

**PEMANFAATAN ABU TONGKOL JAGUNG SEBAGAI
BAHAN *FILLER* PADA PERKERASAN AC-BC**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

**Kurniawan Barana' Pongsinaran
NIM : 1820121143**



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

2022

**PEMANFAATAN ABU TONGKOL JAGUNG SEBAGAI
BAHAN *FILLER* PADA PERKERASAN AC-BC**

Oleh:

Kurniawan Barana' Pongsinaran
NIM: 1820121143

Menyetujui
Tim Pembimbing
Tanggal, 12 Oktober 2022

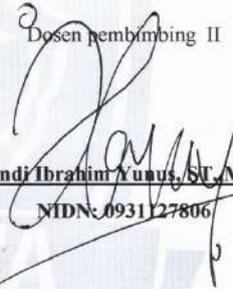
Dosen Pembimbing I



(Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT.)

NIDN: 0906107701

Dosen pembimbing II



(Andi Ibrahim Yunus, ST., MT.)

NIDN: 0931127806

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Fajar



(Prof. Dr. Ir. Erniati, ST., MT.)

NIDN: 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Universitas Fajar



(Fatmawati Rachim, ST., MT.)

NIDN: 0919117903

LEMBAR ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“ PEMANFAATAN ABU TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BAHAN *FILLER* PADA PERKERASAN AC-BC ” adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 17 Oktober 2022

Yang menyatakan

A 10,000 Indonesian Rupiah postage stamp is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METRAI TEMPEL', and '586A1AKX312083764'.

Kurniawan Barana' Pongsinaran

ABSTRAK

Pemanfaatan Abu Tongkol Jagung Sebagai Bahan *Filler* Pada Perkerasan AC-BC, Kurniawan Barana' Pongsinaran. Dengan seiring berkembangnya teknologi dibidang konstuksi sehingga dilakukan penelitian untuk menemukan bahan alternatif baru yang dapat digunakan sebagai campuran untuk bahan bangunan yang ramah lingkungan. Campuran beraspal dapat dimodifikasi dengan menambahkan beberapa macam zat campuran mulai dari (*aditif*) bahan kimia, bahan alam dan sisa limbah. Kandungan senyawa SiO₂ (silika) abu tongkol jagung memiliki kesamaan senyawa semen sehingga abu tongkol jagung dapat dijadikan alternatif sebagai bahan substitusi *filler*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik marshall dan nilai cantabro pada perkerasan AC-BC menggunakan abu tongkol jagung sebagai *filler*. Metode penelitian yang dilakukan adalah eksperimental di Laboratorium yaitu dengan pengujian marshall dan cantabro. Benda uji yang dibuat sebanyak 24 buah, variasi filler yaitu 0%, 15%, 30%, dan 45% dengan kadar aspal minyak Pen 60/70 sebanyak 5,5%, yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai stabilitas pada variasi abu tongkol jagung yaitu 0%=936,20 Kg, 15%=981,67Kg, 30%=1018,87Kg, 45%=1157 Kg, nilai stabilitas yang diperoleh memenuhi standar spesifikasi bina marga minimal 800 Kg. Nilai flow yang memenuhi standar 2-4 mm yaitu substitusi filler 0%=3 mm , 15%=2,67 mm dan 30%= 2,4 mm. Nilai Marshall Quotien yang di peroleh pada variasi 0%=340,14 Kg, 15%=377.17 Kg, 30%= 443.56 Kg, dan 45%=595,39 Kg, semua variasi memenuhi standar yaitu minimal 200 Kg. Nilai VIM yang memenuhi standar pada variasi 0% sebesar 4,12% dan variasi 15% sebesar 3,90%, nilai ini telah sesuai dengan standar yaitu 3-5%. Standar nilai VMA yaitu minimal 14%, yang memenuhi standar pada variasi 0%=14,76% dan variasi 15%=14,56%. Nilai VFB yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 72.59%, untuk variasi 15% sebesar 73.46%, untuk variasi 30% sebesar 83.28%, dan untuk variasi 45% sebesar 83,99%, nilai tersebut memenuhi standar nilai VFB minimal 65%. Nilai kehilangan berat untuk variasi 0% sebesar 7,099%, untuk variasi 15% sebesar 6,852%, untuk variasi 30% sebesar 6,608% dan untuk variasi 45% sebesar 6.410% telah memenuhi standar $\leq 20\%$.

Kata kunci: *Laston AC-BC, Abu Tongkol Jagung, Pengujian Marshall dan Cantabro, Bina Marga*

ABSTRACT

UTILIZATION OF CORN COB ASH AS A FILLER MATERIAL IN AC-BC PAVEMENT, Kurniawan Barana' Pongsinaran. Along with the development of technology in the field of construction so that research is carried out to find new alternative materials that can be used as a mixture for environmentally friendly building materials. Asphalt mixtures can be modified by adding several kinds of mixed substances ranging from (additives) chemicals, natural materials and residual waste. The content of SiO₂ (silica) compounds in corn cob ash has the same cement compound so that corn cob ash can be used as an alternative as a filler substitute. This study aims to determine the characteristics of Marshall and the value of Cantabro on AC-BC pavement using corn cob ash as a filler. The research method is experimental in the laboratory, namely by testing Marshall and Cantabro. As many as 24 specimens were made, the filler variations were 0%, 15%, 30%, and 45% with Pen 60/70 asphalt oil content of 5.5%, which refers to the 2018 Highways Specification. Stability values for ash variations Corn cobs are 0% = 936.20 Kg, 15% = 981.67 Kg, 30% = 1018.87 Kg, 45% = 1157 Kg, the stability value obtained meets the minimum specification standard of Bina Marga 800 Kg. Flow values that meet the 2-4 mm standard are filler substitution 0% = 3 mm, 15% = 2.67 mm and 30% = 2.4 mm. Marshall Quotient values obtained at variations of 0% = 340.14 Kg, 15% = 377.17 Kg, 30% = 443.56 Kg, and 45% = 595.39 Kg, all variations meet the standard, namely at least 200 Kg. The VIM value that meets the standard at 0% variation is 4.12% and 15% variation is 3.90%, this value is in accordance with the standard, namely 3-5%. The standard VMA value is at least 14%, which meets the standards at 0% = 14.76% variation and 15% = 14.56% variation. The VFB value obtained at 0% variation is 72.59%, for 15% variation is 73.46%, for 30% variation is 83.28%, and for 45% variation is 83.99%, this value meets the standard VFB value of at least 65%. The value of weight loss for the 0% variation is 7.099%, for the 15% variation it is 6.852%, for the 30% variation it is 6.608% and for the 45% variation 6.410% has met the standard 20%.

Keywords: Laston AC-BC, Corn Cob Ash, Marshall and Cantabro Tests, Bina Marga

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dengan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “**PEMANFAATAN ABU TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BAHAN FILLER PADA PERKERASAN AC-BC**” yang merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang turut membimbing serta mendoakan agar terselesaikannya Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini secara khusus penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Tolla' Pongsinaran, S.Pd dan Ibu Damaris Palulun, S.Pd, saudara-saudara saya Risla Tolla' Pongsinaran, Marini Tolla' Pongsinaran, Megawati Tolla' Pongsinaran dan Dewi Intan Tolla' Pongsinaran.
2. Dr. Mulyadi Hamid, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Fajar Makassar.
3. Prof.Dr. Erniati, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar, dan selaku dosen pembimbing 1
4. Fatmawaty Rachim,ST.,MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar
5. Andi IbrahimYunus, ST., MT. selaku dosen pembimbing 2
6. Rekan mahasiswa angkatan 2018 Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar.
7. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati yang memberikan dukungan, motivasi, waktu dan materi dalam penyelesaian laporan ini .

Tak lupa pula penulis haturkan permohonan maaf sebesar besarnya kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pekerjaan tugas akhir ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua terutama pada bidang Teknik Sipil. Penulis sadar jika dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini masih terdapat kekeliruan, dengan ini penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna untuk menyempurnakan.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan Rahmat-Nya dan membalas segala kebaikan kita semua. Amin.

Makassar, Juni 2022

Kurniawan Barana' Pongsinaran

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------------------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | Error! Bookmark not defined. |
| LEMBAR ORISINALITAS | ii |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR TABEL | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 3 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| I.4 Batasan Masalah | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| II.1 Konstruksi Perkerasan | 4 |
| II.2 Pakerasan lentur | 5 |
| II.2.1 Lapisan Aspal Beton | 6 |
| II.3. Aspal | 8 |
| II.3.1 Jenis Aspal | 9 |
| II.3.2 Aspal Minyak (<i>Petroleum Asphalt</i>) | 10 |
| II.3.3 Proses Produksi Aspal Minyak | 10 |
| II.3.4 Sifat-Sifat Aspal Minyak | 12 |
| II.4 Agregat | 13 |
| II.5 Abu Tongkol Jagung | 17 |
| II.6 Pengujian <i>Marshall</i> | 18 |
| II.7 Pengujian Cantabro | 21 |
| II.8 Penelitian Terdahulu | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 27 |
| III.1 Waktu Dan Lokasi | 27 |
| III.2 Alat Dan Bahan | 27 |
| III.2.1 Alat | 27 |

| | |
|---|-------------------------------------|
| III.2.2 Bahan..... | 28 |
| III.3 Metode Pengumpulan Data..... | 28 |
| III.4 Pelaksanaan Penelitian | 28 |
| III.4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian..... | 28 |
| III.5 Pemeriksaan Sifat-Sifat fisik Bahan | 29 |
| III.5.1 Pengujian Material Agregat | 29 |
| III.6 Pembuatan Benda Uji | 29 |
| III.7 Prosedur Pengujian Marshall | 31 |
| III.8 Prosedur Pengujian Cantabro | 32 |
| III.9 Pengolahan Data..... | 32 |
| III.10 Analisis Data | 32 |
| III.1 Bagan Alur Penelitian..... | 33 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 34 |
| IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material..... | 34 |
| IV.1.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat..... | 34 |
| IV.3 Pengujian Campuran Aspal | 36 |
| IV.3.1 Marshall Test..... | 36 |
| IV.3.2 Pengujian Cantabro | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 45 |
| V.1 Kesimpulan..... | 45 |
| V.2 Saran..... | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | 46 |
| LAMPIRAN..... | Error! Bookmark not defined. |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabel II.1 | Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC-BC) | 7 |
| Tabel II.2 | Sifat Aspal Minyak..... | 12 |
| Tabel II.3 | Ketentuan Agregat Kasar | 14 |
| Tabel II.4 | Tabel ketentuan agregat halus | 14 |
| Tabel II.5 | Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal | 16 |
| Tabel II.6 | Senyawa Kimia Pada Abu Tongkol Jagung | 17 |
| Tabel III.1 | Standar uji karakteristik agregat | 29 |
| Tabel III.2 | Jumlah Benda Uji..... | 30 |
| Tabel III.3 | Metode pengujian Karakteristik Marshall..... | 30 |
| Tabel IV. 1 | Sifat-sifat Fisik Agregat Kasar (Chipping)..... | 34 |
| Tabel IV. 2 | Sifat-sifat Fisik Agregat Halus (Pasir)..... | 34 |
| Tabel IV. 3 | Gradasi Gabungan Agregat..... | 35 |
| Tabel IV. 4 | Pengujian Marshall | 37 |
| Tabel IV. 5 | Pengujian Cantabro..... | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar II. 1 Lapisan Kontruksi Perkerasan Lentur | 6 |
| Gambar II. 2 Lapis Permukaan Perkerasan Lentur | 6 |
| Gambar II. 3 Aspal | 9 |
| Gambar II. 4 Abu danTongkol Jagung..... | 17 |
| Gambar II. 5 <i>Marshall Test</i> | 18 |
| Gambar II. 6 <i>los Angeles</i> | 22 |
| Gambar III. 1 Bagan Alur Penelitian | 33 |
| Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan | 36 |
| Gambar IV. 2 Pengujian <i>Marshall</i> | 37 |
| Gambar IV. 3 Grafik Hubungan Variasi Subtitusi Filler Abu Tongkol Jagung Dengan Stabilitas. | 38 |
| Gambar IV. 4 hubungan variasi subtitusi abu tongkol jagung dengan flow | 39 |
| Gambar IV. 5 Grafik hubungan variasi subtitusi filler abu tongkol jagung Marshall Quotient (kg/mm)..... | 40 |
| Gambar IV. 6 Grafik hubungan variasi subtitusi abu tongkol jagungVIM..... | 40 |
| Gambar IV. 7 Grafik hubungan variasi subtitusi abu tongkol jagung VMA % | 41 |
| Gambar IV. 8 grafik hubungan variasi subtitusi filler abu tongkol jagung dengan VFB (%)..... | 42 |
| Gambar IV. 9 Grafik hubungan variasi subtitusi filler fly ash kehilangan berat (%) | 43 |

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

| SINGKATAN | Nama | Pemakain Pertama Kali Pada Halaman |
|------------------|--|---------------------------------------|
| AC-BC | <i>AC-BC</i> | 1 |
| BPS | BPS | 2 |
| SiO ₂ | SiO ₂ | 2 |
| AC | <i>Asphat Concrete</i> | 6 |
| AC-WC | <i>AC-WC</i> | 6 |
| AC-Base | <i>AC-Base</i> | 6 |
| cm | Sentimeter | 6 |
| mm | Milimeter | 7 |
| SNI | Standar Nasional Indonesia | 12 |
| ASTM | America Association For Testing and Material | 12 |
| AASHTO | <i>American Assocation Of State Highway And Transportation Officials</i> | 12 |
| KAO | Kadar Aspal Optimum | 18 |
| MQ | <i>Marshall Quotient</i> | 19 |
| VIM | Void in Mixture | 20 |
| VMA | <i>VMAgregate</i> | 20 |
| VFB | <i>VFBitume</i> | 21 |
| kg | Kilogram | 27 |
| SIMBOL | | |
| % | Persen | 3 |
| °C | Derajat <i>Celcius</i> | 10 |
| ≤ | Kurang dari/sama dengan | 12 |
| ≥ | Lebih dari/sama dengan | 12 |
| ± | Lebih kurang | 29 |

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan mobilisasi keseharian sehingga volume kendaraan yang melewati suatu ruas jalan mempengaruhi kapasitas dan kemampuan daya dukungnya. Kondisi jalan dikatakan baik apabila dapat memberikan rasa nyaman, aman, dan ekonomis kepada pengguna jalan (Supriadi dkk, 2010).

Berdasarkan perkembangan infrastruktur khususnya pada prasarana jalan raya pada saat ini menyebabkan kebutuhan material semakin meningkat serta banyaknya penggunaan material alami yang tidak sebanding dengan ketersediaan sumber daya alam yang ada.

Pada umumnya, ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan jalan ialah umur jalan yang melebihi rencana, terjadinya genangan pada permukaan jalan, serta beban lalu lintas yang berlebihan. Kerusakan konstruksi jalan tersebut meliputi permukaan jalan menjadi berlubang (*pothles*), bergelombang (*rutting*), retak-retak dan pelepasan butiran (*revelling*). Sehingga kualitas agregat sangatlah penting pada peranan perkerasan jalan.

Dengan seiring berkembangnya teknologi dibidang konstuksi sehingga dilakukan penelitian untuk menemukan bahan alternatif baru yang dapat digunakan sebagai campuran untuk bahan bangunan yang ramah lingkungan. Campuran beraspal dapat dimodifikasi dengan menambahkan beberapa macam zat campuran mulai dari (*aditif*) bahan kimia, bahan alam dan sisa limbah. *Filler* yang biasa digunakan dalam campuran aspal yaitu abu batu, semen dan *fly ash*, sulit didapatkan dan harganya relatif mahal . Peran abu batu, semen dan *fly ash* sebagai bahan baku *filler* pada campuran aspal beton khususnya pada campuran AC-BC sangat penting karena berfungsi sebagai bahan pengisi rongga pada

campuran aspal beton. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan abu batu, semen dan *fly ash* dalam campuran AC-BC yaitu dengan meminimalkan penggunaannya dalam campuran AC-BC.

Dengan adanya perkembangan teknologi dan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat membuat masalah terhadap penumpukan sampah atau limbah baik itu limbah produksi pabrik maupun limbah rumah tangga yang menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) tahun 2019 produksi jagung di Indonesia mencapai 19.612.435 ton sehingga dipastikan akan menghasilkan limbah jagung dalam jumlah yang sangat besar . Pada industri pakan ayam, tongkol jagung yang sudah tidak dibutuhkan dibuang disekitar pabrik dan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan dan hanya digunakan untuk pakan ternak sapi

Tongkol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38% (Nasution, dkk, 2010). Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang terdapat pada tongkol jagung memungkinkan digunakannya sebagai material tambahan pada campuran AC-BC. Namun sebelum dijadikan sebagai *filler* pada pekerasan AC-BC, tongkol jagung terlebih dahulu dibakar. Kandungan senyawa SiO_2 (silika) abu tongkol jagung memiliki kesamaan senyawa semen sehingga abu tongkol jagung dapat dijadikan alternatif sebagai bahan substitusi *filler*, melalui penelitian ini diharapkan abu tongkol jagung dapat digunakan sebagai alternatif bahan substitusi *filler* yang dapat meningkatkan karakteristik perkerasan AC-BC dan memenuhi spesifikasi.

Hal inilah yang mendorong pemanfaatan abu tongkol jagung sebagai bahan substitusi *filler*. Tongkol jagung yang sudah tidak digunakan ternyata dapat digunakan sebagai bahan substitusi *filler* karena tongkol jagung yang dibakar dan menjadi abu mengandung senyawa SiO_2 yang memiliki kerekatan yang sama seperti semen yang merupakan salah satu bahan baku *filler* (Maria Prisila Hederanti Itu, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul: **“Pemanfaatan Abu Tongkol Jagung Sebagai Bahan *Filler* Pada Perkerasan AC-BC”**

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik Marshall pada perkerasan AC-BC menggunakan abu tongkol jagung sebagai *filler*?
2. Berapa nilai Cantabro pada perkerasan AC-BC menggunakan abu tongkol jagung sebagai *filler*?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik Marshall pada perkerasan AC-BC menggunakan abu tongkol jagung sebagai *filler*.
2. Untuk mengetahui nilai Cantabro pada perkerasan AC-BC menggunakan abu tongkol jagung sebagai *filler*.

I.4 Batasan Masalah

1. Pengujian ini dilakukan berdasarkan skala laboratorium.
2. Tidak dilakukan pengujian kimiawi terhadap abu tongkol jagung.
3. Menggunakan gradasi Bina Marga
4. Menggunakan persentase kadar aspal minyak sebesar 5,5% dengan penetrasi aspal 60/70.
5. Bahan substitusi filler yang digunakan adalah abu tongkol jagung lolos saringan 200.
6. Variasi substitusi abu tongkol jagung 0%, 15%, 30%, 45%, terhadap abu batu.
7. Abu tongkol jagung berasal dari hasil pembakaran limbah tongkol jagung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Konstruksi Perkerasan

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat di atas lapisan tanah pada suatu jalur jalan. Apabila konstruksi perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan aspal atau semen. Dengan adanya konstruksi perkerasan jalan, maka badan jalan akan terlindungi dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh air dan beban lalu lintas dimana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang melemah diakibatkan oleh air.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999):

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

II.2. Pekerasan lentur

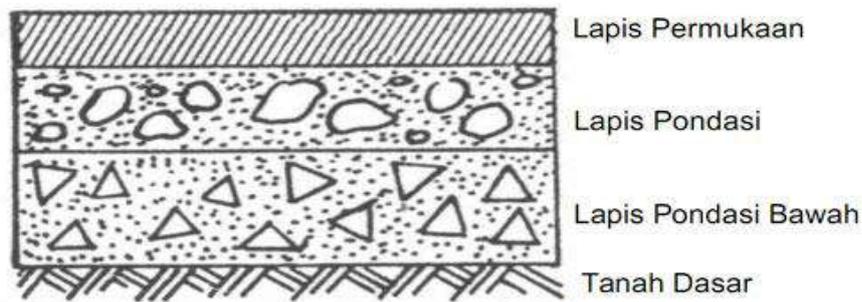
Resilin flooring merupakan lapisan antara lapisan *subfloor* dan roda kendaraan, sehingga merupakan lapisan yang menempel langsung pada kendaraan. Lapisan ini di gunakan untuk memberikan pelayanan transportasi dan di harapkan tidak terjadi kerusakan selama masa pelayanan yang berarti secara langsung dengan kendaraan dan lingkungan, sehingga merupakan lapisan yang mudah rusak terutama karena terkena air.

Tergantung pada lokasi dan fungsi pembawaan beban kendaraan, tidak semua lapisan lantai perlu pengguna pengikat. Oleh karena itu, lapisan lantai biasanya terdiri dari lapisan-lapisan yaitu lapisan permukaan yang selalu menggunakan bahan pengikat dan lapisan pondasi yang boleh atau tidak boleh menggunakan bahan pengikat. Lapisan permukaan dan pondasi terdapat pada tanah dasar yang telah di padatkan sehingga tidak mengalami deformasi yang signifikan

Adapun komponen perkerasan lentur terdiri atas:

1. Tanah dasar (*sub grade*)
2. Lapisan (*sub base*)
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
4. Lapisan permukaan adalah lapisan pada bagian atas jalan raya dan lapisan pertama yang menerima beban dari roda dan akan meneruskan beban tersebut ke lapisan bawah. Fungsi lain dari lapisan ini adalah sebagai berikut:
 - a. Lapisan yang untuk menahan gesekan akibat dari rem kendaraan atau biasa disebut lapisan aus.
 - b. Sebagai lapisan untuk menahan air hujan agar tidak semua meresap ke bawah lapisan yang dapat mengakibatkan pelemahan lapisan tersebut.

Kerusakan konstruksi jalan yang sering terjadi adalah perubahan bentuk lapisan permukaan pada jalan berupa lubang, bekas roda, retakan dan retakan. Selain itu, drainase juga berperan penting dalam menstabilkan perkerasan jalan. Struktur lantai dan menyebabkan kerusakan dini.

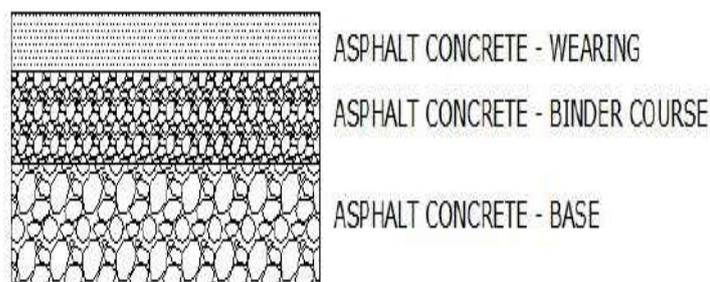


Gambar II. 1 Lapisan Kontruksi Perkerasan Lentur

II.2.1. Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton (LASTON) adalah beton aspal bergradasi kontinyu yang biasa di gunakan untuk jalan dengan lalulintas tinggi. Laston juga di kenal sebagai AC (*Asphalt Concrete*) yaitu suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Fitur terpenting dari beton aspal dalam campuran ini adalah stabilitas. Sesuai dengan fungsinya, Laston memiliki 3 jenis campuran, yaitu:

1. Laston sebagai lapisan keausan, dikenal sebagai AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Ketebalan nominal minimum AC-WC adalah 4cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat yang dikenal dengan AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) Ketebalan nominal minimum AC-BC adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, disebut AC-Base (*Asphalt Concrete Base*) Ketebalan minimum AC-Base adalah 7,5 cm.



Gambar II. 2 Lapis Permukaan Perkerasan Lentur

Fungsi campuran aspal beton sebagai lapisan permukaan jalan, antara lain adalah:

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Sebagai lapisan aus.
4. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Lapisan aspal beton memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
2. Kedap air.
3. Mempunyai nilai struktur.
4. Mempunyai stabilitas yang tinggi.
5. Peka terhadap penyimpangan, perencanaan, dan pelaksanaan. Bahan LASTON terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras. Kualitas dan ukuran butir bahan harus diperiksa terlebih dahulu. Penggunaan aspal dari beberapa pabrik yang berbeda tidak dibenarkan, meskipun jenis aspalnya sama.

Tabel II.1 Kententuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC-BC)

| Sifat-Sifat Campuran | | Laston | | |
|---|-------|-----------|--------------|---------|
| | | Lapis aus | Lapis Antara | Pondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112 |
| Rasio Partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif | Min. | 0,6 | | |
| | Maks. | 1,2 | | |
| Rongga dalam campuran (%) | Min. | 3,0 | | |
| | Maks. | 5,0 | | |
| Rongga dalam agregat (VMA) (%) | Min. | 15 | 14 | 13 |
| Rongga Terisi Aspal (%) | Min. | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas <i>Marshall</i> (kg) | Min. | 800 | | 1800 |
| | Maks. | 2 | | 3 |
| Pelelehan (mm) | Min. | 4 | | 6 |
| Marshall Quotient (kg/mm) | Min. | 250 | | 300 |
| Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60 °C | Min. | 90 | | |
| Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal | Min. | 2 | | |

Sumber: Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.3.(1c)

II.3. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperature mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil yang umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. Bahan dasar utama dari aspal adalah hydrocarbon, yang biasa disebut dengan bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen.

Aspal yang pada umumnya digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil destilasi minyak bumi dan disamping itu mulai banyak pula dipergunakan aspal alam yang berasal dari pulau Buton.

Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan mempergunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap cuaca dan reaksi kimia lain.

Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akibatnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi atau dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaannya (Sukirman, 1999).



Gambar II. 3 Aspal

II.3.1 Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas (Sukirman, 1999):

1. Aspal alam, dapat dibedakan atas:
 - a) Aspal gunung (*rock asphalt*), contoh aspal dari Pulau Buton
 - b) Aspal danau (*lake asphalt*), contohnya aspal dari Bermudez, Trinidad.
2. Aspal buatan
 - a) Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
 - b) Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara
Tidak umum digunakan untuk perkerasan jalan karena cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

II.3.2. Aspal Minyak (*Petroleum Asphalt*)

Aspal minyak (juga di sebut aspal semen, aspal keras, bitumen atau aspal mentah) adalah kumpulan bahan sisa dari proses penyulingan minyak bumi, sisa kilang minyak bumi. Selain aspal berminyak, kita juga mengenal aspal alam, misalnya “Aspal Danau Trinidad”, dan di pulau Buton terdapat aspal alam kabungkan dan aspal alam Lawele, serta di beberapa tempat di Indonesia dan kami juga mengenal aspal olahan seperti aspal semen, aspal emulsi, aspal cair, aspal modifikasi dll.

Aspal minyak adalah bahan sisa yang dianggap tidak lagi ekonomis dari proses penyulingan minyak bumi di kilang minyak.

II.3.3. Proses Produksi Aspal Minyak

Aspal yang dihasilkan dari minyak mentah di peroleh dengan proses penyulingan minyak bumi, yang di lakukan dengan pemanasan hingga suhu 350°C pada tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi minyak bumi seperti bensin, minyak tanah dan minyak bumi.

Minyak tanah mentah dari sumur minyak dipisahkan di pabrik pemurnian yang disebut proses pemurnian, selama proses tersebut, minyak tanah mentah dimasukkan ke dalam pipa dengan perbedaan suhu dan kemudian dikeluarkan dengan cepat karena masih dalam proses pemurnian awal.

Lalu memasuki menara fraksinasi pada mana bagian yang lebih gampang menguap di pisahkan menurut minyak mentah sang kilang. Residue menurut proses fraksinasi ini adalah sisa yang mengandung komponen berat, termasuk aspal. (S. Joon Lee, Y. Richard Kim, 2005)

Aspal yang di hasilkan dari minyak mentah diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses destilasi ini dilakukan menggunakan pemanasan sampai suhu 350°C pada bawah tekanan atmosfer buat memisahkan fraksi-fraksi minyak misalnya bensin, minyak tanah dan minyak.

Minyak tanah kasar menurut sumur minyak dipisahkan pada suatu instalasi penyulingan yang di sebut proses penyulingan. Selama proses,minyak tanah kasar diberi umpan ke dalam suatu tabung menggunakan perbedaan temperatur, lalu menggunakan cepat diangkat lantaran masih proses-proses penyulingan awal. Lalu masuk kesuatu menara fraksinasi dimana bagian-bagian lebih lebih gampang menguap akan di pisahkan menurut minyak tanah yang kasar melalui suatu instalasi penyulingan. Residu menurut proses fraksinasi ini adalah yang memiliki berat komponen yang kasar, termasuk, termasuk aspal. Bagaimanapun, penyukingan/pemugaran lebih lanjut perlu dilakukan untuk menghasilkan semen aspal. (S.joon lee, Y.Richard Kim, 2005)

Aspal yang didapatkan menurut minyak mentah diperoleh melalui diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses destilasi ini dilakukan menggunakan pemanasan sampai suhu 350°C pada bawah tekanan atmosfer buat memisahkan fraksi-fraksi minyak misalkan bensin, minyak tanah dan minyak.

Minyak tanah menurut sumur minyak dipisahkan pada kilang yang di klaim proses pemurnian. Selama proses, minyak tanah mentah di masukkan ke pada pipa menggunakan disparitas suhu & lalu di tarik menggunakan cepat lantaran masih pada proses pemurnian awal. Lalu masuk ke menara fraksinasi di mana bagian yang lebih gampang menguap di pisahkan menurut minyak tanah mentah sang kilang. Residu menurut proses fraksinasi ini merupakan galat satu yang mengandung komponen berat termasuk aspal. Namun, diharapkan penyempurnaan/peningkatan tambahan buat membuat beton aspal. (S.joon lee, Y.Richard Kim, 2005)

II.3.4. Sifat-Sifat Aspal Minyak

1. Sifat fisik aspal minyak.

Sifat fisik aspal minyak dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel II. 2 Sifat Aspal Minyak

| No | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Aspal Pen. 60-70 –Wax |
|---|--|---|-----------------------|
| 1 | Penetrasi pada 25 ⁰ C (0,1 mm) | SNI 2456-2011 | 55-68 |
| 2 | Viskositas Kinematis 135 ⁰ C (eSt) | ASTM D2170-10 | ≤ 300 |
| 3 | Titik Lembek (⁰ C) | SNI 2434:2011 | ≥ 49 |
| 4 | Daktilitas pada 25 ⁰ C, (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 100 |
| 5 | Titik Nyala (⁰ C) | SNI 2433:2011 | ≥ 232 |
| 6 | Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%) | AASHTO T44-14 | ≥ 99 |
| 7 | Berat Jenis | SNI 2441:2011 | ≥ 1,0 |
| 8 | Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (⁰ C) | ASTM D 5976-00 part 6.1 dan SNI 2434:2011 | ≤ 2,2 |
| 9 | Kadar Parafin Lilin (%) | SNI 03-3639-2002 | ≤ 2 |
| Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002): | | | |
| 10 | Berat yang Hilang (%) | SNI 06-2441-1991 | ≤ 0,8 |
| 11 | Penetrasi pada 25 ⁰ C (semula) | SNI 2456:2011 | ≥ 54 |
| 12 | Daktilitas pada 25 ⁰ C (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 50 |

2. Sifat kimia aspal minyak.

Aspal di percaya menjadi sistem koloid yang terdiri berdasarkan komponen molekul berat yang di anggap asphaltene, dispersi minyak antara diianggap meletene bagian berdasarkan. Maltene terdiri berdasarkan molekul modiator yang di klaim resin yang membantu mempertahankan dispersi asphaltenes. Aspal merupakan senyawa hidrogen (H) dan karbon (C) yang tersusun berdasarkan banyak sekali senyawa misalnya ; parafin, sikloparafin. Naftren & Aromatik Fungsi kandungan aspal pada adonan pula berperan menjadi pelapis agregat berupa film, dimana aspal berperan pada menunda ukiran bagian atas & mengurangi kandungan pori adonan. Aspal misalnya dalam gambar dibawah ini, adalah senyawa yang kompleks, bahan utama di susun sang hidrokarbon & atom-atom Nitrogen (N), sulfur (S), & Oksigen (O) pada jumlah yang kecil. Dimana unsur-unsur yg terkandung pada aspal atau bitumen merupakan Karbon (82-88%), Hidrogen (8-11%), Sulfur (0-6%), Oksigen (0-1,5%), & Nitrogen (0-1%).

II.4 Agregat

Agregat merupakan sekumpulan buah-buah batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa output alam juga buatan. Fungsi agregat pada adonan aspal menjadi kerangka yang menaruh stabilitas adonan bila dilakukan dengan penggunaan indera padatan yang tepat.

Agregat menjadi komponen primer atau kerangka menurut lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% - 95% agregat menurut persentase berat atau 75% - 85% agregat menurut persentase volume.

Pemilihan jenis agregat yg sinkron buat di pakai dalam konstruksi perkerasan ditentukan sang beberapa faktor, yaitu: gradasi, kekuatan, bentuk butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan & sifat kimia. Jenis dan adonan agregat sangat menghipnotis daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan. Berdasarkan berukuran butirannya agregat dikelompokkan sebagai 3 (tiga), yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar tertahan sang batuan pada ayakan 2,36 mm, atau sama menggunakan ASTM No. 8. Pada adonan agregat bitumen, agregat kasar sangat krusial pada unjuk kerja pembentukan lantaran kestabilan adonan di peroleh menggunakan adanya interlocking antara agregat. Agregat kasar berfungsi buat memberi kekuatan dalam adonan & buat memperluas mortar, sebagai akibatnya adonan sebagai lebih murah. Selain mengurangi biaya, kandungan agregat kasar yang tinggi pula mempunyai laba mempertinggi ketahanan gesek lapisan perkerasan. Kandungan agregat kasar yang tinggi menciptakan lapisan perkerasan lebih permeabel. Hal ini mempertinggi rongga udara, sebagai akibatnya air bisa masuk menggunakan gampang & daya lekat aspal berkurang sebagai akibatnya mengakibatkan aspal terlepas menurut batuan.

Agregat kasar dalam biasanya wajib memenuhi persyaratan yg di tentukan.

Tabel II. 3 yg memuat ketentuan untuk agregat kasar diberikan pada di bawah ini:

Tabel II. 3 Ketentuan Agregat Kasar

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

Sumber: Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.(1a)

2. Agregat Halus

Agregat halus yaitu batuan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm), & tertahan dalam saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi primer agregat halus merupakan menaruh stabilitas & mengurangi deformasi tetap menurut adonan melalui interlocking & goresan antara partikel. Bahan ini bisa terdiri menurut bitiran-butiran batu pecah atau pasir alam atau adonan menurut keduanya tertera dalam tabel II. 4.

Tabel II. 4 Tabel ketentuan agregat halus

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

Sumber: Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.2

3. Filler

Filler adalah material yang sangat halus, yang umumnya lolos saringan no.200. Pada prakteknya fungsi filler adalah untuk meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperature, meningkatkan komposisi filler dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar air *void* (rongga udara).

Demikian komposisi filler dalam campuran tetap dibatasi yaitu sebesar 4-10% dari berat aspal beton, jika terlalu tinggi kadar filler dalam campuran akan mengakibatkan campuran getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi jika terlalu rendah kadar filler akan mengakibatkan campuran terlalu lunak pada saat cuaca panas.

4. Sifat Agregat

Sifat-sifat agregat yang memilih kualitasnya menjadi bahan pelapis jalan merupakan berukuran partikel, kebersihan, kekerasan & ketahanan agregat, bentuk butir, struktur permukaan, porositas, daya serap air, berat jenis & daya rekat dalam aspal. Sifat-sifat agregat yang perlu di verifikasi antara lain:

a) Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan adonan banyaknya diameter buah agregat yg membangun komposisi eksklusif menurut adonan. (Mm; 2.38mm; 1,18mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm), dimana ayakan yg lebih akbar diletakkan pada atas & ayakan yg paling halus terletak sebuah ayakan dimulai menurut tangki & diakhiri menggunakan penutup (silvia sukirman, 1999)

b) Gradasi seragam

Gradasi seragam merupakan gradasi agregat yg mempunyai berukuran yg hampir sama. Gradasi seragam diklaim pula gradasi terbuka lantaran hanya mengandung sedikit agregat halus, sebagai akibatnya masih ada poly celah atau celah diantara agregat.

c) Gradasi rapat

Gradasi padat merupakan gradasi agregat yg didalamnya masih ada buah-buah mulai berdasarkan berdasarkan agregat kasar sampai agregat halus, sang karenanya tak jarang jua dianggap menjadi gradasi menerus atau gradasi. Agregat gradasi yg kedap akan membuat lapisan epilog lantai menggunakan stabilitas tinggi, tahan air, kepadatan tinggi.

d) Gradasi Senjang

Gradasi celah merupakan gradasi agregat yg berukuran agregatnya nir lengkap atau fraksi agregat nir terdapat atau pada jumlah yg sangat kecil. Agregat yg tercampur menggunakan gradasi ini mempunyai kualitas transisi berdasarkan ke 2 gradasi tadi pada atas.

Tabel II. 5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

| Ukuran Ayakan | | % Berat Yang Lolos LASTON (AC) | | | | | |
|--------------------|-------|--------------------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| | | Gradasi Halus | | | Gradasi Kasar | | |
| (Inci) | (mm) | AC-WC | AC-BC | AC-Base | AC-WC | AC-BC | AC-Base |
| 1 _{1/2} " | 37,5 | - | - | 100 | - | - | 100 |
| 1" | 25 | - | 100 | 90 - 100 | - | 100 | 90 - 100 |
| 3/4" | 19 | 100 | 90 – 100 | 73 – 90 | 100 | 90 - 100 | 73 - 90 |
| 1/2" | 12.5 | 90 – 100 | 74 – 90 | 61 – 79 | 90 - 100 | 71 - 90 | 55 - 76 |
| 3/8" | 9.5 | 72 – 90 | 64 – 82 | 47 – 67 | 72 - 90 | 58 - 80 | 45 - 66 |
| No.4 | 4.75 | 54 – 69 | 47 – 64 | 39,5 - 50 | 43 - 63 | 37 - 56 | 28 - 39,5 |
| No.8 | 2.36 | 39,1 – 53 | 34,6 – 49 | 30,8 - 37 | 28 - 39,1 | 23 - 34,6 | 19 - 26,8 |
| No.16 | 1.18 | 31,6 – 40 | 28,3 – 38 | 24,1 - 28 | 19 - 25,6 | 15 - 22,3 | 12 - 18,1 |
| No.30 | 0.6 | 23,1 – 30 | 20,7 – 28 | 17,6 - 22 | 13 - 19,1 | 10 - 16,7 | 7 - 13,6 |
| No.50 | 0.3 | 15,5 – 22 | 13,7 – 20 | 11,4 - 16 | 9 - 15,5 | 7 - 13,7 | 5 - 11,4 |
| No.100 | 0.15 | 9 – 15 | 4 – 13 | 4 – 10 | 6 - 13 | 5 - 11 | 4,5 - 9 |
| No.200 | 0.075 | 4 – 10 | 4 – 8 | 3 – 6 | 4 - 10 | 4 - 8 | 3 - 7 |

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

II.5 Abu Tongkol Jagung

Abu tongkol jagung adalah limbah dari hasil pertanian yang mengandung unsur silika yang dapat dimanfaatkan untuk bahan substitusi parsial semen dalam campuran. Abu Tongkol Jagung didapatkan dari tongkol jagung yang telah diambil biji jagungnya kemudian dibakar sehingga menjadi abu tongkol jagung. Pembakaran tongkol jagung yang menghasilkan abu mengandung bahan silika dan bahan aluminium yang bereaksi dan saling mengikat dengan kalsium oksida pada pasta semen dapat memungkinkan membentuk bahan yang kuat sehingga dapat meningkatkan mutu beton. Limbah tongkol jagung memiliki kandungan unsur silika yang cukup tinggi yakni 66,38%, kandungan senyawa SiO_2 harus di bakar terlebih dahulu pada suhu $650\text{-}800^\circ\text{C}$ (Nasution, dkk., 2009).



Gambar II. 4 Abu dan Tongkol Jagung

Adapun unsur kimia yang terkandung dalam abu tongkol jagung sebagai bahan substitusi parsial semen yaitu pada Tabel 2.7 berikut ini.

Tabel II. 6 Senyawa Kimia Pada Abu Tongkol Jagung

| Kimia | Berat dalam Persen |
|-------------------------|--------------------|
| SiO_2 | 64,12 |
| Al_2O_3 | 4,045 |
| Fe_2O_3 | 3,6964 |
| CaO | 6,808 |
| K_2O | 9,2 |
| P_2O_3 | 5,45 |

Sumber: (Fajar Dwi Hidayat 2015)

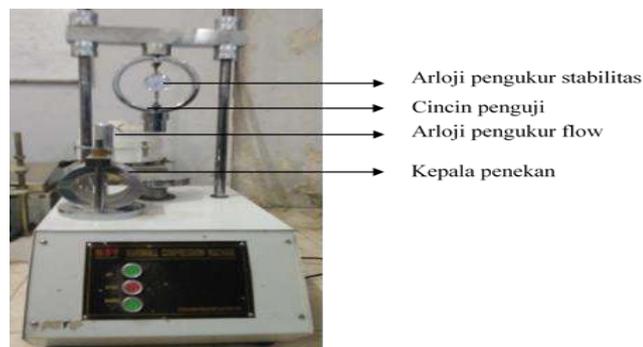
Dengan komposisi kandungan kimia seperti itu tongkol jagung anantara lain dapat dimanfaatkan untuk :

1. Bahan baku industri kimia, terutama kandungan kimia furfural.
2. Bahan baku industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO_2) yang dapat digunakan untuk campuran pada semen portland, bahan isolasi dan campuran pada industri bata-merah.
3. Sumber energi panas karena kadar selulosanya cukup tinggi sehingga dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil.

II.6. Pengujian *Marshall*

Pada pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran pada benda uji. Dalam hal ini dengan mengetahui nilai daya tahan (stabilitas), kelelahan (*flow*), dan *Marshall* Quotient.

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk memeriksa kerentanan campuran terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Konsep dari percobaan *Marshall* dikembangkan oleh Bruce *Marshall*, seorang tenaga ahli dibidang aspal pada *Mississippi State Highway Departement*. Prosedur percobaan *Marshall* di Indonesia mengikuti SNI 06-2489. Tujuan dari pengujian *Marshall* adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* dari benda uji dengan menggunakan parameter lainnya seperti, volume rongga dalam beton aspal padat (VIM), volume rongga diantara butir agregat (VMA), volume rongga beton aspal yang terisi oleh aspal (VFA), dan diperoleh kadar aspal optimum (KAO).



Gambar II. 5 *Marshall Test*

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau *pound*. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Nilai yang terbaca tersebut, kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi terhadap alat *Marshall test* yang dipakai dan faktor koreksi volume benda uji.

$$Stability = O \times E' \times Q \quad (II.1)$$

dimana:

- O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf);
- E' = Angka korelasi volume benda uji;
- Q = Kalibrasi alat *Marshall*

2. Flow

Kelelahan (*flow*) adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai ini juga diperoleh dari hasil pembacaan pada alat *Marshall test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*.

3. MQ (*Marshall Quotient*)

Marshall Quotient merupakan nilai menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Jika nilai yang dihasilkan pada MQ, maka campuran tergolong kaku dan mudah retak. Begitu pun sebaliknya jika nilai MQ terlalu rendah, maka cenderung menjadi lentur dan kurang stabil. Hasil bagi MQ diperoleh dari pembagian nilai stabilitas dengan kelelahan. Dapat dihitung dengan rumus:

$$MQ = \frac{Stability}{Flow} \quad (II.2)$$

4. *Voids in Mixture (VIM)*

Rongga di dalam campuran (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal, dan dinyatakan dalam persen (%) volume. Rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (II.3)$$

dimana :

VIM = Volume rongga dalam campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis Bulk campuran

5. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah volume rongga di antara partikel agregat dalam campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Dan dinyatakan dalam persen (%) volume.

$$VMA = 100 \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (II.4)$$

dimana:

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

6. *Void Filled with Bitumen (VFB)*

Rongga terisi aspal (VFB) adalah bagian dari volume rongga di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal efektif dalam campuran yang telah dipadatkan (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat), dinyatakan dalam persen (%) VMA.

$$VFB = 100 \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (II.5)$$

dimana:

VFB = Volume Pori Antar Butir Agregat

VMA = Volume Pori Antar Agregat didalam campuran

VIM = Volume Rongga Dalam Campuran

II.7. Pengujian Cantabro

Cantabro adalah pengujian untuk mengetahui ketahanan pada campuran aspal dengan metode analisis menggunakan mesin Los Angeles. Mesin Los Angeles bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes keausan (abrasi) pada benda uji. Pada pengujian Cantabro ini digunakan untuk mengetahui daya ikat dari bitumen terhadap pelepasan butir pada campuran beraspal dengan mesin Los Angeles tanpa menggunakan bola baja pada saat benda uji dimasukkan ke dalam mesin tersebut. Dengan pengujian ini bermaksud untuk mensimulasi abrasi lalu lintas yang akan terjadi di lapangan serta penurunan yang terjadi pada nilai aspal. Pada saat pengujian putaran mesin Los Angeles minimal 300 putaran dengan kecepatan antara 30-33 rpm. Adapun rekomendasi batas kehilangan abrasi adalah 20%.



Gambar II. 6 *los Angeles*

$$\text{Nilai Keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (\text{II.6})$$

dimana:

A = Berat Benda Uji Semula (gram)

B = Berat Benda Uji Setelah Pengujian (gram).

II.8. Penelitian Terdahulu

Handrian Wijaya (2020) telah meneliti "Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superlasticizer Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton". Tujuan penelitian ini untuk Mengetahui pengaruh penambahan Superplasticizer (Sika Viscocrete – 3115 N) bersamaan dengan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap nilai slump flow dan Mengetahui pengaruh penambahan Superplasticizer (Sika Viscocrete – 3115 N) bersamaan penggantian sebagian agregat halus dengan abu bonggol jagung terhadap kuat tarik belah beton. Hasil penelitian ini Penambahan superplasticizer sebesar 0,8% dari berat semen pada campuran beton mampu meningkatkan workability dari adukan beton tersebut, hal ini ditunjukkan dengan nilai slump rata-rata beton dengan abu bonggol jagung 0%

sebesar 710 mm. Penambahan abu bonggol jagung pada campuran beton memerlukan air yang cukup banyak untuk melakukan reaksi kimia, hal ini ditunjukkan dengan menurunnya pengujian nilai slump seiring dengan bertambahnya jumlah persentase abu bonggol jagung yang dimasukkan. Hasil slump rata-rata dengan abu bonggol jagung 5% sebesar 595 mm, slump rata-rata dengan abu bonggol jagung 10% sebesar 575 mm, dan slump rata-rata. Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu bonggol yang dimasukkan pada campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tarik belah yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% sebesar 5,02 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% sebesar 3,94 MPa, nilai kuat tarik belah beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% sebesar 2,95 MPa dengan abu bonggol jagung 15% sebesar 555 mm, sedangkan nilai kuat tarik belah beton tanpa menggunakan abu bonggol dan penggunaan sika 0,8% adalah sebesar 4,60 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 5% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 5,02 MPa. Hal ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah beton sebesar 8,36% dari beton yang tidak menggunakan abu bonggol jagung. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 10% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 3,94 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 16,75% dari betonyang tidak menggunakan abu bonggol jagung. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata dari beton dengan abu bonggol jagung 15% dan sika 0,8% dari berat semen sebesar 2,95 MPa. Hal ini menunjukkan penurunan kuat tarik belah beton sebesar 55,93% dari betonyang tidak menggunakan abu bonggol jagung.

M. Aditya Nugraha, Daryati dan Anisah (2021) telah meneliti “Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Semem Pada Pembuatan Bata Ringan Jenis CLC”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan abu tongkol jagung sebagai aditif semen dalam produksi bata ringan CLC menurut SNI 03-2156-1991 tentang blok bata ringan aliran udara dengan proses autoklaf.

Hasil yang diperoleh untuk pengujian dimensi melebihi batas yang dipersyaratkan dalam SNI 03-2156-1991. Kuat tekan bata ringan diperoleh pada variasi 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% masing-masing 3,07 N / mm², 3,68 N / mm², 4,54 N / mm², 4,29 N / mm², dan 4 N / mm² dengan nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi 6% dan variasi non-passing pada variasi 0% dengan syarat minimum 3,6 N / mm². Kekuatan lentur bata ringan diperoleh pada variasi 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% masing-masing 0,27 N / mm², 0,63 N / mm², 0,81 N / mm², 0,65 N / mm², dan 0,76 N / mm dengan nilai kuat lentur optimum diperoleh pada variasi 6% dan variasi non-kualifikasi pada variasi 0% dan 4% dengan syarat minimum 0,65 N / mm².

Agusty Maulana Bramasta (2020) “Kinerja Marshall Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung” Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui pengaruh dari penambahan serat selulosa alami dari tongkol jagung pada campuran perkerasan Split Mastic Asphalt (SMA) terhadap kinerja Marshall dan Mengetahui kadar optimum serat selulosa alami yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja kekuatan dalam menahan beban lalu lintas. Berdasarkan hasil kinerja marshall yang didapatkan setelah dilakukan uji laboratorium untuk Campuran Split Mastic Asphalt dengan menggunakan serat tongkol jagung sebagai serat selulosa alami dengan gradasi varians 0,15%; 0,30%; 0,45%; 0,60%; dan 0,75% terhadap total berat campuran, didapatkan kesimpulan bahwa seiring dengan penambahan serat selulosa alami tongkol jagung dapat mempengaruhi karakteristik marshall yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, MQ, density. Hanya pada penambahan kadar serat selulosa 0,15% sampai dengan 0,45% nilai karakteristik marshallnya lolos spesifikasi Bina Marga. Pada kadar serat selulosa 0,6% nilai karakteristik VIM tidak lolos spesifikasi, dan pada kadar serat selulosa 0,75% tidak memenuhi spesifikasi untuk karakteristik VIM dan flow. Sehingga untuk kadar optimum kadar serat selulosa yang ditambahkan untuk campuran SMA dipilih kadar 0,15% sampai dengan 0,3%, karena pada range kadar tersebut terjadi peningkatan kinerja kekuatan

paling baik serta seluruh karakteristiknya lolos spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

Maria Prisila Hederanti Itu, Herman Parung dan Junus Mara (2021) telah meneliti “Study Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Semen Untuk Beton Normal” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran beton dengan penggunaan abu tongkol jagung dan pengaruh beton pada variasi 0%, 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu tongkol jagung tidak dapat meningkatkan karakteristik beton pada varietas di atas 4%.

Arjuna Sanda Sau'langi (2021) telah meneliti “Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi *Filler* Untuk Campuran AC-WC” penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui karakteristik *filler* dari abu bonggol jagung , Mengetahui karakteristik *marshall* pada campuran AC-WC yang menggunakan batu Sungai Sadang dan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi *filler*, dan Mengetahui pengaruh kadar abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi *filler* terhadap karakteristik campuran AC-WC yang menggunakan batu Sungai Sadang. Dari pengujian karakteristik filler abu bonggol jagung berupa pengujian berat jenis diperoleh nilai berat jenis abu bonggol jagung yaitu 1,929 yang masih. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tidak mencantumkan nilai batasan untuk berat jenis filler. Melalui uji marshall dapat diketahui bahwa campuran AC-WC dengan substitusi abu bonggol jagung dengan kadar abu bonggol jagung 0% hingga 60% masih memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sedangkan 80% dan 100% tidak memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan nilai stabilitas 1087.28 kg - 1472.31 kg, nilai flow 2.35 mm – 3.5 mm, nilai VIM 3.10 % - 4.22 %, nilai VMA 14.46 % - 15.78 %, dan nilai VFB 73.23 % - 78.55 %. Pengaruh bertambahnya kadar abu bonggol jagung dari 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFB karena semakin bertambahnya abu bonggol jagung akan mengakibatkan sulitnya partikel agregat saling mengikat dengan aspal karena dominannya abu bonggol jagung dalam

campuran karena kurangnya kemampuan abu bonggol jagung untuk mengikat agregat dibandingkan dengan semen oleh karena itu pada kadar abu bonggol jagung 80% dan 100% tidak memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu Dan Lokasi

Waktu penelitian dimulai pada awal Bulan Juni sampai dengan September 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

Berikut alat-alat yang digunakan, antara lain:

1. *Automatic asphalt compactor*
2. Ayakan dengan nomor saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, #4, #8, #200
3. Mesin penggetar ayakan (*Sieve Shaker*)
4. *Oven*
5. Timbangan (kapasitas 50 kg)
6. Alat uji berat jenis (picnometer, timbangan, pemanas)
7. Bak perendam
8. Ejektor
9. Panci pencampur
10. Kompor pemanas
11. Termometer
12. Sendok pengaduk
13. Kaos tangan
14. Spatula
15. Timbangan
16. Mesin pengujian *Marshall*
17. Mesin pengujian *Cantabro*

III.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Agregat Kasar
2. Agregat halus
3. *Filler* berupa abu batu dan abu tongkol jagung
4. Aspal minyak

III.3 Metode Pengumpulan Data

Pada metode pengumpulan data sebagai acuan terhadap penelitian ini menggunakan metode berikut ini:

1. Studi kepustakaan, guna memperoleh data sekunder, yaitu membaca buku-buku penelitian, artikel-artikel ilmiah sebagai landasan teori untuk kelengkapan penelitian ini.
2. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang digunakan untuk menganalisa hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada penelitian ini, menggunakan substitusi agregat baru dengan abu tongkol jagung sebagai pengganti *filler* yang selanjutnya akan dilakukan observasi untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall*. Penelitian yang dilakukan dilaboratorium, dengan mengacu pada:
 1. Standar Nasional Indonesia (SNI)
 2. Spesifikasi Bina Marga 2018

III.4 Pelaksanaan Penelitian

III.4.1. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Adapun pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan/ Studi literature Pada tahap persiapan ini dimulai dengan pengumpulan berupa data-data yang didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti serta data dari buku-buku dan jurnal-jurnal.

2. Tahap persiapan alat dan bahan Sebelum kegiatan penelitian dilaksanakan hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Dalam kegiatan ini meliputi: kegiatan survey lokasi untuk pengambilan bahan material yang akan digunakan, pengangkutan bahan penelitian dari lokasi pengambilan bahan ke laboratorium.
3. Tahap pengujian sifat bahan karakteristik Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan material yang akan digunakan untuk bahan campuran aspal berongga. Agar diketahui bahan material tersebut memenuhi standar spesifikasi yang gunakan yaitu SNI.

III.5. Pemeriksaan Sifat-Sifat fisik Bahan

III.5.1 Pengujian Material Agregat

Pengujian material agregat ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik yang dimiliki oleh agregat yang akan digunakan pada campuran benda uji. Material agregat yang memenuhi standar sifat fisik yang akan digunakan pada pembuatan material. Pada pengujian agregat ini akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel III.1.

Tabel III.1 Standar uji karakteristik agregat

| Agregat Kasar | | |
|--|-------------------|------------------------------|
| Pengujian | Standar Pengujian | Nilai Persyaratan |
| Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> | SNI 2417-2008 | Maks.30% |
| Partikel Pipih dan Lonjong | ASTM D4791 | Maks.10% |
| Material Lolos saringan No.200 | SNI 03-4149-1996 | Maks.1% |
| Berat Jenis | SNI 03-1959-1990 | Maks, 0,2 dari agregat halus |
| Penyerapan Air | SNI 03-1959-1990 | Maks. 3% |
| Agregat Halus | | |
| Kadar Bitumen Asbuton | SNI 03-3640-1994 | 25-30% |
| Lolos Ayakan 3/8' (9,5 mm) % | SNI 03-1968-1990 | 100% |
| Kadar Air | SNI 06-2490-1991 | Maks. 2% |

III.6 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi variasi campuran yang telah ditentukan.
- b. Panaskan agregat hingga mencapai suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$

- c. Setelah mencapai suhu tersebut, campurkan agregat dengan aspal minyak
- d. Campuran dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$, dengan tumbukan sebanyak 2×75
- e. Setelah dipadatkan, campuran aspal di keluarkan dari dalam cetakan *Marshall Compaction*.
- f. Kemudian, benda uji di letakkan dalam wadah yang telah disiapkan dan diamkan sampai dingin
- g. Setelah dingin, benda uji siap untuk dilakukan pengujian *Marshall* dan *Cantabro*.

Pengujian yang akan dilakukan yakni komposisi campuran lapisan aspal beton (AC-BC). Setelah pengujian bahan material dan memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. ketentuan yang akan digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada ketentuan campuran lapisan aspal beton (AC-BC) dapat dilihat pada Tabel III. 1.

Tabel III.2 Jumlah Benda Uji

| NO | Variasi abu tongkol jagung sebagai filler | Jumlah Benda uji (Buah) | |
|--------|---|-------------------------|--------------------|
| | | Pengujian Marshall | Pengujian Cantabro |
| 1. | 0% | 3 | 3 |
| 2. | 15% | 3 | 3 |
| 3. | 30% | 3 | 3 |
| 4. | 45% | 3 | 3 |
| Jumlah | | 12 | 12 |

Pada pengujian benda uji lapisan aspal beton (AC-BC) ini menggunakan metode Pengujian karakteristik *Marshall*. Metode pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada tabel III.3. pengujian yang dilakukan terhadap benda uji yang berupa briket aspal (AC-BC).

Tabel III.3 Metode pengujian Karateristik Marshall

| No. | Pengujian | Standar Pengujian | Nilai |
|-----|-----------|-------------------|--------|
| 1 | Marshall | SNI 06-2489-1991 | 800 Kg |
| 2 | Cantabro | SNI 03-2417-1991 | 20% |

III.7. Prosedur Pengujian Marshall

Adapun prosedur 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 – 40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).
5. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan (waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik).
6. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
7. Memasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
8. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
9. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
10. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai.
11. Mencatat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

III.8. Prosedur Pengujian Cantabro

Berikut merupakan prosedur pengujian Cantabro, antara lain:

1. Timbang dan catat benda uji
2. Pada pengujian ini, benda uji didiamkan dengan suhu ruang selama ± 24 jam.
3. Setelah itu, masukkan benda uji ke dalam alat pengujian abrasi mesin Los Angeles dengan putaran sebanyak 300 putaran tanpa menggunakan bola baja.
4. Kemudian timbang dan catat berat benda uji setelah pengujian.

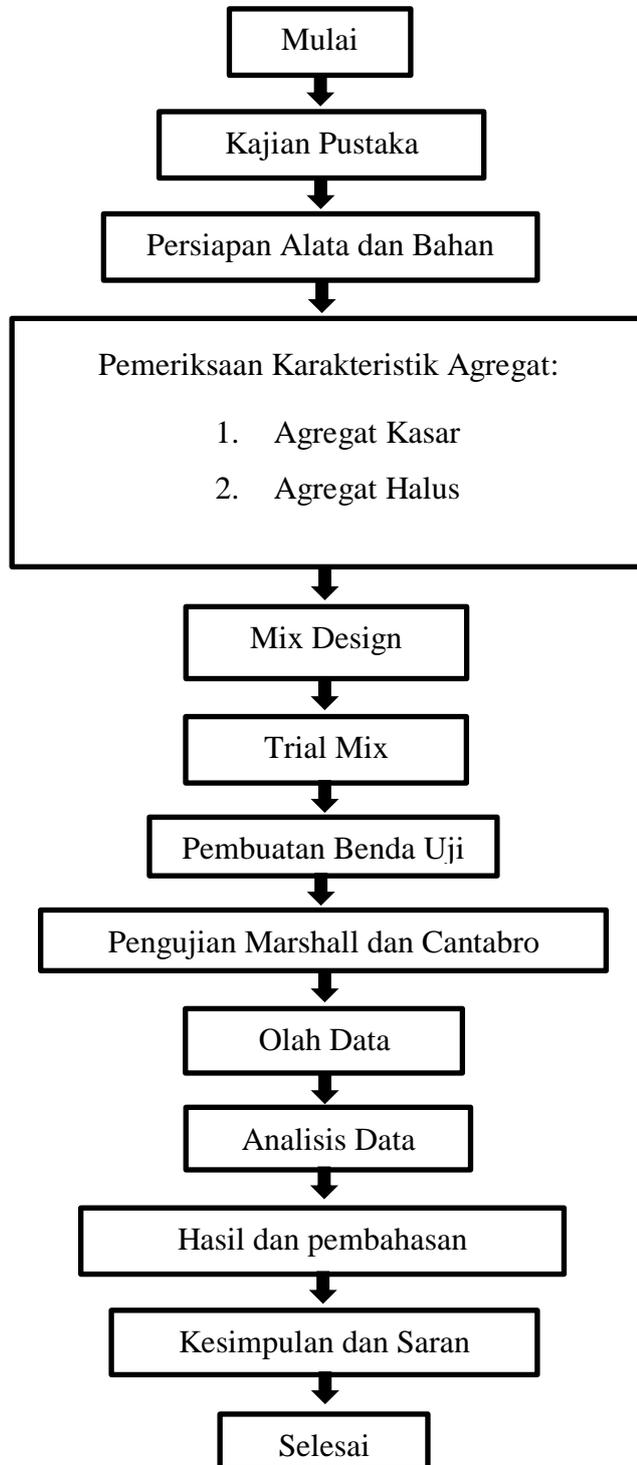
III.9. Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan aplikasi *Microcoft Excel*.

III.10. Analisis Data

Dalam Penelitian ini, data penelitian diperoleh dari hasil pengujian Marshall dan Cantabro lalu dianalisis menggunakan persamaan rumus Stability, MQ, VIM, VMA, dan VFB kemudian hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan gambar.

III.1 Bagan Alur Penelitian



Gambar III. 1 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material

IV.1.1 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 | 1,63% | Memenuhi (lampiran 1) |
| 2 | Berat Jenis Bulk | Maks.3 | 2,75 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 3 | Berat Jenis SSD | Mkas.3 | 2,80 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 4 | Berat Jenis Semu | Maks.3 | 2,88 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 5 | Keausan (%) | Maks.40 | 30,28% | Memenuhi (lampiran 3) |
| 6 | Indeks Kepipihan (%) | Maks.30 | 24,8 | 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. | Jenis Pengujian | Spesifikasi Bina Marga | Hasil Pengujian | Keterangan |
|-----|--------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | Penyerapan air (%) | Maks.3 | 1,22% | Memenuhi (lampiran 1) |
| 2 | Berat Jenis Bulk | Maks.3 | 2,58 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 3 | Berat Jenis SSD | Mkas.3 | 2,61 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 4 | Berat Jenis Semu | Maks.3 | 2,67 | Memenuhi (lampiran 1) |
| 5 | Kadar Lumpur (%) | Maks.5 | 1,5% | Memenuhi (lampiran 4) |

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

C. Sifat Fisik Filler

Adapun sifat fisik dari tongkol jagung sebagai berikut :

1. Komposisi kimia (Lachke, 2002).
 - a) Kadar air 13,9 %
 - b) Abu 1,17%
2. Komposisi serat (Saha, 2003).
 - a) Kadar air 9,4%
 - b) Abu 1,5%

Tabel IV.3 Sifat fisik filler

| No | Jenis Pemeriksaan | Metode | Hasil Penelitian | Spesifikasi | | Satuan | Keterangan |
|----|---------------------------------------|------------------|------------------|-------------|-----|--------|------------|
| | | | | Min | Max | | |
| 1 | Berat Jenis Filler Abu Tongkol Jagung | SNI 03-1969-1990 | 0.49 | - | - | % | Memenuhi |

Sumber : Arjuna Sanda Sau'langi/Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Filler Untuk Campuran AC-WC/2021

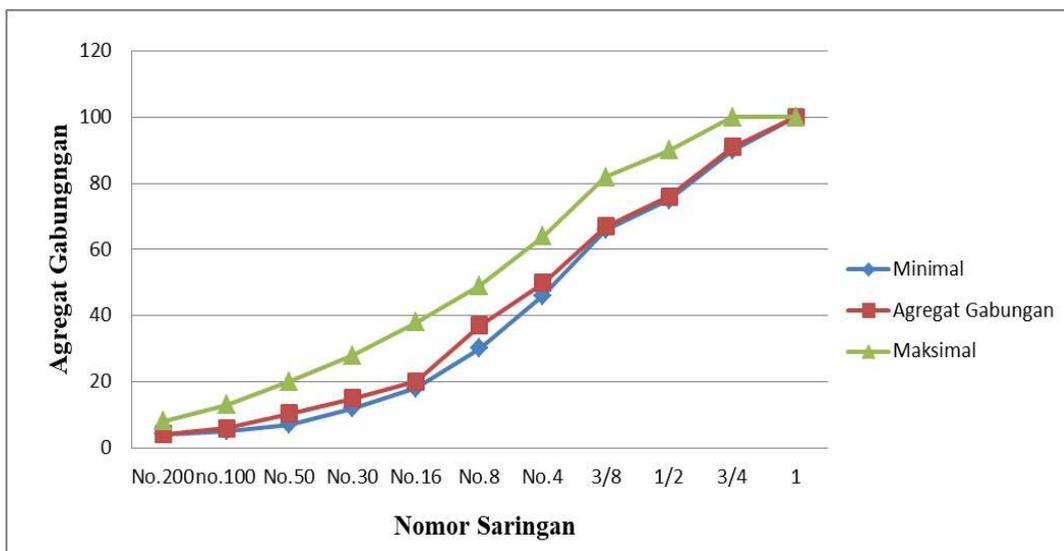
IV.2 Gradasi Gabungan Agregat

Penentuan gradasi gabungan agregat sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.

Tabel IV. 3 Gradasi Gabungan Agregat

| Tabel : <i>Analisa Gabungan Agregat</i> | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| SIEVE NOMOR | | 1 | 3/4 | 1/2 | 3/8 | No. 4 | No. 8 | N0.16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| BATU PECAH | % PASS | 100 | 88,67 | 70,00 | 58,67 | 37,33 | 21,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 80 | % BATCH | 80 | 70,936 | 56 | 46,936 | 29,864 | 17,064 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| PASIR | % PASS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100,00 | 100,00 | 75,00 | 52,00 | 29,50 | 20,50 |
| 15 | % BATCH | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 11,25 | 7,8 | 4,425 | 3,075 |
| DEBU BATU | % PASS | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100,00 | 100,00 | 73,00 | 50,50 | 28,00 | 19,00 |
| 5 | % BATCH | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3,65 | 2,525 | 1,4 | 0,95 |
| AGREGAT GABUNGAN | | 100 | 90,936 | 76,00 | 66,94 | 49,86 | 37,06 | 20,00 | 14,90 | 10,33 | 5,83 | 4,03 |
| SPESIFIKASI | | 100 | 90-100 | 75-90 | 66-82 | 46-64 | 30-49 | 18-38 | 12-28 | 7-20 | 5-13 | 4-8 |

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



Gambar IV. 1 Gradasi Agregat Gabungan

Pada Tabel IV.3 dan Gambar IV.1 menunjukkan bahwa pada gradasi gabungan agregat pada penelitian ini telah memenuhi nilai pada Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Gradasi gabungan agregat tersebut terdiri dari masing masing agregat kasar ; agregat halus (pasir dan filler). Penelitian ini akan menggunakan aspal minyak dengan penetrasi 60/70, dengan kadar aspal 5,5%.

IV.3 Pengujian Campuran Aspal

IV.3.1 Marshall Test

Pengujian marshall ini merupakan nilai hasil dari VIM, VMA, VFB, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* terhadap campuran aspal benda uji.

Tabel IV. 4 Pengujian Marshall

| Variasi Substitusi Filler Bata Merah (%) | No. Sampel | Kadar Aspal (%) | Hasil Pengujian Marshall | | | | | |
|--|------------|-----------------|--------------------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|
| | | | VIM (%) | VMA (%) | VFB (%) | Stabilitas (Kg) | Flow (mm) | MQ (Kg/mm) |
| 0 | 1 | 5,5 | 2,80 | 13,58 | 79,42 | 973,40 | 4,00 | 243,35 |
| | 2 | | 3,65 | 14,34 | 74,55 | 843,20 | 3,00 | 281,07 |
| | 3 | | 5,93 | 16,37 | 63,79 | 992,00 | 2,00 | 496,00 |
| Rata-rata | | | 4,12 | 14,76 | 72,59 | 936,20 | 3,00 | 340,14 |
| 15 | 1 | 5,5 | 3,32 | 14,05 | 76,36 | 899,00 | 2,00 | 449,50 |
| | 2 | | 5,07 | 15,61 | 67,51 | 1054,00 | 3,00 | 351,33 |
| | 3 | | 3,30 | 14,03 | 76,50 | 992,00 | 3,00 | 330,67 |
| Rata-rata | | | 3,90 | 14,56 | 73,46 | 981,67 | 2,67 | 377,17 |
| 30 | 1 | 5,5 | 3,42 | 14,14 | 75,81 | 1134,60 | 2,00 | 567,30 |
| | 2 | | 1,19 | 12,15 | 90,24 | 868,00 | 2,00 | 434,00 |
| | 3 | | 2,10 | 12,96 | 83,80 | 1054,00 | 3,20 | 329,38 |
| Rata-rata | | | 2,24 | 13,09 | 83,28 | 1018,87 | 2,40 | 443,56 |
| 45 | 1 | 5,5 | 1,66 | 12,57 | 86,79 | 1054,00 | 3,00 | 351,33 |
| | 2 | | 2,98 | 13,75 | 78,33 | 1240,00 | 2,00 | 620,00 |
| | 3 | | 1,65 | 12,57 | 86,86 | 1178,00 | 2,00 | 589,00 |
| Rata-rata | | | 2,10 | 12,96 | 83,99 | 1157,33 | 2,33 | 520,11 |

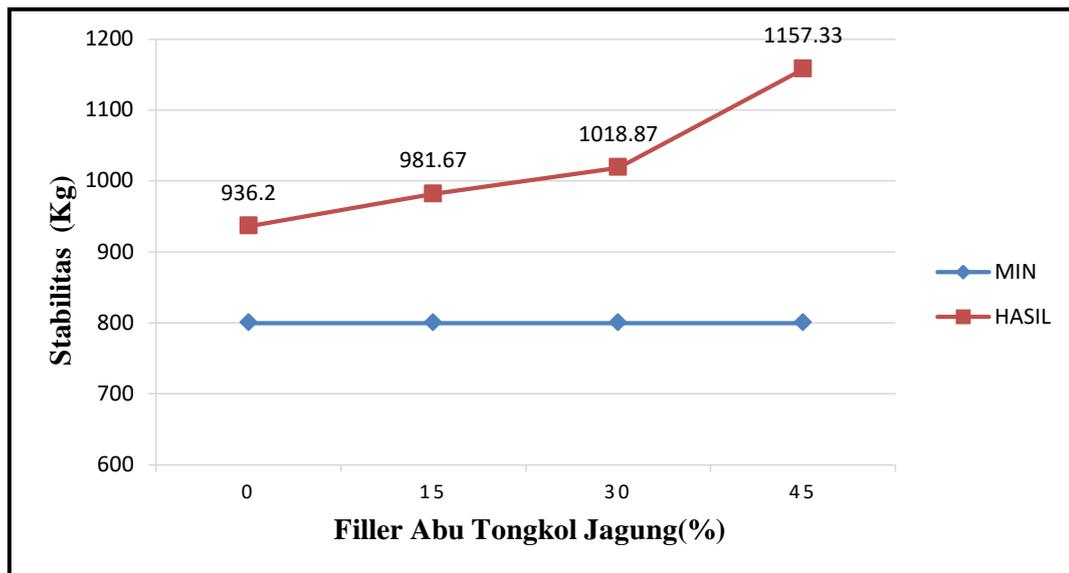
Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar Makassar



Gambar IV. 2 Pengujian Marshall

A. Stabilitas

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yang mengisyaratkan nilai minimal pada stabilitas adalah 800 kg. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar IV.3.

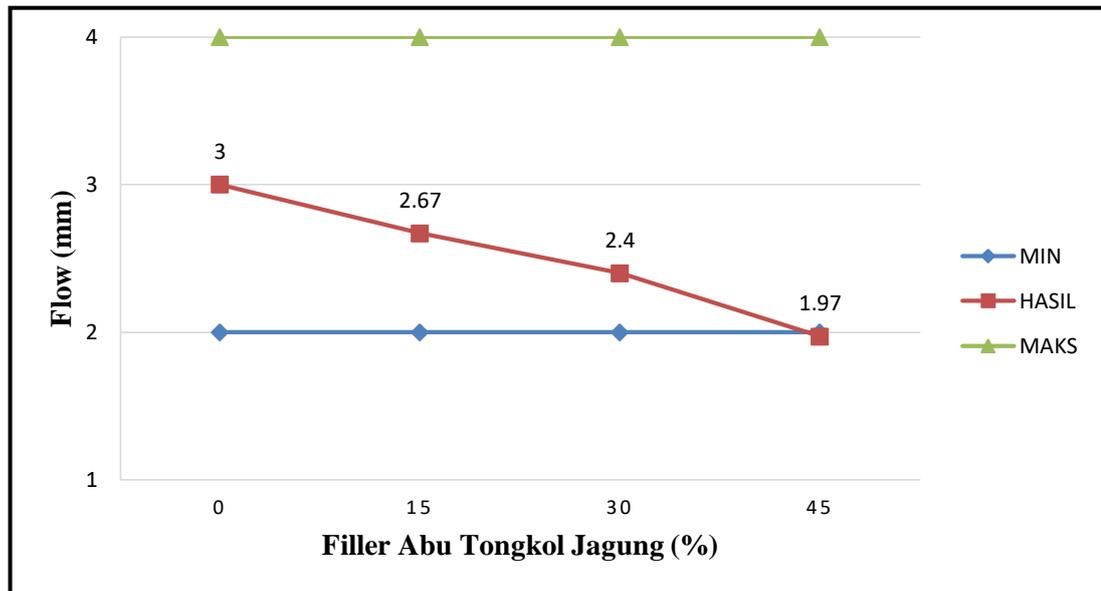


Gambar IV. 3 Hubungan Variasi Substitusi Filler Abu Tongkol Jagung Dengan Stabilitas.

Dapat dilihat Pada Gambar IV.3, menunjukkan bahwa pada variasi substitusi abu tongkol jagung 0%=936,20 Kg, 15%=981,67Kg, 30%=1018,87Kg, 45%=1157 Kg. Berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh dari hasil penelitian, variasi substitusi filler abu tongkol jagung 0% ,25%,50%, dan 75% .Nilai stabilitas yang diperoleh memenuhi standar spesifikasi bina marga, sehingga material abu tongkol jagung dapat digunakan pada campuran lapis AC-BC.

B. Flow

Berdasarkan nilai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yang mensyaratkan untuk nilai kelelahan (flow) yaitu 2-4 mm. Dapat dilihat pada Gambar IV.4 dari hasil pengujian dan perhitungan.

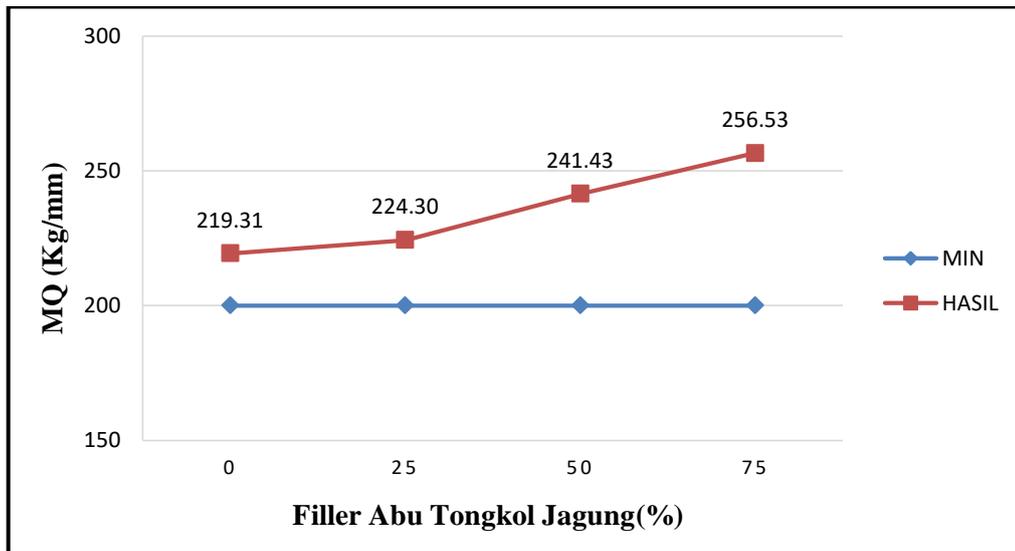


Gambar IV. 4 Hubungan variasi substitusi abu tongkol jagung dengan flow

Pada Gambar IV.4 hubungan antara variasi substitusi filler abu tongkol jagung (%) dengan flow. Variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk variasi 0% sebesar 3,00 mm, untuk variasi 15% sebesar 2,67 mm, untuk variasi 30% sebesar 2,40 mm, dan untuk variasi 45% sebesar 1,97 mm. Nilai flow yang memenuhi standar yaitu substitusi filler 0%, 15% dan 30% sehingga abu tongkol jagung dapat digunakan dalam campuran aspal AC-BC. Untuk substitusi filler 45% tidak memenuhi standar. Jadi semakin meningkatnya variasi substitusi filler maka, nilai flow semakin menurun.

C. Marshall Qoutient (MQ)

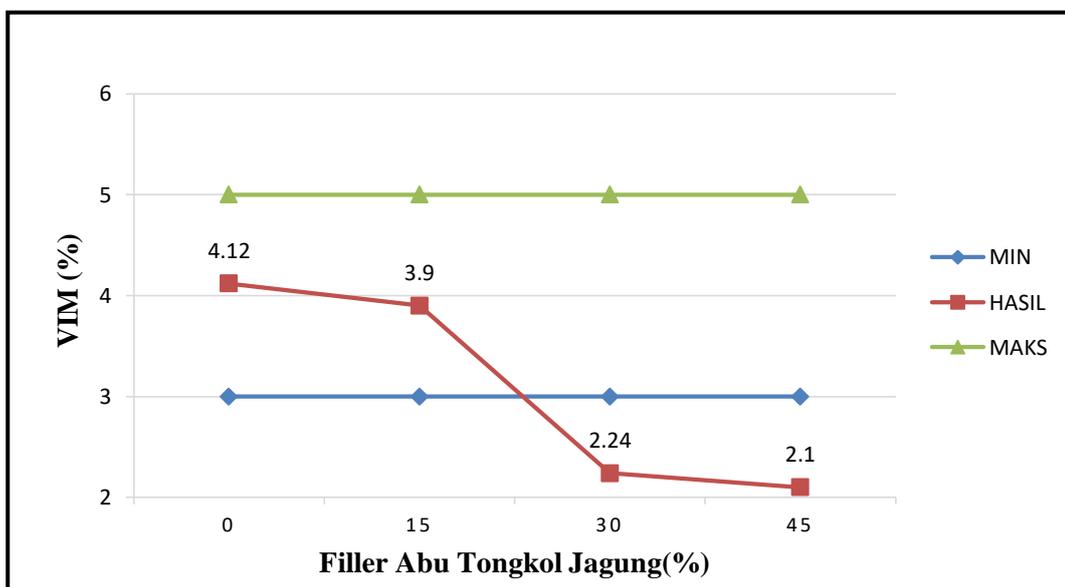
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka, nilai Marshall Qoutient (MQ) dapat dilihat pada Gambar IV.5 Terlihat pada gambar.IV.5 hubungan antara variasi substitusi filler abu tongkol jagung (%) dengan Marshall Quotient variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk variasi 0% sebesar 340,14kg, untuk variasi 15% sebesar 377.17 kg, untuk variasi 30% sebesar 443.56 kg, dan untuk variasi 45% sebesar 595,39 kg. Nilai Marshall Quotien yang di peroleh memenuhi standar untuk campuran aspal AC-BC. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi substitusi abu tongkol jagung maka nilai *Marshall Qoutient* semakin meningkat.



Gambar IV. 5 hubungan variasi substitusi filler abu tongkol jagung MQ (kg/mm)

D. Void In Mix (VIM)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 nilai rongga dalam campuran (VIM) diisyaratkan 3-5%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan nilai VIM dapat dilihat pada Gambar IV.6.



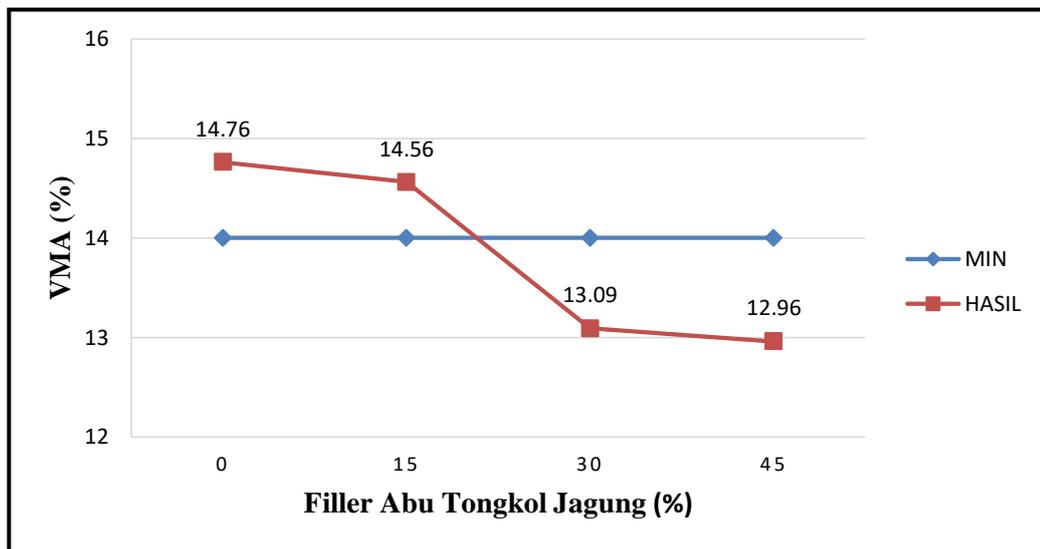
Gambar IV. 6 Hubungan variasi substitusi abu tongkol jagung VIM

Pada Gambar IV.6 Hubungan antara nilai variasi substitusi abu tongkol jagung (%) dengan VIM %. Nilai variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk 0% sebesar 4,12%, untuk variasi 15% sebesar 3,90%, untuk variasi 30% sebesar

2,24%, dan untuk variasi 45% sebesar 2,10%. Nilai VIM % yang diperoleh ada yang memenuhi dan tidak memenuhi standar spesifikasi, karena semakin bertambahnya bahan filler menyebabkan volume rongga dalam campuran semakin kecil.

E. Void In Mineral Agregate (VMA)

Dari penelitian yang dilakukan nilai rongga dalam dalam agregat (VMA) dapat dilihat pada Gambar IV.7. Pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 mengisyaratkan nilai VMA yaitu minimal 14%.

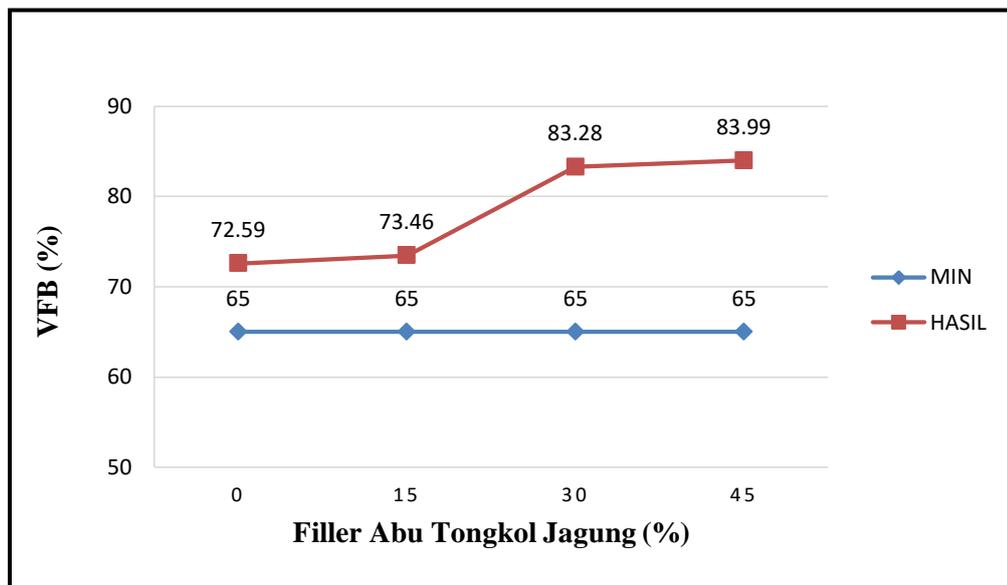


Gambar IV. 7 Hubungan variasi substitusi abu tongkol jagung VMA %

Hubungan antara nilai variasi substitusi abu tongkol jagung (%) dengan VMA %. Nilai variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk 0% sebesar 14,76%, untuk variasi 15% sebesar 14,56%, untuk variasi 30% sebesar 13,09%, dan untuk variasi 45% sebesar 12,96%. Nilai VMA% yang diperoleh ada yang memenuhi dan tidak memenuhi standar spesifikasi, karena seiring bertambah bahan filler menyebabkan rongga dalam campuran semakin sedikit.

F. Void Filler In Bitumen (VFB)

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 mengisyaratkan nilai VFB yaitu minimal 65%. Dapat dilihat hasil penelitian pada Gambar IV.8.



Gambar IV.8 Hubungan variasi substitusi filler abu tongkol jagung dengan VFB (%)

Pada Gambar IV.8 hubungan antara variasi substitusi filler abu tongkol jagung (%) dengan VFB. Variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk variasi 0% sebesar 72.59%, untuk variasi 15% sebesar 73.46%, untuk variasi 30% sebesar 83.28%, dan untuk variasi 45% sebesar 83,99%. Nilai VFB (%) yang diperoleh memenuhi standar spesifikasi, sehingga material filler abu tongkol jagung dapat digunakan pada campuran lapis AC-BC.

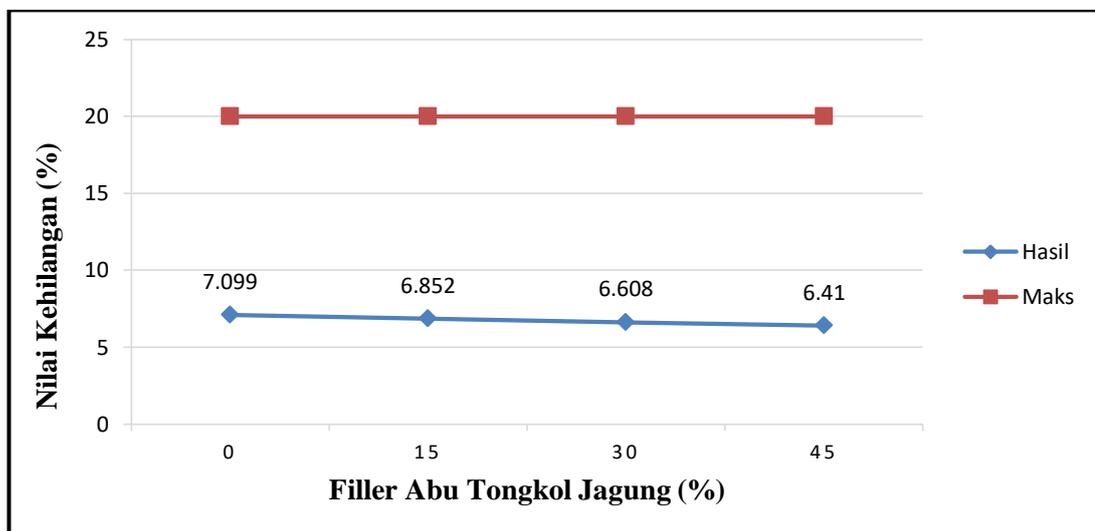
IV.3.2 Pengujian Cantabro

Dari hasil pengujian, berdasarkan spesifikasi yang telah disyaratkan oleh Bina Marga bahwa batas nilai kehilangan berat (cantabro) yang dapat terjadi dari campuran aspal AC-BC adalah tidak boleh lebih dari 20%. Pengujian Cantabro menunjukkan ketahanan suatu benda uji. Makin kecil kehilangan berat yang terjadi pada benda uji berarti makin tahan benda uji tersebut. Dapat dilihat pada Gambar IV.5.

Tabel IV. 5 Pengujian Cantabro

| Variasi Filler Abu Tongkol Jagung | No. Sample | Kadar Aspal | Berat Sebelum Pengujian (Mo) | Berat Setelah Pengujian (Mi) | Kehilangan Berat (Mo-Mi) | Rata-Rata Kehilangan Berat $\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100\%$ | Spesifikasi Bina Marga |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|------------------------|
| (%) | | (%) | (gr) | (gr) | (gr) | (%) | (%) |
| 0 | 1 | 5,5 | 1195 | 1108 | 87 | 7,280 | Maks.20 |
| | 2 | | 1177 | 1097 | 80 | 6,797 | |
| | 3 | | 1191 | 1105 | 86 | 7,221 | |
| Rata-Rata | | | 1188 | 1103 | 84 | 7,099 | |
| 15 | 1 | 5,5 | 1184 | 1067 | 117 | 9,882 | |
| | 2 | | 1196 | 1137 | 59 | 4,933 | |
| | 3 | | 1167 | 1100 | 67 | 5,741 | |
| Rata-Rata | | | 1182 | 1101 | 81 | 6,852 | |
| 30 | 1 | 5,5 | 1192 | 1130 | 62 | 5,201 | |
| | 2 | | 1200 | 1171 | 29 | 2,417 | |
| | 3 | | 1196 | 1050 | 146 | 12,207 | |
| Rata-Rata | | | 1196 | 1117 | 79 | 6,608 | |
| 45 | 1 | 5,5 | 1192 | 1070 | 122 | 10,235 | |
| | 2 | | 1202 | 1121 | 81 | 6,739 | |
| | 3 | | 1241 | 1213 | 28 | 2,256 | |
| Rata-Rata | | | 1212 | 1135 | 77 | 6,410 | |

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



Gambar IV. 9 Hubungan variasi substitusi filler abu tongkol jagung kehilangan berat (%)

Pada Gambar IV.9 hubungan antara variasi substitusi filler abu tongkol jagung (%) dengan kehilangan berat (%). Nilai variasi substitusi filler abu tongkol jagung untuk variasi 0% sebesar 7,099%, untuk variasi 15% sebesar

6,852%, untuk variasi 30% sebesar 6,608% dan untuk variasi 45% sebesar 6,410%. Nilai kehilangan berat yang diperoleh memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga material filler abu tongkol jagung dapat digunakan pada campuran lapis AC-BC.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan nilai karakteristik Marshall dan kehilangan berat pada Cantabro Test, yaitu:

1. Berdasarkan hasil pengujian Marshall maka diperoleh karakteristik Marshall pada benda uji yang menggunakan abu tongkol jagung sebagai pengganti filler yang sebagian besar telah memenuhi spesifikasi, dan sebagian tidak memenuhi Nilai stabilitas pada variasi abu tongkol jagung untuk 15% sebesar 981,67 kg (Memenuhi), 30% sebesar 1018,87 kg (Memenuhi), dan 45% sebesar 1157,33 kg (Memenuhi). Nilai flow pada variasi abu tongkol jagung 15% sebesar 2,67 mm (Memenuhi) dan 30% sebesar 2,40mm (Memenuhi), dan 45% sebesar 2,33 mm (Tidak Memenuhi). Nilai Marshall Quotient (MQ) pada variasi abu tongkol jagung 15% sebesar 377,17 Kg/mm (memenuhi), 30% sebesar 443,56 Kg/mm (Memenuhi), dan 45% sebesar 520,11 Kg/mm (Memenuhi). Nilai VIM pada variasi abu tongkol jagung 15% sebesar 3,90 % (Memenuhi) ,30% sebesar 2,24 % (Tidak memenuhi) dan 45% sebesar 2,10 % (Tidak Memenuhi). Nilai VMA pada variasi abu tongkol jagung 15% sebesar 14,56 % (Memenuhi), 30% sebesar 13,09 % (Tidak Memenuhi) dan 45% sebesar 2,10 % (Tidak Memenuhi). Nilai VFB pada variasi abu tongkol jagung 15% sebesar 73,46 % (Memenuhi) , 30% sebesar 83,28 % (Memenuhi) dan 45% sebesar 83,99 % (Memenuhi).
2. Hasil pengujian Cantabro pada benda uji gradasi Bina Marga dengan hasil rata-rata 6,74 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketahanan pada benda uji semakin besar.

V.2 Saran

1. Perlu di lakukan penelitian dengan spesifikasi yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan kadar aspal yang berbeda
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jenis aspal yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Bakarbessy, D., & Pattireuw, Y. Y. (2019). Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aapal Beton (LASTON). *Jurnal PORTAL SIPIL*, 8(1), hlm 72-85.
- Itu, M. P. H., Parung, H., & Mara, J. (2021). Study Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Semen Untuk Beton Normal. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), hlm 558-569.
- Lee, S. J., Rust, J. P., Hamouda, H., Kim, Y. R., & Borden, R. H. (2005). Fatigue cracking resistance of fiber-reinforced asphalt concrete. *Textile Research Journal*, 75(2), hlm 123-128.
- Miftah, A., & Supriyadi, S. (2010). Perubahan Masyarakat Pasca Penggunaan Alat Berat Pada Pertambangan Pasir Di Desa Keningar. *Journal of Development and Social Change*, 3(2), hlm 3-17
- Maulana Bramasta, A. G. U. S. T. Y. *Kinerja Marshall pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Menggunakan Serat Selulosa Alami Tongkol Jagung* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Jember).
- Nasution, M. A., Wilda, K., & Sitanggang, E. S. Y. (2021). Tinjauan Kuat Tekan dan Lentur Dari Campuran Beton Yang Menggunakan Abu Bonggol Jagung Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Halus. *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP)*, 2(1), hlm 330-340.
- Nugraha, M. A., Daryati, D., & Anisah, A. (2021). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Semen Pada Pembuatan Bata Ringan Jenis CLC. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), hlm 37-43.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova.
- Sau'langi, A. S., & Tanje, H. W. (2021). Pemanfaatan Abu Limbah Bonggol Jagung Sebagai Bahan Substitusi Filler Untuk Campuran AC-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), hlm 587-594.

Sukirman, S. 2003. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional* (pp. hlm 1–167).

Wijaya, H. (2020). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton (*Studi Penelitian*) (Doctoral dissertation).



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran I : Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 2500 gr
Agregat Kasar : 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, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium


Dr. Firdausy MT

KORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 2 : Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Halus
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 500 gr
Agregat Halus : 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) | $\frac{B + 500 - C}{500}$ | 2,55 | 2,61 | 2,58 |
| Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan) | $\frac{B + 500 - C}{500}$ | 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, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium


Dr. Fadawaty S.T., MT

KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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 : Kurniawan Barana' Pongsinaran

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 5000 gr

Agregat Kasar : Cipping

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

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. E. Hawari, MT

KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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 : Kurniawan Barana' Pongsinaran

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

Agregat Kasar : Chipping

| Nomor | Gradasi Saringan | Ukuran | | Berat Lolos Slot (Gram) | Berat Tertahan Slot (Gram) | Total Berat (Gram) |
|---|------------------|-----------------|--------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|
| | | Thickness Gauge | | | | |
| | | Lebar (mm) | Panjang (mm) | A | B | C |
| 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 = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100\%$ | | | | 248 / 1000 x 100% = 24,8% | | |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST, MT

KOORDINATOR LABORATORIUM
JALAN RAYA & ASPAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL



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 : Kurniawan Barana' Pongsinaran
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1000 gr
Agregat Halus : 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, Juni 2022

Mengetahui

Koordinator Laboratorium

Dr. Hidayatullah, S.T., M.T.

KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 6 : Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Kasar
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1500 gr
Agregat Kasar : Cipping

| No. Saringan | Berat Tertahan (gram) | Kumulatif Tertahan (gram) | Persen Total Tertahan (%) | Persen Lolos (%) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4" | 170,00 | 170,00 | 11,33 | 88,67 |
| 1/2" | 280,00 | 450,00 | 30,00 | 70,00 |
| 3/8" | 170,00 | 620,00 | 41,33 | 58,67 |
| 4 | 320,00 | 940,00 | 62,67 | 37,33 |
| 8 | 240,00 | 1180,00 | 78,67 | 21,33 |
| 16 | 320,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |
| 30 | 0,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |
| 50 | 0,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |
| 100 | 0,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |
| 200 | 0,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |
| PAN | 0,00 | 1500,00 | 100,00 | 0,00 |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium


UNIFA
Dr. Hedyawaty, S.T., MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 7 : Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1000 gr
Agregat Halus : Pasir

| No. Saringan | Berat Tertahan (gram) | Kumulatif Tertahan (gram) | Persen Total Tertahan (%) | Persen Lolos (%) |
|--------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 30 | 245,00 | 245,00 | 24,50 | 75,50 |
| 50 | 235,00 | 480,00 | 48,00 | 52,00 |
| 100 | 225,00 | 705,00 | 70,50 | 29,50 |
| 200 | 90,00 | 795,00 | 79,50 | 20,50 |
| PAN | 205,00 | 1000,00 | 100,00 | 0,00 |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium


Dr. Hidayat, S.T., MT
KORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 8 : Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat Halus
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran
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 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8" | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 30 | 245,00 | 245,00 | 24,50 | 75,50 |
| 50 | 235,00 | 480,00 | 48,00 | 52,00 |
| 100 | 225,00 | 705,00 | 70,50 | 29,50 |
| 200 | 90,00 | 795,00 | 79,50 | 20,50 |
| PAN | 205,00 | 1000,00 | 100,00 | 0,00 |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

UNIFA
Dr. Erlawaty S., M.T.
KORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



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 : Kurniawan Barana' Pongsinaran

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Aspal : 5,5%

| Material Chipping | = | (| 100% | - | 5,5% |) | x | 80% | x | | |
|-------------------|---|---|--------|---|--------|---|---|-------|---|--------|------|
| 1 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| 3/4 | = | (| 100% | - | 88,67% |) | x | 907,2 | = | 102,79 | gram |
| 1/2 | = | (| 88,67% | - | 70,00% |) | x | 907,2 | = | 169,37 | gram |
| 3/8 | = | (| 70,00% | - | 58,67% |) | x | 907,2 | = | 102,79 | gram |
| no. 4 | = | (| 58,67% | - | 37,33% |) | x | 907,2 | = | 193,60 | gram |
| no. 8 | = | (| 37,33% | - | 21,33% |) | x | 907,2 | = | 145,15 | gram |
| no. 16 | = | (| 21,33% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 193,51 | gram |
| no. 30 | = | (| 0,00% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| no. 50 | = | (| 0,00% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| no. 100 | = | (| 0,00% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| no. 200 | = | (| 0,00% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| PAN | = | (| 0,00% | - | 0,00% |) | x | 907,2 | = | 0,00 | gram |
| Material pasir | = | (| 100% | - | 5,5% |) | x | 15% | x | | |
| 1 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| 3/4 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| 1/2 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| 3/8 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| no. 4 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| no. 8 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| no. 16 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 170,1 | = | 0,00 | gram |
| no. 30 | = | (| 100% | - | 75,50% |) | x | 170,1 | = | 41,67 | gram |
| no. 50 | = | (| 75,50% | - | 52,00% |) | x | 170,1 | = | 39,97 | gram |
| no. 100 | = | (| 52,00% | - | 29,50% |) | x | 170,1 | = | 38,27 | gram |
| no. 200 | = | (| 29,50% | - | 20,50% |) | x | 170,1 | = | 15,31 | gram |
| PAN | = | (| 20,50% | - | 0,00% |) | x | 170,1 | = | 34,87 | gram |
| Material abu batu | = | (| 100% | - | 5,5% |) | x | 5% | x | | |
| 1 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| 3/4 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| 1/2 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| 3/8 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| no. 4 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| no. 8 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| no. 16 | = | (| 100% | - | 100% |) | x | 56,7 | = | 0,00 | gram |
| no. 30 | = | (| 100% | - | 73,00% |) | x | 56,7 | = | 15,31 | gram |
| no. 50 | = | (| 73,00% | - | 50,50% |) | x | 56,7 | = | 12,76 | gram |
| no. 100 | = | (| 50,50% | - | 28,00% |) | x | 56,7 | = | 12,76 | gram |
| no. 200 | = | (| 28,00% | - | 19,00% |) | x | 56,7 | = | 5,10 | gram |
| PAN | = | (| 19,00% | - | 0,00% |) | x | 56,7 | = | 10,77 | gram |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui
Kordinator Laboratorium


Dr. Erdawati, S1, MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 10 : Analisis nilai Variasi filler fly ash

Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

| Variasi Filler | Abu Batu (100%) | Abu Tongkol Jagung (gr) | Abu Batu (gr) |
|----------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| 0% | 56,7 | 0 | 56,7 |
| 15% | 56,7 | 8,10 | 48,60 |
| 30% | 56,7 | 17,10 | 39,50 |
| 45% | 56,7 | 26,00 | 30,70 |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui
Kordinator Laboratorium

Dr. E. Kurniawan, ST, MT
KORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

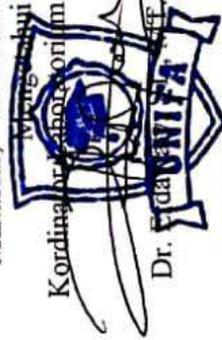
Lampiran 11 Analisis Data Pengujian Marshall Test

Dikerjakan : Kumiawan Barana' Pongsinaran

| Variasi Agregat | No Sample | Kadar Aspal terhadap | | Berat (Gram) | | Volume Benda Uji | Bj. Bulk Campuran | Bj. Maksimum Campuran (Gmm) | Unit Weight (Gmb) | Rongga Udara | Rongga Dalam Rongga Terisi | | Stabilitas - Kg | | | Kelelahan mm | Quotient Marshall | | | |
|-----------------|-----------|------------------------|----------|--------------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|-----------|-----------------|----------------|--------|--------------|-------------------|---------|--------|--------------------|
| | | A | B | Di udara (in air) | D | | | | | | E | F | G | H | I | | | J | K | L |
| | | Berat Campuran agregat | | K _p permukaan | | (in water) | | EFT. Aspal | | Rongga Aspal | | Aspal (%) | | Angka Korelasi | | | Angka Korelasi | | | Koreksi Stabilitas |
| 0% | 1 | 5,82 | 1164 | 604 | 1170 | 560 | 2,09 | 2,15 | 10,79 | 86,42 | 13,58 | 79,42 | 2,80 | 0,76 | 157,00 | 6,20 | 972,40 | 973,40 | 4,00 | 243,35 |
| | 2 | 5,50 | 1185 | 607 | 1197 | 578 | 2,07 | 2,15 | 10,69 | 85,66 | 14,34 | 74,55 | 3,65 | 0,76 | 136,00 | 6,20 | 843,20 | 843,20 | 3,00 | 281,07 |
| | 3 | 5,50 | 1185 | 594 | 1195 | 591 | 2,02 | 2,15 | 10,44 | 83,63 | 16,37 | 63,79 | 5,93 | 0,76 | 160,00 | 6,20 | 992,00 | 992,00 | 2,00 | 496,00 |
| 15% | Para-rata | 5,82 | 1178 | 601,6667 | 1187,3333 | 576,3333333 | 2,06 | 2,15 | 10,64 | 85,24 | 14,76 | 72,59 | 4,12 | 0,76 | 151,00 | 6,20 | 899,00 | 899,00 | 3,00 | 340,14 |
| | 1 | 5,50 | 1188 | 611 | 1199 | 577 | 2,08 | 2,15 | 10,73 | 85,95 | 14,05 | 76,36 | 3,32 | 0,76 | 145,00 | 6,20 | 899,00 | 899,00 | 2,00 | 495,50 |
| | 2 | 5,50 | 1201 | 607 | 1212 | 594 | 2,04 | 2,15 | 10,54 | 84,39 | 15,61 | 67,51 | 5,07 | 0,76 | 170,00 | 6,20 | 1054,00 | 1054,00 | 3,00 | 351,33 |
| 30% | 3 | 5,50 | 1182 | 609 | 1191 | 573 | 2,08 | 2,15 | 10,73 | 85,97 | 14,03 | 76,50 | 3,30 | 0,76 | 160,00 | 6,20 | 992,00 | 992,00 | 3,00 | 330,67 |
| | Para-rata | 5,82 | 1190,33 | 609 | 1200,667 | 581,3333333 | 2,07 | 2,15 | 10,67 | 85,44 | 14,56 | 73,46 | 3,90 | 0,76 | 158,33 | 6,20 | 981,67 | 981,67 | 2,67 | 377,17 |
| | 1 | 5,50 | 1196 | 616 | 1204 | 580 | 2,08 | 2,15 | 10,72 | 85,86 | 14,14 | 75,81 | 3,42 | 0,76 | 183,00 | 6,20 | 1134,60 | 1134,60 | 2,00 | 567,30 |
| 45% | 2 | 5,50 | 1184 | 619 | 1200 | 565 | 2,12 | 2,15 | 10,97 | 87,85 | 12,15 | 90,24 | 1,19 | 0,76 | 140,00 | 6,20 | 868,00 | 868,00 | 2,00 | 434,00 |
| | 3 | 5,50 | 1180 | 614 | 1191 | 566 | 2,10 | 2,15 | 10,86 | 87,04 | 12,96 | 83,80 | 2,10 | 0,76 | 170,00 | 6,20 | 1054,00 | 1054,00 | 3,00 | 329,38 |
| | Para-rata | 5,82 | 1186,67 | 616,3333 | 1198,3333 | 570,3333333 | 2,10 | 2,15 | 10,84 | 86,91 | 13,09 | 83,28 | 2,24 | 0,76 | 164,33 | 6,20 | 1054,00 | 1054,00 | 2,40 | 443,56 |
| 55% | 1 | 5,50 | 1185 | 622 | 1190 | 563 | 2,11 | 2,15 | 10,91 | 87,43 | 12,57 | 86,79 | 1,66 | 0,76 | 170,00 | 6,20 | 1054,00 | 1054,00 | 2,20 | 479,09 |
| | 2 | 5,50 | 1195 | 621 | 1197 | 574 | 2,09 | 2,15 | 10,77 | 86,25 | 13,75 | 78,33 | 2,98 | 0,76 | 200,00 | 6,20 | 1240,00 | 1240,00 | 1,90 | 652,63 |
| | 3 | 5,50 | 1184 | 622 | 1188 | 562 | 2,11 | 2,15 | 10,91 | 87,43 | 12,57 | 86,86 | 1,65 | 0,76 | 190,00 | 6,20 | 1178,00 | 1178,00 | 1,80 | 654,44 |
| Para-rata | 5,82 | 1188 | 621,6667 | 1191,667 | 566,3333333 | 2,10 | 2,15 | 10,87 | 87,04 | 12,96 | 83,99 | 2,10 | 0,76 | 182,00 | 6,20 | 1157,33 | 1157,33 | 1,97 | 595,39 | |

Makassar, Juni 2022

Kordina
Kordina Laboratorium



Dr. Fida

KORDIA LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Lampiran 12 Analisis Data Pengujian Cantabro

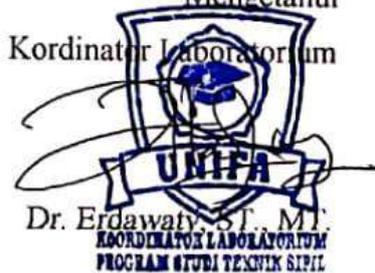
Dikerjakan : Kurniawan Barana' Pongsinaran

| Variasi Filler Abu Tongkol Jagung | No. Sample | Kadar Aspal | Berat Sebelum Pengujian (Mo) | Berat Setelah Pengujian (Mi) | Kehilangan Berat (Mo-Mi) | Rata-Rata Kehilangan Berat $\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100\%$ | Spesifikasi Bina Marga |
|-----------------------------------|------------|-------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|------------------------|
| (%) | | (%) | (gr) | (gr) | (gr) | (%) | (%) |
| 0 | 1 | 5,5 | 1195 | 1108 | 87 | 7,280 | Maks.20 |
| | 2 | | 1177 | 1097 | 80 | 6,797 | |
| | 3 | | 1191 | 1105 | 86 | 7,221 | |
| | Rata-Rata | | | 1188 | 1103 | 84 | |
| 15 | 1 | 5,5 | 1184 | 1067 | 117 | 9,882 | |
| | 2 | | 1196 | 1137 | 59 | 4,933 | |
| | 3 | | 1167 | 1100 | 67 | 5,741 | |
| | Rata-Rata | | | 1182 | 1101 | 81 | |
| 30 | 1 | 5,5 | 1192 | 1130 | 62 | 5,201 | |
| | 2 | | 1200 | 1171 | 29 | 2,417 | |
| | 3 | | 1196 | 1050 | 146 | 12,207 | |
| | Rata-Rata | | | 1196 | 1117 | 79 | |
| 45 | 1 | 5,5 | 1192 | 1070 | 122 | 10,235 | |
| | 2 | | 1202 | 1121 | 81 | 6,739 | |
| | 3 | | 1241 | 1213 | 28 | 2,256 | |
| | Rata-Rata | | | 1212 | 1135 | 77 | 6,410 |

Makassar, Juni 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium



UNIFA
Dr. Erdawaty, S.T., M.T.
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Lampiran 13 Dokumentasi Penelitian



Abu Tongkol Jagung



Pencucian Agregat



Penjemuran Agregat Kasar (Cipping)



Penjemuran Agregat Halus (pasir)



Proses Pembakaran Tongkol Jagung



Proses Penyaringan Agregat



Proses Mix Design Agregat



Pembuatan Benda Uji



Penimbangan Dalam Air



Perendaman Sampel Dalam Water Bath



Pengujian Marshal Test



Pengijian Cantabro



Sampel Yang Telah di Uji