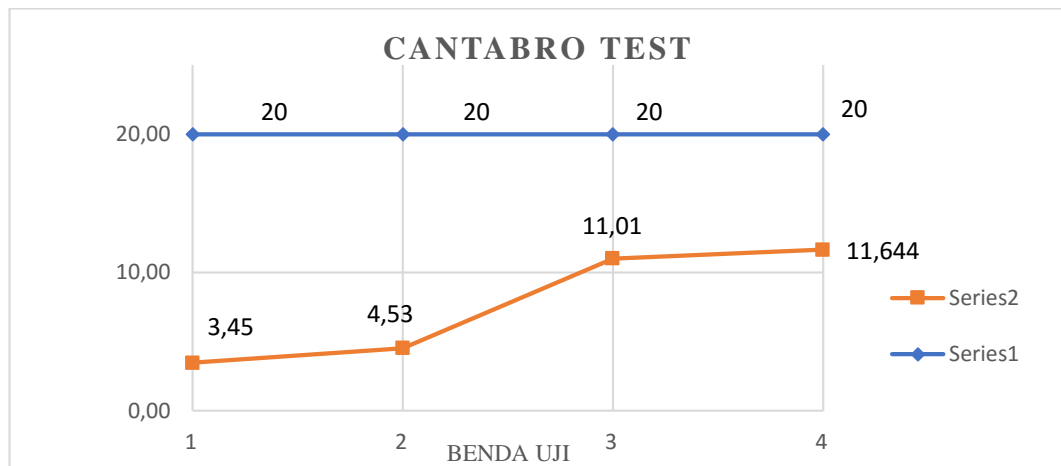
Gambar IV.8 Briket yang sebelum dan sesudah di uji

Hasil pengujian cantabro test untuk spesifikasi bina marga 2010 memiliki nilai rata-rata kehilangan berat pada benda uji limbah serbuk kayu jati. Pada 0% kehilangan berat sebanyak 3,45% , pada 15% kehilangan berat agregat sebanyak 4,53%, pada 20% kehilangan agregat sebanyak 11,01% dan pada 25% mulai kehilangan banyak agregat sebanyak 11,6%. Dapat dilihat pada Tabel IV.5.

| Spesifikasi | Kadar Aspal | Sample | Rata-Rata Kehilangan Berat |
|------------------|-------------|--------|----------------------------|
| Tipe | % | No. | (%) |
| BINAMARGA 0% | 5 | 1 | 1,70 |
| | | 2 | 3,13 |
| | | 3 | 5,52 |
| Rata-rata | | | 3,45 |
| BINAMARGA 15% | 5 | 1 | 3,32 |
| | | 2 | 5,35 |
| | | 3 | 4,92 |
| Rata-rata | | | 4,53 |
| BINAMARGA 20% | 5 | 1 | 4,79 |
| | | 2 | 2,01 |
| | | 3 | 4,21 |
| Rata – rata | | | 11,01 |
| BINAMARGA 25% | 5 | 1 | 6,757 |
| | | 2 | 2,607 |
| | | 3 | 2,280 |
| Rata – rata | | | 11,6 |

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil, UNIFA

Gambar IV.9 Hasil pengujian cantabro test



Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil, UNIFA

Gambar IV.9 Hasil pengujian cantabro test

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

Maka dapat di simpulkan bahwa nilai kehilangan berat terkecil terdapat pada campuran aspal pada substitusi limbah serbuk jati 15% dengan nilai rata-rata 4,53 kemudian nilai kehilangan berat terbesar terdapat pada substitusi limbah serbuk jati 25% dengan berat kehilangan sebanyak 11,6. Dapat di lihat pada gambar IV.9.

Bab V

Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai karakteristik *marshall Test* yaitu: untuk pengujian Stabilitas, Flow, VFB, VMA, dan MQ yang menggunakan substitusi limbah serbuk kayu jati dengan variasi 0%, 15%, 20% dan 25% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga yang telah ditentukan, sedangkan pada pengujian VIM *tidak* memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga yang telah ditentukan karena pada nilai minimal yang ditentukan 3% dan maksimal 5% dan melebihi dari ketentuan spesifikasi Bina Marga.

1. Berdasarkan hasil pengujian *Cantabro Tests* menggunakan spesifikasi Bina Marga yang menggunakan limbah serbuk kayu jati dengan variasi nilai rata - rata 0%= 3,45, 15% =4,53, 20%=11,01 dan 25%=11,6 memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu dengan nilai kehilangan berat maksimal 20%. Berdasarkan hasil pengujian Marshall maka diperoleh Nilai merek marshall pada uji protes bahwa pemanfaatan limbah serbuk kayu jati sebagai substitusi lebih baik, jika dibandingkan dengan benda uji tanpa serbuk kayu jati, nilai terbaik pada variasi filler serbuk kayu jati yaitu 25% dengan nilai VMA sebesar 20,30%, stabilitas Sebesar 644,80kg, Flow sebesar 2,37mm, MQ sebesar 289,36kg/mm.
2. Berdasarkan nilai pengujian Cantabro, diperoleh bahwa semua variasi filler serbuk kayu jati memenuhi spesifikasi bina marga 2010 yaitu maksimal nilai kehilangan 15%. Nilai kehilangan terkecil yaitu pada variasi filler serbuk kayu jati yaitu 50%, sebesar 2,562%.

V.II Saran

1. Perlu dilakukan lebih banyak penelitian lanjutan untuk meningkatkan nilai dari pengujian Vim.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi yang berbeda pada substitusi serbuk kayu jati.
3. Perlu ditau berapa umur Kayu Jati yang di gunakan Sebagai substitusi pada campuran aspal

DAFTAR PUSTAKA

- 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 Karakteristik 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.
- Syarifuddin, M. (2020, 08 26). *Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa*. Retrieved from Penambahan Serbuk Kayu Sisa.
- 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>
- Salim, M. I., & N. C. (2020, 02 01). *Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati terhadap*. Retrieved from Serbuk kayu jati, Aspal porous.
- Cut Yuslinggan Cahya, 2018. *“Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus”*. Skripsi. Aceh: Fakultas Teknik ,Universitas Syiah Kuala Banda Aceh
- Desi Widianty,dkk. 2018. *Kinerja campuran beton aspal wearning course dengan tambahan serbuk serat pelepah batang pisang*

- Direktorat Jendral Bina Marga. 1987. Departemen Pekerjaan Umum *RI Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya SKBI- 2.3.26 PU*. Jakarta.
- Sabaruddin, 2011. "*Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler Hot Rolled Sheet – Base (HRS-BASE)*". Skripsi. Ternate: Fakultas Teknik Universitas khoirun kampus Gambesi Ternate.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan*.
. Alfabeta. Bandung
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1983. *Beberapa Konstruksi Lapis Perkerasan Jalan No.03/MNB/1983*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2005. *Spesifikasi Jalan dan Jembatan*.
Departemen Pekerjaan. Umum. Jakarta
- Yamin. M. 2001. "*Modifikasi Marshall Dalam Perencanaan Campuran Porus Aspal Untuk Cement Treated Asphalt Mixture (CTAM)*". Bali
- 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*
- 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.
- Febriani, D dan Maudya D. 2013. *Serbuk Gergaji Kayu Jati*. *Jurnal Aplikasi*. 2, (1), 1 – 3.
- Basuki, Rachmad dan Machsus. 2007. *Penambahan Gilsonite Resin pada Aspal Prima 55 untuk meningkatkan Kualitas Perkerasan Hotmix*. *Jurnal Aplikasi*. 3, (1), 16 – 27.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar

90231

Lampiran 1 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar

Dikerjakan : Nizam Mallua Muda Rapa'

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.T)

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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

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) |
| 3/4" | 1/2" | 2500 | 3202 | 2500 | 3770 |
| 1/2" | 3/8" | 2500 | | 2500 | |
| Jumlah Berat (gram) | | 5000 | | 5000 | |
| Berat Tertahan Saringan No. 8 | | 3202 | | 3770 | |
| Keausan | | $\frac{5000-3202}{5000} \times 100\% = 35,96\%$ | | $\frac{5000-3770}{5000} \times 100\% = 24,60\%$ | |
| $\frac{A - B}{A} \times 100\%$ | | | | | |
| 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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr (Chipping)

| Nomor | Gradasi Saringan | Ukuran Thickness Gauge | | Berat Lolos Slot (Gram) | Berat Tertahan 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 |
| Indeks Kepipihan = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100\%$ | | | | $\frac{248}{1000} \times 100\% = 24,8\%$ | | |

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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

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 (%) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 180.00 | 12.00 | 12.00 | 88.00 |
| 1/2" | 265.00 | 17.67 | 29.67 | 70.33 |
| 3/8" | 335.00 | 22.33 | 52.00 | 48.00 |
| 4 | 295.00 | 19.67 | 71.67 | 28.33 |
| 8 | 235.00 | 15.67 | 87.33 | 12.67 |
| 16 | 190.00 | 12.67 | 100.00 | 0.00 |
| 30 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |

| | | | | |
|-----|------|------|--------|------|
| 100 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| 200 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |
| Pan | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 |



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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

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 (%) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1.5 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/4" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 16 | 195 | 20 | 20 | 81 |
| 30 | 105 | 11 | 30 | 70 |
| 50 | 95 | 10 | 40 | 61 |
| 100 | 210 | 21 | 61 | 40 |

| | | | | |
|-----|-----|----|-----|----|
| 200 | 235 | 24 | 84 | 16 |
| Pan | 160 | 16 | 100 | 0 |



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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

Agregat Halus : Abu Batu

| No. Saringan | Berat Tertahan (gram) | Kumulatif Tertahan (gram) | Persen Total Tertahan (%) | Persen Lolos (%) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1.5 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/4" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 1/2" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 3/8" | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 4 | 78 | 5 | 5 | 95 |
| 8 | 415 | 28 | 33 | 67 |
| 16 | 324 | 22 | 55 | 45 |
| 30 | 220 | 15 | 70 | 30 |
| 50 | 105 | 7 | 77 | 23 |

| | | | | |
|-----|-----|----|-----|----|
| 100 | 105 | 7 | 84 | 16 |
| 200 | 180 | 12 | 97 | 3 |
| Pan | 73 | 5 | 102 | -2 |



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 : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Aspal : 6%

PERHITUNGAN

$$\begin{aligned}
 \text{Berat aspal (gr)} &= \text{kadar aspal} \times \text{kapasitas mould} \\
 &= 5.00\% \times 1200 \\
 &= 60.0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{berat cipping} &= \text{Kadar Agregat} \times \text{kadar cipping} \times \text{kapasitas mould} \\
 &= 0.95 \times 80.0\% \times 1200 \\
 &= 912
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{berat pasir} &= \text{Kadar Agregat} \times \text{kadar pasir} \times \text{kapasitas mould} \\
 &= 0.95 \times 15.0\% \times 1200 \\
 &= 171
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{berat debu batu} &= \text{Kadar Agregat} \times \text{kadar debu batu} \times \text{kapasitas mould} \\
 &= 0.95 \times 5\% \times 1200 \\
 &= 57
 \end{aligned}$$

ANALISIS DATA

Kadar Kenkil

| | | | | | | | | | | |
|------|---|---|-------|---|-------|---|---|-----|---|--------|
| 1.5 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 912 | = | 0 |
| 1 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| 3/4" | = | (| 1.000 | - | 0.880 |) | x | 902 | = | 108 |
| 1/2" | = | (| 0.880 | - | 0.703 |) | x | 902 | = | 159 |
| 3/8" | = | (| 0.703 | - | 0.480 |) | x | 902 | = | 202 |
| 4 | = | (| 0.480 | - | 0.283 |) | x | 902 | = | 177 |
| 8 | = | (| 0.283 | - | 0.127 |) | x | 902 | = | 141 |
| 16 | = | (| 0.127 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 114 |
| 30 | = | (| 0.000 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| 50 | = | (| 0.000 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| 100 | = | (| 0.000 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| 200 | = | (| 0.000 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| PAN | = | (| 0.000 | - | 0.000 |) | x | 902 | = | 0 |
| | | | | | | | | | | 902.40 |

Kadar Pasir

| | | | | | | | | | | |
|------|---|---|-------|---|-------|---|---|-----|---|-----|
| 1.5 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 1 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 3/4" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 1/2" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 3/8" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 4 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 8 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 171 | = | 0 |
| 16 | = | (| 1.000 | - | 0.805 |) | x | 171 | = | 33 |
| 30 | = | (| 0.805 | - | 0.700 |) | x | 171 | = | 18 |
| 50 | = | (| 0.700 | - | 0.605 |) | x | 171 | = | 16 |
| 100 | = | (| 0.605 | - | 0.395 |) | x | 171 | = | 36 |
| 200 | = | (| 0.395 | - | 0.160 |) | x | 171 | = | 40 |
| PAN | = | (| 0.160 | - | 0.000 |) | x | 171 | = | 27 |
| | | | | | | | | | | 171 |

Abu Batu

| | | | | | | | | | | |
|------|---|---|-------|---|--------|---|---|----|---|-------|
| 1.5 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 56 | = | 0.0 |
| 1 | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 56 | = | 0.0 |
| 3/4" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 56 | = | 0.0 |
| 1/2" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 56 | = | 0.0 |
| 3/8" | = | (| 1.000 | - | 1.000 |) | x | 56 | = | 0.0 |
| 4 | = | (| 1.000 | - | 0.947 |) | x | 56 | = | 3.0 |
| 8 | = | (| 0.947 | - | 0.666 |) | x | 56 | = | 15.8 |
| 16 | = | (| 0.666 | - | 0.447 |) | x | 56 | = | 12.4 |
| 30 | = | (| 0.447 | - | 0.298 |) | x | 56 | = | 8.4 |
| 50 | = | (| 0.298 | - | 0.227 |) | x | 56 | = | 4.0 |
| 100 | = | (| 0.227 | - | 0.156 |) | x | 56 | = | 4.0 |
| 200 | = | (| 0.156 | - | 0.034 |) | x | 56 | = | 6.9 |
| PAN | = | (| 0.034 | - | -0.016 |) | x | 56 | = | 2.8 |
| | | | | | | | | | | 57.28 |



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL
TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 10 Analisis nilai kayu jati

Dikerjakan : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

| No. | Sifat | Satuan | Nilai |
|-----|----------------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1 | Berat Jenis | Kg/cm ³ | 0,62-0,75 (rata-rata 0,67) |
| 2 | Tegangan pada batas proporsi | Kg/cm ³ | 718 |
| 3 | Tegangan pada batas patah | Kg/cm ³ | 1031 |
| 4 | modulus elastisitas | Kg/cm ³ | 127700 |
| 5 | tegangan tekan sejajar serat | Kg/cm ³ | 550 |
| 6 | Tegangan geser arah radial | Kg/cm ³ | 80 |
| 7 | Tegangan geser arah tangensial | Kg/cm ³ | 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 |



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL

TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Lampiran 10 Analisis Data Pengujian Marshall Test

Dikerjakan : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

| Variasi Agregat | No. Sampel | Kadar Aspal terhadap | | Berat (Gram) | | Volume | | Bj. Bulk | | Maksimu | | % Total Volume | | | Rongga Dalam/Rongga Terisi | | | Stabilitas - Kg | | Kelelahan | | Quotient |
|-----------------|------------|----------------------|------|---------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------------------|---------------|------|---|---------------------------|-------------|--------------------|----------|
| | | | | Diudara | dlm air | K.per mukan | Benda Uji | Campuran | Campuran | Eff. Aspal | Agregat | Rongga Udara | Camp. Agr (%) | Aspal (%) | Dibaca | Disesuaikan | mm | Marshall | | | | |
| | | | | (in air) | (in water) | (SSD) | cm ³ | Unit Weight (Gmb) | (Gmm) | | | YMA | YFB | YIM | 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 | | Berat Agregat | | | | | | | | | | | | | | | | Angka Korelasi Pambinaan Karloji Stabilitas | Angka Korelasi Stabilitas | Stability | Koreksi Stabilitas | Q/R |
| 0% | 1 | 6.00 | 6.38 | 1169 | 603 | 1173 | 566 | 2.07 | 2.44 | 11.67 | 64.13 | 33.07 | 34.46 | 22.20 | 0.76 | 135.00 | 6.20 | 837.00 | 837.00 | 4.22 | 194.24 | |
| | 2 | 6.00 | 6.38 | 1191 | 616 | 1191 | 572 | 2.09 | 2.44 | 11.80 | 64.33 | 33.17 | 35.54 | 21.39 | 0.76 | 120.00 | 6.20 | 806.00 | 806.00 | 2.44 | 330.33 | |
| | 3 | 6.00 | 6.38 | 1176 | 599 | 1187 | 577 | 2.06 | 2.44 | 11.59 | 63.64 | 34.34 | 33.72 | 22.77 | 0.76 | 126.00 | 6.20 | 781.20 | 781.20 | 1.28 | 429.00 | |
| Ratarata | | | | 1177.7 | 606 | 1186 | 571.7 | 2.07 | 2.44 | 11.69 | 64.20 | 33.80 | 34.58 | 22.12 | 0.76 | 130.33 | | | 809.07 | 2.64 | 382.89 | |
| 15% | 1 | 6.00 | 6.38 | 1190 | 615 | 1194 | 573 | 2.08 | 2.44 | 11.74 | 64.49 | 33.51 | 35.02 | 21.77 | 0.76 | 135.00 | 6.20 | 837.00 | 837.00 | 2.65 | 315.85 | |
| | 2 | 6.00 | 6.38 | 1245 | 647 | 1249 | 598 | 2.09 | 2.44 | 11.78 | 64.64 | 33.36 | 35.27 | 21.59 | 0.76 | 130.00 | 6.20 | 806.00 | 806.00 | 2.40 | 287.64 | |
| | 3 | 6.00 | 6.38 | 1200 | 613 | 1205 | 587 | 2.05 | 2.44 | 11.58 | 63.50 | 34.50 | 33.52 | 22.94 | 0.76 | 135.00 | 6.20 | 837.00 | 837.00 | 2.10 | 346.57 | |
| Ratarata | | | | 1211 | 625 | 1216 | 586 | 2.08 | 2.44 | 11.69 | 64.21 | 33.79 | 34.60 | 22.10 | 0.76 | 133.33 | | | 826.67 | 2.52 | 334.09 | |
| 20% | 1 | 6.00 | 6.38 | 1170 | 603 | 1185 | 567 | 2.09 | 2.44 | 11.77 | 64.69 | 33.31 | 35.34 | 21.54 | 0.76 | 146.00 | 6.20 | 905.20 | 905.20 | 2.20 | 411.45 | |
| | 2 | 6.00 | 6.38 | 1170 | 611 | 1174 | 559 | 2.10 | 2.44 | 11.83 | 67.01 | 32.99 | 35.84 | 21.16 | 0.76 | 140.00 | 6.20 | 848.00 | 848.00 | 2.10 | 413.33 | |
| | 3 | 6.00 | 6.38 | 1177 | 611 | 1179 | 566 | 2.09 | 2.44 | 11.10 | 64.46 | 33.54 | 33.10 | 21.90 | 0.76 | 126.00 | 6.20 | 781.20 | 781.20 | 2.30 | 338.65 | |
| Ratarata | | | | 1172.3 | 606.3 | 1179 | 564 | 2.09 | 2.44 | 11.80 | 66.72 | 33.29 | 34.74 | 21.50 | 0.76 | 137.33 | | | 851.47 | 2.20 | 388.15 | |
| 25% | 1 | 6.00 | 6.38 | 1165 | 607 | 1170 | 558 | 2.10 | 2.44 | 11.81 | 66.90 | 33.10 | 35.68 | 21.29 | 0.76 | 134.00 | 6.20 | 830.80 | 830.80 | 1.35 | 615.41 | |
| | 2 | 6.00 | 6.38 | 1172 | 625 | 1195 | 547 | 2.18 | 2.44 | 12.31 | 69.71 | 30.29 | 40.62 | 17.99 | 0.76 | 145.00 | 6.20 | 899.00 | 899.00 | 2.10 | 428.10 | |
| | 3 | 6.00 | 6.38 | 1190 | 610 | 1200 | 580 | 2.07 | 2.44 | 11.65 | 64.02 | 33.93 | 34.29 | 22.33 | 0.76 | 150.00 | 6.20 | 930.00 | 930.00 | 2.70 | 344.44 | |
| Ratarata | | | | 1178.3 | 616.7 | 1188 | 561.7 | 2.12 | 2.44 | 11.92 | 67.54 | 32.46 | 36.87 | 20.53 | 0.76 | 143.00 | | | 886.60 | 2.05 | 462.65 | |



Lampiran 10 Analisis Data Pengujian Cantabro

Dikerjakan : Nizam Mallua Muda Rapa'

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

| Spesifikasi | Kadar BGA | Sample | Kadar Aspal | Berat Sebelum Pengujian (Mo) | Berat Setelah Pengujian (Mi) | Kehilangan Berat | Rata-Rata Kehilangan Berat | | | Spesifikasi |
|--------------|-----------|--------|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|---|-----|-------------|
| | | | | | | Mo-Mi | (Mo-Mi) | x | 100 | |
| | | | | Mo | | | | | | |
| Tipe | % | No. | % | Kg | Kg | Kg | % | | | % |
| BNAMARGA 0% | 5 | 1 | 6 | 1175 | 1155 | 20 | 1.702 | | | Max. 20 |
| | | 2 | | 1117 | 1082 | 35 | 3.133 | | | |
| | | 3 | | 1195 | 1129 | 66 | 5.523 | | | |
| BNAMARGA 15% | 5 | 1 | 6 | 1055 | 1020 | 35 | 3.318 | | | Max. 20 |
| | | 2 | | 1178 | 1115 | 63 | 5.348 | | | |
| | | 3 | | 1179 | 1121 | 58 | 4.919 | | | |
| BNAMARGA 20% | 5 | 1 | 6 | 1189 | 1132 | 57 | 4.794 | | | Max. 20 |
| | | 2 | | 1194 | 1170 | 24 | 2.010 | | | |
| | | 3 | | 1165 | 1116 | 49 | 4.206 | | | |
| BNAMARGA 25% | 5 | 1 | 6 | 1184 | 1104 | 80 | 6.757 | | | Max. 20 |
| | | 2 | | 1189 | 1158 | 31 | 2.607 | | | |
| | | 3 | | 1184 | 1157 | 27 | 2.280 | | | |



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



Benda uji setiap variasi



Proses penimbangan dalam air



Proses perendaman sampel dalam water bath



Pengujian Marshall Test



Pengujian cantabro test



Hasil pengujian marshal test



Hasil pengujian cantabro test

