

**PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI PADI SEBAGAI
SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL
MENGUNAKAN SPESIFIKASI BINA MARGA
AC-WC(Asphalt Concrete-Wearing Course)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar sarjana dari
Universitas fajar**

Oleh

RONALDI AGUNG SUSANTO SUMULE

1920121036



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

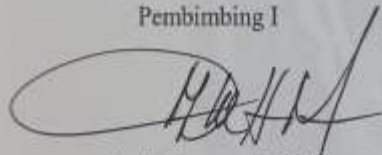
PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI PADI SEBAGAI SUBSTITUSI
FILLER PADA CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN SPESIFIKASI
BINA MARGA AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)

RONALDI AGUNG SUSANTO SUMULE

(1920121036)

Menyetujui
Tim Pembimbing
Makassar, Tanggal 11 mei 2024

Pembimbing I


Ir. Zulharnah, MT
NIDN.0031036407

Pembimbing II


Andi Ibrahim Yunus, ST, MT
NIDN.0931127886

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar


Prof. Dr. Ir. Ernati, ST, MT
NIDN.0006107701
DEKAN FAKULTAS
TEKNIK

Ketua Program Studi Teknik sipil
Universitas Fajar


Fatmawaty Rachim, ST, MT
NIDN.0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

**“PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI PADI SEBAGAI SUBSTITUSI
FILLER PADA CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN
SPESIFIKASI BINA MARGA (AC-WC Asphalt Concrete-Wearing
Course), adalah karya orisinal saya dan setiap seluruh sumber acuan telah
ditulis sesuai dengan panduan penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas
Teknik Universitas Fajar.**

Makassar, 11 Mei 2024

Yang Menyatakan



RONALDI AGUNG SUSANTO SUMULE

ABSTRAK

Pemanfaatan Limbah Jerami Padi Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Menggunakan Spesifikasi Bina Marga Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course). Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama itu diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan. Pembangunan jalan adalah proses pembukaan ruang lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. di dalam penelitian ini menggunakan kadar optimum 6,69% yang kemudian di lanjutkan dengan pengujian marshall dan cantabro. Tujuan pengujian marshall yaitu untuk memperoleh nilai VIM 0% dengan nilai 4,13%, 25% dengan nilai 4,41%, 50% dengan nilai 4,25%, 75% dengan nilai 4,69% pada nilai VFB 0% dengan nilai 75,46%, 25% dengan nilai 74,80%, 50% dengan nilai 79,30%, 75% dengan nilai 88,19% pada nilai VMA 0% dengan nilai 16,79%, 25% dengan nilai 17,03%, 50% dengan nilai 16,89%, 75% dengan nilai 17,27% pada nilai STABILITAS 0% dengan nilai 857,67 kg, 25% dengan nilai 894,87 kg, 50% dengan nilai 882,47 kg, 75% dengan nilai 911,40% pada nilai FLOW 0% dengan nilai 2,43mm, 25% dengan nilai 2,37mm, 50% dengan nilai 2,37mm, 75% dengan nilai 2,20mm, pada nilai MQ 0% dengan nilai 371,82kg/mm, 25% dengan nilai 389,37kg/mm, 50% dengan nilai 374,87kg/mm, 75% dengan nilai 414,59kg/mm. , yang dimana semua nilai pengujian marshall memenuhi spesifikasi dari Bina Marga dan layak digunakan berdasarkan hasil pengujian marshall. Dan untuk pengujian cantabro bertujuan untuk mengetahui nilai keausan yang dimana nilai spesifikasi Bina Marga yaitu maksimal nilai kehilangan 20% pada penelitian ini kehilangan pada variasi 25% sebesar 5,620% , 50% sebesar 7,901%, dan 75% sebesar 9,745% secara menyeluruh telah memenuhi spesifikasi nilai maksimalnya dan telah layak digunakan dari pengujian cantabro.

Kata Kunci: filler, pengujian marshall, pengujian cantabro

ABSTRACT

USE OF RICE STRAW WASTE IN FILLER SUBSTITUTION IN ASPHALT MIXTURES USING BINA MARGA AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) SPECIFICATIONS, Ronaldi Agung Susanto Sumule. Road pavement is a layer of pavement that is located between the subgrade layer and vehicle wheels which functions to provide services to facilities transportation and during that time it is hoped that no significant damage will occur. In order for road pavement to meet the expected quality, knowledge about the nature, procurement and processing of the materials that make up road pavement is very necessary. Road construction is the process of opening up traffic space that overcomes various geographic obstacles. In this research, an optimum grade of 6.69% was used, which was then continued with Marshall and Cantrabro testing. The aim of Marshall testing was to obtain a VIM value of 0% with a value of 4.13. %, 25% with a value of 4.41%, 50% with a value of 4.25%, 75% with a value of 4.69% at a VFB value of 0% with a value of 75.46%, 25% with a value of 74.80%, 50 % with a value of 79.30%, 75% with a value of 88.19% at a VMA value 0% with a value of 16.79%, 25% with a value of 17.03%, 50% with a value of 16.89%, 75% with a value 17.27% at a STABILITY value of 0% with a value of 857.67 kg, 25% with a value of 894.87 kg, 50% with a value of 882.47 kg, 75% with a value of 911.40% at a FLOW value of 0% with a value of 2.43mm, 25% with a value of 2.37mm, 50% with a value of 2.37mm, 75% with a value of 2.20mm, at MQ value 0% with a value of 371.82kg/mm, 25% with a value of 389.37kg/mm, 50% with a value of 374.87kg/mm, 75% with a value of 414.59kg/mm. , where all marshall test values meet Bina Marga's specifications and are suitable for use based on the marshall test results. And for the cantabro test, the aim is to determine the wear value, where the Bina Marga specification value is a maximum loss value of 20%. In this study, the loss in the 25% variation is 5.620%, 50% is 7.901%, and 75% is 9.745%. Overall, it meets the specifications. maximum value and is suitable for use from cantabro testing.

Keywords: filler, Marshall value, cantabro value

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami haturkan kepada Allah SWT atas kehadiran-Nya telah melimpahkan rahmad dan hidayah-Nya. Sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “PEMAANFATAN LIMBAH JERAMI PADI SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN SPESIFIKASI BINA MARGA” yang menjadi salah satu persyaratan menyelesaikan studi teknik sipil universitas fajar .

Ucapan terima kasih yang sebanyak-banyaknya saya sampaikan kepada semuapihak yang meberikan bimbingan beserta bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Olehnya pada kesempatan ini saya menyampaikan secara khusus terima kasih kepada :

1. Kepada kedua orang tua saya dengan ikhlas mendoakan, memberikan petunjuk, nasehat baik berupa materil atau non materil yang tidak bisa dinilai.
2. Rektor Universitas Fajar, Bapak Mulyadi Hamid, SE.,M.Si.
3. Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar, Ibu Prof. Dr. Ir. Erniati, ST.,MT.
4. Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar, Ibu Fatmawaty Rachim, ST.,MT.
5. Ibu Ir. Zulharnah, MT. Selaku pembimbing I dan Bapak Ibrahim Yunus, ST.,MT. Selaku pembimbing II. Terima kasih atas segala bantuan dan bimbingannya atas saran dan motivasi yang diberikan sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Sipil 2019

Dengan hal ini kritik dan saran yang tentunya sangat dibutuhkan ununtuk membantu membangun dan menyempurnakan Tugas Akhir ini demi bertambahnya ilmu bagi penyusun Tugas Akhir ini tentunya.

Demikianlah sepatah kata dari penulis, wassalamualaikum warahmatullahi
wabarakatu

Makassar 11 mei 2024
penyusun

Ronaldi Agung Susanto Sumule
1920121036

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DATAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Batasan Penelitian.....	3
I.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1 Perkerasan Jalan	5
II.1.1 Lapis Aspal Beton (LASTON).....	7
II.2 Aspal (<i>Bitumen</i>)	9
II.2.1 Campuran Aspal Panas.....	10
II.3 Campuran Aspal Berongga	18
II.4 Parameter Marshall Test.....	18
II.4 Pengujian Cantabro	21
II.5 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
III.1 Gambaran Umum Penelitian.....	25
III.2 Metode Penelitian	25
III.2.1 Metode Pengumpulan Data.....	25
III.2.2 Metode Perencanaan Campuran	25

III.2.3 Metode Marshall test	26
III.3 Persiapan Alat dan Bahan	26
III.3.1 Persiapan bahan	26
III.3.2 Persiapan alat	26
III.4 Pengujian Bahan	27
III.4.1 Pengujian Aspal.....	27
III.4.2 Pengujian Agregat.....	28
III.4.3 Perencanaan Campuran (Job Mix Formula)	28
III.5 Perencanaan penelitian	29
III.6 Pengujian Marshall dan Cantabro.....	30
III.7 Analisa Data	31
III.8 Bagan Alur Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
IV.1 Hasil Uji Sifat Fisik Agregat	33
IV.2 Sifat Fisik Agregat Kasar	33
IV.3 Sifat fisik Agregat Halus.....	33
IV.4 Pengujian Kadar Aspal Optimal	34
IV.4 Pengujian Marshall.....	34
IV.5 Gradasi Gabungan.....	42
IV.6 Pengujian Marshall.....	42
IV.7 Pengujian Cantabro	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
V.1 Kesimpulan	51
V.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52

DATAR TABEL

Tabel II .1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku	7
Tabel II. 2 sifat-sifat campuran ketentuan.....	8
Tabel II. 3 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal Laston	9
Tabel II. 4 Persyaratan Aspal keras Pen 60/70.....	12
Tabel II. 5 Batas Gradiasi Agregat Halus	15
Tabel II. 6 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar	16
Tabel II. 7 Spesifikasi Gradasi Campuran Beton Aspal AC- WC	17
Tabel III .1 Jenis Pengujian.....	29
Tabel III .2 Jumlah Sampel Pengujian.....	30
Tabel IV .1 Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar	33
Tabel IV. 2 Sifat – Sifat Fisik Agregat Halus.....	34
Tabel IV. 3Hasil Pengujian Marshall	35
Tabel IV .4 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum	41
Tabel IV .5 Gradasi Gabungan Agregat	42
Tabel IV .6 Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Filler Limbah Jerami padi.....	43
Tabel IV .7 Hasil Pengujian Cantabro Menggunakan Filler Limbah jerami padi.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Struktur perkerasan jalan lentur.....	6
Gambar IV. 1 Grafik Nilai VMA Terhadap Variasi Kadar Aspal.....	36
Gambar IV .2 Grafik Nilai VFB Terhadap Variasi Kadar Aspal	36
Gambar IV .3 Grafik Nilai Terhadap Kadar Aspal	37
Gambar IV .4 Grafik Hasil Pengujian Flow Terhadap Variasi Kadar Aspal	39
Gambar IV .5 Grafik Hasil MQ Terhadap Variasi Kadar Aspal	40
Gambar IV. 6 Kurva Grafik Gabungan Agregat	42
Gambar IV .7 Hasil VIM Terhadap Variasi Filler Limbah jerami padi.....	43
Gambar IV.8 Hasil VMA Terhadap Variasi Filler Limbah Jerami padi.....	44
Gambar IV. 9 Hasil VFB Terhadap Variasi Filler Limbah jerami padi	45
Gambar IV. 10 Hasil Stabilitas Terhadap Variasi Filler Jerami Padi.....	46
Gambar IV. 11 Hasil Flow Terhadap Variasi Filler Limbah Jerami Padi....	47
Gambar IV. 12 Hasil Marshall Question Terhadap Variasi Filler Jerami Padi	48
Gambar IV. 13 Variasi Limbah Jerami Padi Terhadap Cantabro.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Aspal sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan bahan-bahan lain, diantaranya harganya yang relative lebih murah dibanding beton, kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Perkerasan jalan pada umumnya merupakan bahan pengikat aspal dengan jenis gradasi rapat sehingga dapat menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama. Seiring berjalannya waktu maka permukaan jalan mengalami keausan atau kerusakan aspal yang mulai berubah baik dari fisik maupun dari kimianya sehingga bisa mempengaruhi untuk dapat memuai bersama perubahan temperature dan pergerakan kecil pada lapis pondasi.

Aspal atau asphaltic adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Kekuatan utama aspal ada pada keadaan butir agregat yang saling mengunci dan sedikit pada pasir/filler/bitumen sebagai mortar.

Secara umum bahan perkerasan campuran AC-BC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk maka semakin meningkatnya pembangunan jalan, sehingga semakin meningkat pula kebutuhan dasar untuk perkerasan. Salah satu yang bisa dimanfaatkan adalah abu bata merah.

Jerami padi merupakan salah satu limbah pertanian di Indonesia yang pemanfaatannya belum maksimal. Jerami adalah tanaman padi yang telah di ambil buahnya (gabahnya), sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian terbesar serta belum sepenuhnya di manfaatkan karena adanya factor teknis dan ekonomis.

Jalan raya terdiri dari beberapa lapisan, salah satunya adalah Laston lapis aus (AC-WC) yang merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan laston lapis pondasi (*Asphalt Concrete- Binder Course*). Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus *wearing course* dan diatas lapisan pondasi *base course*. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan, regangan akibat beban lalu lintas yang kemudian diteruskan ke lapisan paling bawahnya, yaitu base dan sub grade (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran aspal ini adalah stabilitas dimana Untuk memenuhi karakteristik tersebut maka diperlukan campuran yang tepat dan juga bahan pendukung/ pengisi (*filler*) yang memenuhi campuran aspal.

Pada zaman ini perkembangan teknologi bahan telah banyak mendorong penelitian untuk mencoba menggunakan material alternatif sebagai komponen untuk campuran beton aspal salah satunya adalah limbah cangkang kemiri sebagai bahan pengisi *filler* sebagai partikel halus. *Filler* adalah suatu material butiran kecil yang pengisi *filler* sebagai partikel halus yang lolos pada saringan No. 200 (0,075). *Filler* sebagai bahan pengisi yang baik tidak mempunyai kadar air dan bebas dari bahan lainnya yang dapat mempengaruhi kandungan *filler* pada proses pencampuran penghamparan dan pemadatan. *filler* sendiri berfungsi sebagai bahan pengisi rongga antara angregat kasar dan agregat halus yang di hamparkan sehingga dapat meningkatkan lebih rapat dan memperkecil rongga yang ada pada campuran.

Menurut Malik (2002) silika memiliki kerapatan 2,6 g/cm³ dan mempunyai stabilitas termal yang tinggi hingga suhu 1414oC, namun sifat lain silika yang dapat berikatan dengan air (hydrophilic) dan porositas yang cukup besar menjadikan silika memiliki daya serap air yang cukup tinggi (Sembiring dan Karo Karo, 2007).

Selain itu, silika sekam padi memiliki porositas yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengisi (*filler*). Silika dapat menjadi pengisi (*filler*) dalam bahan seperti karet alam, styrene butadiene dan aspal

Penelitian ini merupakan penelitian yang di lakukan secara eksperimen dan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai marshall dan cantabro dari substitusi *filler* menggunakan abu jerami padi. Dan untuk mengetahui pengaruh dan nilai stabilitas aspal tersebut, maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “**PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI PADI SEBAGAI SUBSTITUSI PADA CAMPURAN ASPAL MENGGUNAKAN SPESIFIKASI BINA MARGA AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)**”

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan yang akan dibahas yaitu :

1. Berapakah nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal menggunakan Limbah jerami padi sebagai pengganti filler pada campuran aspal?
2. Berapakah nilai cantabro pada campuran aspal menggunakan limbah jerami padi sebagai pengganti filler pada campuran aspal?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* pada campuran aspal menggunakan limbah jerami padi sebagai pengganti filler pada campuran aspal.
2. Untuk mengetahui nilai *cantabro* pada campuran aspal menggunakan limbah jerami padi sebagai pengganti filler pada campuran aspal.

I.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan-batasan masalah dari penelitian itu :

1. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium, tidak dilakukan dengan skala lapangan
2. Metode pengujian harus memerhatikan acuan spesifikasi Kementrian Umum Direktorat Jendral Bina Marga
3. Filler yang digunakan adalah Jerami Padi lolos saringan 200 atau tertahan PAN
4. Filler Jerami Padi dengan variasi campuran 25%; 50% dan 75%
5. Menggunakan kadar aspal sesuai dengan hasil KAO

I.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu memberikan wawasan yang lebih luas tentang campuran aspal menggunakan jerami padi sebagai bahan substitusi filler pada abu batu pada campuran aspal AC-WC yang ditinjau terhadap nilai marshall dan cantabro. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya. Apabila penelitian ini mendapatkan hasil yang positif, semoga dapat digunakan pada konstruksi jalan raya di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama itu diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003). Pembangunan jalan merupakan proses pembukaan ruang lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi, pembangunan jembatan dan terowongan, bahkan juga pengalihan tumbuh-tumbuhan (ini mungkin melibatkan penebasan hutan). Berbagai jenis mesin pembangunan jalan akan digunakan untuk proses ini, dalam proses pembuatan jalan itu disebut dengan perkerasan jalan.

Menurut suprpto (2000), tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu dilakukan lapisan tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang terpilih (yang lebih baik), yang selanjutnya di sebut lapisan perkerasan.

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas yang terjadi. Agregat yang biasanya dipakai dalam perkerasan jalan adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain semen, aspal dan tanah liat.

Sukirman (2010) mengungkapkan konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikatnya dibedakan atas:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri dari 5 lapisan yaitu lapisan permukaan, lapis pengikat lapisan pondasi atas, lapisan

pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Setiap lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Bagian-bagian dari lapisan perkerasan jalan dapat dilihat pada gambar II.1.



Gambar II. 1 Struktur perkerasan jalan lentur

Untuk konstruksi perkerasan lentur sendiri terdiri atas :

- 1) Lapis permukaan (*wearing course*), berfungsi sebagai :
 - a. Lapisan yang memberikan suatu permukaan yang rata dan tidak licin,
 - b. Lapisan yang mendukung dan menyebabkan beban vertikal atau horizontal atau gaya geser dari tekanan kendaraan,
 - c. Lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan,
 - d. Sebagai lapis aus
- 2) Lapis pondasi atas (*base course*), berfungsi sebagai :
 - a. Lapis pendukung lapis permukaan,
 - b. Pemikul beban vertikal dan horizontal,
 - c. Lapisan peresapan bagi lapis pondasi bawah.
- 3) Lapis pondasi bawah (*sub base course*), berfungsi sebagai :
 - a. Lapisan yang menyebarkan beban roda,
 - b. Lapisan peresapan,
 - c. Lapisan pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi,
 - d. Lapisan pertama pada pembuatan struktur perkerasan.

- 4) Tanah dasar (*sub grade*), tanah dasar merupakan tanah asli, permukaan tanah galian yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk peletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah, selanjutnya beban lalu lintas akan dipikul oleh pelat beton tersebut.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. Dapat dilihat pada table II.1, perbedaan perkerasan lentur dan kaku :

Tabel II .1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

No	Perbedaan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul Rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penggunaan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman, S., (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

II.1.1 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, kemudian dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan

filler yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetration grade aspal. Kekuatan yang didapat terutama berasal dari sifat mengunci (*interlocking*). agregat juga sedikit dari mortar pasir, filler, dan aspal. Pembuatan laston dimaksudkan untuk memberikan daya dukung dan memiliki sifat tahan terhadap tingkat keausan yang terjadi akibat beban lalu lintas yang terjadi, kemudian mempunyai nilai structural yang mempunyai nilai stabilitas yang tinggi Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan (lapis aus) merupakan lapisan paling atas yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC).
2. Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder* (AC-BC). Adalah Jenis beton aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah Laston atau dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concrete*), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran Pembuatan Laston AC (*Asphalt Concrete*) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, lapis aspal beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi.
3. Sebagai lapis pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan meliharaan jalan, dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Base* (AC Base).

sifat-sifat campuran Ketentuan beraspal dikeluarkan oleh Dinas Peremukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga dapat dilihat pada Tabel II.2 berikut ini.

Tabel II. 2 sifat-sifat campuran ketentuan

Sifat-sifat campuran		LASTON					
		AC-WC		AC-BC		AC-BASE	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar

Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang		75				112	
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	Maks.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60 C (%)	Min.	90					
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (%)	Min.	2,5					

Sumber Bina Marga 2010 Revisi I

Berdasarkan spesifikasi kementerian pekerja umum direktorat jendral bina marga, 2010 Revisi I, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada tabel II.3.

Tabel II. 3 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal Laston

Jenis campuran		Simbol	Tebal Nominal Maksimum (cm)
Lapis Aspal Beton	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-BASE	7,5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga

II.2 Aspal (Bitumen)

Aspal bitumen merupakan material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utamanya adalah bitumen. Bitumen adalah zat perekat

(*cementitious*) berwarna hitam atau gelap, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen mengandung senyawa hidrokarbon seperti aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batu bara, minyak bumi, atau mineral organik lainnya. Pitch didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) padat, berwarna hitam atau coklat tua, yang berbentuk cair jika dipanaskan. Pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Pitch dan tar tidak diperoleh dari alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut juga sebagai aspal.

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

II.2.1 Campuran Aspal Panas

Campuran aspal panas adalah suatu kombinasi pencampuran antara agregat bergradasi rapat yang berisi agregat kasar, halus, dan filler sebagai komposisi utama kemudian ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur lalu dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu sehingga membentuk suatu campuran yang bisa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan pada jalan.

perkerasan dengan menggunakan campuran aspal panas, Dalam pembuatan campuran aspal panas, terlebih dahulu agregat dan aspal yang digunakan dipanaskan. Fungsi dari pemanasan ini adalah agar memudahkan dalam pelaksanaan pencampuran. Sebagaimana kita ketahui, aspal dalam kondisi dingin memiliki sifat fisik yang relatif kaku, sehingga untuk mencairkan perlu dipanaskan terlebih dahulu pada suhu tertentu barulah dicampurkan dengan agregat.

Kemampuan campuran beraspal dalam memperoleh daya dukung ditentukan dari friksi dan kohesi bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beraspal tersebut.

Fraksi agregat diperoleh dari gaya gesek antara butiran dan gradasi kekuatan agregat itu sendiri. Jika suatu agregat memiliki sifat fisik yang kuat dan gradasi antar butir agregat semakin rapat, maka dengan sendirinya akan memiliki friksi yang baik. Sedangkan untuk kohesi sendiri diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh agregat dan aspal yang digunakan (Bina Marga, 2002). Bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat (agregat kasar dan agregat halus) filler, dan aspal. Berikut adalah bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan yang digunakan, yaitu:

1. Aspal

Aspal adalah suatu unsur dari minyak bumi paling kasar yang bukan hasil proses utama dalam distilasi minyak bumi. Tetapi merupakan residu dari minyak mentah. Residu minyak bumi ini memiliki komponen yang bervariasi mulai dari 1 persen hingga 58 persen berat. (Colbert , 1984). Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk umum). Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Aspal adalah material termoplastik yang bersifat lunak atau cair apabila temperaturnya bertambah. Adapun jenis aspal yang merupakan buatan hasil sulingan minyak bumi:

a. Aspal keras (*Asphalt Cemen*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras atau panas (*asphalt cement*, AC) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan Asphalt concrete. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100. Adapun jenis penetrasinya adalah sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
2. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
3. Aspal penetrasi rendah 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
4. Aspal penetrasi rendah 100/110, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

Umumnya aspal keras yang digunakan untuk Campuran Aspal Panas di Indonesia adalah Aspal Beton adalah aspal jenis penetrasi 60/70. Aspal jenis penetrasi 60/70 yang baik harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan Dirjen Bina Marga terdapat pada Aspal keras yang dipakai harus tidak mengandung air dan bila dipanaskan sampai dengan 175°C tidak mengeluarkan busa. Dapat dilihat pada tabel II.4 persyaratan dari aspal keras pen 60/70:

Tabel II. 4 Persyaratan Aspal keras Pen 60/70

Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Pen 60/70		Satuan
		Min.	Maks.	
Penetrasi 25°C, 5 detik	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 cm
Titik lembek (<i>ring balk</i>)	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
Titik nyala (<i>clew, oven cup</i>)	SNI 06-2433-1991	200	-	°C
Kehilangan berat 163°C, 5 cm jam	SNI 06-2440-1991	-	0,8	% berat

Dakulitas 25°C, 5 cm menit	SNI 06-2432-1991	100	-	Cm
Kelarutan (C;HC1;)	PA 0305-76	99	-	% berat
Penetrasi setelah kehilangan berat	SNI 06-2456-1991	54	-	% Semula
Dakulitas setelah kehilangan berat	SNI 06-2432-1991	50	-	Cm
Berat jenis 25°C	SNI 06-2441-1991	1	-	

Sumber : Manual Pemeriksaan Bahan Jalan, Dirjen Bina Marga

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Maka cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

2. Agregat

Agregat merupakan partikel utama dari lapisan perkerasan jalan dan merupakan partikel butiran mineral padat yang berbentuk kasar maupun berbentuk fragmen- fragmen. Berdasarkan persentase berat, 90-95% dari lapis perkerasan jalan mengandung agregat. Jika ditinjau dari persentase volume, 75- 85% dari lapis perkerasan mengandung agregat. Oleh sebab itu, daya dukung serta mutu suatu lapis perkerasan jalan sebagian besar ditentukan berdasarkan sifat agregat itu sendiri dan juga hasil campuran dengan material lainnya. Agregat terdiri dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas yang terjadi. Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah lagi dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga didapatkan ukuran sebagaimana dikehendaki dalam campuran aspal. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

- a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*). lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*). bentuk butir serta tekstur permukaan.
- b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
- c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*). serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus dan Batasan antara agregat halus dan agregat kasar yaitu 4.80 mm (*British Standard*). atau 4.76 mm (Standar ASTM), Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang ukuran butir nya lebih kecil dari 4.80 mm(4.75mm).

Menurut Bina Marga (2007), agregat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1) Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000, agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,00 mm. Persyaratan mutu berdasarkan ASTM C33- 86 dan berdasarkan SII 0052- 80 yang keduanya dicantumkan pada PBI 89 adalah sebagai berikut:

- a. Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0.074 mm) maksimum 5%.
- c. Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (NaSO_4) 3% jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding tidak lebih tua dari warna standar.

- d. Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir memberikan angka tidak lebih dari 2.20.
- e. kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan dipakai magnesium sulfat, maksimum 15%).

Berikut ini adalah tabel yang berisi ketentuan agregat halus :

Tabel II. 5 Batas Gradiasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Daerah gradiasi I : Pasir kasar

Daerah gradiasi II : Pasir agak kasar

Daerah gradiasi III : Pasir halus

Daerah gradiasi IV = Pasir agak halus

2) Agregat Kasar

agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Agregat dengan butiran - butiran tertinggal di atas ayakan dengan lubang 4,80mm. Agregat kasar dapat berupa batu kerikil (koral) yang sesuai dengan yang disyaratkan ataupun berupa batu pecah (split). Syarat-syarat agregat kasar berdasarkan Peraturan Beton Indonesia adalah sebagai berikut:

- Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (split) yang

diperoleh dari pecahan batu. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih dari 5mm.

- Agregat kasar tidak boleh berpori dan terdiri atas batuan keras. Agregat kasar yang mengandung butir- butir pipih dapat dipakai asalkan jumlahnya tidak melebihi dari 20% dari berat total agregat.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering dan tidak boleh mengandung zat- zat yang merusak beton. Yang dimaksud dengan lumpur adalah bagian- bagian yang melewati ayakan No.200. apabila kadar lumpur lebih dari 1% maka agregat tersebut harus dicuci.
- Kekerasan dari butiran- butiran agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dan Rudeloff dengan beban penguji 20 ton,
- Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil bidang- bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum dari tulangan- tulangan.

Penggunaan agregat kasar mempengaruhi kelecakan adukan beton. Jika agregat yang digunakan terlalu banyak, akan terjadi pemisahan karena pasta semen tidak cukup untuk butiran- butiran tersebut. Hal ini menyebabkan beton sulit dipadatkan mengakibatkan beton yang dihasilkan menjadi kropos. Oleh sebab itu diperlukan suatu pemakaian agregat yang optimal. Adapun spesifikasi gradasi agregat kasar yang sudah ditetapkan seperti terlihat pada tabel berikut ini:

Tabel II. 6 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

DIAMETER SARINGAN (MM)	PERSEN LOLOS (%)	GRADIASI IDEAL(%)
25,00	100	100
19,00	90-100	95
12,50	-	-
9,50	20-55	37,5
4,75	0-10	5
2,36	0-5	2,5

Sumber : ASTM C 33/ 03

Untuk mencapai suatu kualifikasi gradasi agregat yang baik, maka harus mengikuti syarat spesifikasi yang sudah ditentukan oleh bina marga. Dapat dilihat

pada tabel berikut adalah spesifikasi gradasi campuran aspal AC-WC yang sudah ditetapkan dan menjadi acuan penelitian.

Tabel II. 7 Spesifikasi Gradasi Campuran Beton Aspal AC- WC

Sifat-Sifat Campuran		Laston AC-WC	
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3
Penyerapan aspal(%)	Maks	1,2	
Jumlah tumbukan		2x75	
Rongga dalam campuran (VITM)(%)	Min	3,5	
	Maks	5,0	
Rongga dalam campuran (VMA)	Min	15	
Rongga terisi aspal (VFWA) (%)	Min	65	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	
	Maks	-	
Pelelehan (mm)	Min	13	
Marshall Quotient	Min	250	

Sumber Bina Marga 2010 Revisi 3

3. Filler

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Disamping itu, kadar dan jenis filler akan berpengaruh terhadap sifat elastisitas campuran dan sensitivitas campuran (Rahaditya, 2012). Menurut Hardiyatmo (2007), bahan pengisi *filler* yang merupakan material berbutir halus yang lolos saringan No. 200 (0,075mm), dapat terdiri dari debu batu, kapur padam, semen Portland, atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi ini mempunyai fungsi:

- 1) Sebagai pengisi antara partikel- partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek, serta penguncian antar butiran yang tinggi.

- 2) Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastic yang Bersama - sama dengan aspal mengikat partikel agregat, Dengan penambahan pengisi aspal menjadi lebih kental, dan campuran aspal akan bertambah kekuatannya.

Adapun ketentuan filler pada campuran aspal menurut Bina Marga 2010 revisi 1 adalah:

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
- 2) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.
- 3) Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat. Terlalu tinggi kandungan bahan pengisi akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mudah retak bila terkena beban lalu lintas, namun dilain pihak bila terlalu sedikit bahan pengisi akan menghasilkan campuran yang lembek pada cuaca panas.

II.3 Campuran Aspal Berongga

Aspal berongga adalah campuran aspal dengan agregat tertentu yang di desain setelah di padatkan mempunyai pori-pori udara berkisar 10% - 25%, Aspal berongga merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan keselamatan di jalan dan mengurangi kebisingan.

II.4 Parameter Marshall Test

Pengujian dengan metode dan alat Marshall pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall, Mississippi State Highway Departement pada tahun 1948 dan selanjutnya dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbf) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai

stabilitas dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Dengan pemeriksaan menggunakan alat Marshall diperoleh data-data stabilitas, kelelahan plastis (flow), persen rongga dalam agregat, berat volume. Untuk memastikan suatu campuran aspal panas sudah memenuhi persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga atau Departemen Pekerjaan Umum, maka perlu dilakukan test dengan alat Marshall. Parameter-parameter yang diperoleh dari Marshall Test antara lain:

1) Stabilitas (Stability).

Stabilitas adalah kelebihan lapisan kaku untuk menahan beban yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas tanpa deformasi permanen. Nilai stabilitas dipengaruhi bentuk, tekstur permukaan, kualitas dan kadar agregat termasuk kohesi, kohesi, gesekan antar partikel agregat (gesekan internal) dan fungsi Jumlah tanah aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas dari campuran. Nilai stabilitas akan meningkat dengan penambahan bitumen. Penambahan campuran aspal sampai batas maksimal akan menyebabkan nilai stabilitas menurun sehingga lapisan perkerasan menjadi keras dan getas.

$$\text{Stability} = O \times E' \times Q \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

Dimana :

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

2) Kelehan (Flow)

Flow adalah besarnya regangan vertikal benda uji yang terjadi sejak awal pembebanan hingga kondisi stabilisasi maksimum benda uji hancur (dalam mm). Pengukuran aliran bertepatan dengan pengukuran stabilitas Marshall. Laju aliran dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu kadar aspal dan viskositas aspal, suhu, kadar dan derajat pemadatan. Nilai rendemen yang tinggi menunjukkan bahwa campuran tersebut lebih elastis dan mampu berubah bentuk di bawah beban,

sedangkan nilai rendemen yang rendah menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki banyak rongga yang tidak terisi aspal, sehingga campuran tersebut cenderung retak.

3) Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ). adalah hasil bagi Marshall adalah nilai yang mewakili kekerasan campuran. Jika nilai yang dihasilkan adalah MQ, maka campuran tersebut tergolong keras dan mudah retak. Sebaliknya, jika nilai MQ terlalu rendah cenderung menjadi lebih fleksibel dan kurang stabil. Hasil bagi MQ diperoleh dengan membagi nilai stabilitas leleh.

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

Dimana:

Stabilitas : stabilitas marshall

Flow : kelelehan

4) Void In Mix (VIM)

Void In Mix (VIM). adalah total volume ruang udara terkandung di antara partikel agregat yang tertutup oleh campuran yang ada dan dinyatakan sebagai persentase volume vulkanisasi. Ruang dalam campuran atau rongga dalam campuran digunakan untuk menentukan jumlah rongga dalam campuran dalam persentase. Indeks VIM akan mempengaruhi durabilitas lapisan perkerasan.

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

Dimana :

- ✚ VIM = Volume roongga dalam campuran (%)
- ✚ Gmm = Berat jenis maksimum campuran (gram)
- ✚ Gmb = Berat jenis Bulk campuran (gram)

5) Void In Mineral Aggregate (VMA)

Void in mineral aggregate (VMA). adalah rongga udara yang terkandung di dalam agregat campuran yang dipadatkan. Ruang antara agregat mineral adalah volume rongga yang ada di antara partikel agregat campuran aspal padat,

termasuk rongga yang mengandung aspal efektif dan dinyatakan sebagai persentase dari total volume subjek esai. The Asphalt Institute merekomendasikan bahwa nilai VMA aspal padat dihitung relatif terhadap kerapatan kering total agregat (Gravitasi Spesifik Curah Agregat). Penggunaan agregat bergradasi dan kandungan aspal yang rendah dapat meningkatkan VMA.

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

Dimana :

- ✚ VMA: Volume Pori Antar Agregat dalam Campuran (%)
- ✚ G_{mb} : Berat Jenis Bulk Campuran (gram)
- ✚ P_s : Kadar Agregat (gram)
- ✚ G_{sb} : Berat Jenis Bulk Dari Agregat (gram)

6) Void Filler In Bitument (VFB)

VFB (Void Filler in Bitumen). adalah persentase rongga antar partikel agregat yang terisi bitumen, jadi VFB adalah bagian dari VMA yang berisi bitumen, kecuali bitumen diserap oleh partikel individu agregat. Kriteria VFB memfasilitasi perencanaan campuran dengan menyediakan VMA yang dapat diterima. Efek utama dari kriteria VFB adalah untuk membatasi kandungan maksimum VMA dan campuran aspal maksimum. VFB juga dapat membatasi kandungan rongga yang diijinkan dari suatu campuran yang memenuhi kriteria VMA.

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

Dengan :

- VFB : Volume Pori antar butir agregat (%)
- VMA : Volume pori antar agregat dalam campuran (%)
- VIM : Volume rongga dalam campuran (%)

II.4 Pengujian Cantabro

Cantabro adalah tes untuk menentukan kekuatan campuran aspal dengan analisis mesin Los Angeles. Pengujian Los Angeles dimaksudkan untuk menentukan kehilangan berat spesimen setelah uji abrasi dilakukan pada specimen.

Pada pengujian cantabro ini digunakan untuk mengetahui kekuatan ikatan dari bitumen dengan butiran-butiran pada campuran beraspal dengan mesin Los angeles tanpa menggunakan bola baja pada saat benda uji dimasukkan kedalam 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 15%. Dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Nilai keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Dimana :

A = Berat benda uji awal (gram)

B = Berat benda uji setelah pengujian (gram).

II.5 Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian Akbar dan Wesli (2012). penggunaan abu sekam padi sebagai filler dengan kadar lebih dari 3% yaitu 4%, dan 8% menghasilkan nilai parameter marshall dengan nilai density, stabilitas, flow dan marshall quotient meningkat lebih besar pada campuran menggunakan abu sekam padi terjadi kenaikan nilai density pada saat penambahan presentase filler, dan kenaikan stabilitas, flow dan marshall quotient secara merata terjadi pada campuran yang menggunakan abu sekam padi 6%. Selain itu pada penelitian dengan menggunakan kadar filler abu sekam padi 6,5%, 7%, dan 7,5% hasil yang diperoleh dari seluruh nilai karakteristik marshall yang tidak memenuhi spesifikasi hanya terjadi pada nilai volume rongga pada campuran (VIM). Nilai stabilitas mengalami peningkatan sampai kadar abu sekam padi 7% dan mengalami penurunan pada kadar 7,5% (Ridwan dan Nadia, 2017)

Parea R. Rangan, M. Tumpu, Yohans Sunarno dan Mansyur (2023). Dalam pengembangan infrastruktur di daerah terpencil akan menghadapi persoalan keterbatasan penggunaan bahan pengisi (filler) sebagai salah satu bahan bangunan yang tergolong langka. Dalam penelitian ini akan dimanfaatkan material abu jerami sebagai bahan pengisi dalam campuran AC-WC. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas dan kuat tarik tidak

langsung (tegangan) campuran AC-WC yang mengandung abu jerami padi sebagai bahan pengisi (filler). Penelitian ini berbentuk uji eksperimental di laboratorium. Kadar limbah abu jerami padi yang digunakan yaitu senilai 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30%, 20 dan 10% dari berat total agregat. Adapun kadar bitumen dalam campuran yaitu didapatkan dari proporsi agregat gabungan dan kadar bitumen yang digunakan berdasarkan dari berat total campuran, sesuai persyaratan ketentuan campuran laston lapis aus spesifikasi 2018 revisi 2. Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas dan kuat tarik tidak langsung (tegangan) campuran AC-WC yang mengandung abu jerami padi sebagai bahan pengisi (filler).

Putri Rahma Witri , Khadavi. Veronika Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan paling atas atau disebut lapisan aus pada perkerasan jalan yang kedap terhadap air, tahan terhadap cuaca, dan berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Material utama penyusun campuran AC-WC adalah agregat kasar, agregat halus dan filler. Dalam penelitian ini menggunakan abu sekam padi sebagai pengganti sebagian filler semen untuk campuran aspal panas AC-WC dengan kadar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Alasan mengapa abu sekam padi bisa digunakan sebagai filler dalam campuran aspal panas karena didalam abu sekam padi memiliki kandungan bersifat pozzolan yaitu mengandung silica (SiO_2) yang tinggi, sehingga diharapkan dapat menambah daya tahan lapis perkerasan aspal terhadap kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran aspal terhadap nilai parameter Marshall. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode pengujian Marshall sesuai dengan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 divisi 6 (Revisi 3). Berdasarkan hasil dari penelitian didapatkan Kadar Aspal Optimum sebesar 5,5% dan campuran AC-WC terbaik yang dapat digunakan dilapangan adalah campuran dengan variasi filler 75% abu sekam padi karena memiliki nilai stabilitas tertinggi dibandingkan dengan campuran lain. Dari hasil parameter marshall dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan kadar filler abu sekam padi seluruhnya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi

3 sehingga filler abu sekam padi ini dapat digunakan pada campuran aspal panas AC-WC.

Amiwarti, Herri Purwanto, M. Firdaus, Afriyadi (2024). Transportasi yang membutuhkan perkuatan dengan bahan pengisi (filler). Salah satu inovasinya digunakan filler dari abu sekam padi. Pada penelitian dengan metode eksperimental ini, digunakan limbah abu sekam padi dengan variasi 0%, 3%, 4,5% dan 5%. Dari hasil pengujian diketahui bahwa penambahan abu sekam padi sebagai filler pada campuran aspal AC-WC dapat meningkatkan nilai-nilai karakteristik Marshall Test. Hal ini ditunjukkan dengan nilai-nilai karakteristik Marshall Test campuran aspal AC-WC dengan penambahan abu sekam padi 3% yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II. Dimana dari hasil pengujian didapat nilai stabilitas 835,62 kg (spesifikasi min 800 kg), VIM 2,422% (spesifikasi min 2%), VMA 14,586% (spesifikasi min 13%), VFA 94,223% (spesifikasi min 65%), Flow 2,48 mm (spesifikasi min 2,0-4,0 mm), dan nilai MQ 416,267 kg/mm (spesifikasi min 250 kg/mm).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan jerami padi yang lolos saringan pada 200 sebagai *filler* campuran aspal. Penelitian ini juga menggunakan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas, flow (kelelehan) density (kerapatan), VIM, VMA, VFA dan Marshall quotient.

Lokasi penelitian pada laboratorium teknik sipil universitas fajar Makassar jl. Prof. abdurahman basamalah (*ex racing centre*) no. 101, karampuang, panakukang kota Makassar, Sulawesi selatan 90231, Indonesia. Waktu penelitian 12 januari 2023 sampai dengan 13 february 2023.

III.2 Metode Penelitian

III.2.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui pemeriksaan terhadap sifat- sifat fisik agregat kasar, agregat halus, *filler* (jerami padi) dan pengujian aspal. Pengujian ini meliputi pengujian gradasi saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat kelekatan agregat terhadap aspal dan keausan agregat dengan menggunakan mesin abrasi los angeles. Pengujian aspal meliputi pengujian berat jenis, penetrasi. Pengujian tersebut merujuk pada beberapa SNI dan Modul buku yang digunakan sebagai referensi.

III.2.2 Metode Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran pada campuran beraspal terdiri dari perencanaan komposisi agregat, kadar aspal optimum, variasi kadar campuran aspal, serta variasi kadar jerami padi sebagai pengganti filler. Agregat yang digunakan merupakan agregat yang sudah diuji dan memenuhi spesifikasi yang telah disesuaikan. Beberapa tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti persiapan dan pengujian bahan, mix design atau job mix formula, pembuatan benda uji dan pengujian aspal.

III.2.3 Metode Marshall test

Pengujian dengan metode dan alat Marshall pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall, Mississippi State Highway Departement pada tahun 1948 dan selanjutnya dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 kN (5000 lbf) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Dengan pemeriksaan menggunakan alat Marshall diperoleh data-data stabilitas, kelelahan plastis (flow), persen rongga dalam agregat, berat volume. Untuk memastikan suatu campuran aspal panas sudah memenuhi persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga atau Departemen Pekerjaan Umum, maka perlu dilakukan test dengan alat Marshall.

III.3 Persiapan Alat dan Bahan

III.3.1 Persiapan bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Agregat kasar.
- 2) Agregat halus.
- 3) Filler
- 4) Jerami padi
- 5) Aspal

III.3.2 Persiapan alat

Peralatan yang digunakan adalah :

- 1) Ayakan dengan nomor saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200
- 2) Timbangan (kapasitas 50 kg)
- 3) Gelas ukur
- 4) Tabung silinder
- 5) Kertas Hisap (Karton)
- 6) Mistar
- 7) Cetakan benda uji (mold)

- 8) Talam atau pan
- 9) Oven
- 10) piknometer
- 11) Mesin uji Marshall
- 12) Mesin uji Los Angeles
- 13) Satu set alat dongkrak
- 14) Ember
- 15) Kuas
- 16) Spatula
- 17) Jangka sorong
- 18) Thermometer
- 19) Kompor
- 20) Bak perendam
- 21) Kualiti
- 22) Kaos tangan

III.4 Pengujian Bahan

Pengujian dimaksudkan untuk meneliti yang akan dipakai dan memenuhi persyaratan, pengujian bahan meliputi aspal, agregat kasar, agregat halus dan agregat pengisi (bahan pengisi filler).

III.4.1 Pengujian Aspal

Aspal sangat menentukan dalam menyatukan dari semua komponen campuran. Adapun standar pengujiannya adalah:

- 1) Penetrasi SNI-06-2456-1991
- 2) Titik lembek SNI-06-2434-1991
- 3) Titik nyala SNI-06-2433-1991
- 4) Daktilitas SNI-06-2432-1991
- 5) Berat Jenis SNI-06-2441-1991

III.4.2 Pengujian Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan halus dilakukan untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini meliputi:

- 1) Pemeriksaan Gradasi Agregat (SNI-03-1968-1990)
- 2) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI- 03-1959-1990)
- 3) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI- 03-1970-1990)
- 4) Penentuan Berat Isi Agregat (SNI-03-4804-1998)
- 5) Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles

III.4.3 Perencanaan Campuran (Job Mix Formula)

Sebelum pembuatan benda uji, diadakan perancangan campuran (mix design). Perencanaan campuran meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing- masing fraksi baik agregat, aspal dan filler. Gradasi yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan Spesifikasi aspal porus yang dipakai.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi beberapa tahap, yaitu :

- 1) Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan untuk Menentukan persentase masing- masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara
- 2) komulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
Menentukan kadar aspal yang digunakan Dan menentukan variasi filler untuk setiap kadar aspal yaitu 0%, 25%, 50%, dan 75%.
- 3) Menentukan berat aspal, berat filler dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari abu jerami padi terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian Marshall. Pengujian terakhir yang dilakukan pada proses ini adalah pengujian terhadap campuran aspal menggunakan *Marshall Test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari tabel dibawah ini:

Tabel III .1 Jenis Pengujian

NO	Jenis Pengujian
1	Kepadatan (density)
2	VIM (void in the mix)
3	VMA (void in mineral aggregate)
4	VFA (void filled with asphalt)
5	Kelelehan (flow)
6	Stabilitas
7	MQ (Marshall Quotient)

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Revisi 3)

III.5 Perencanaan penelitian

- 1) semua agregat campuran yang sudah ditimbang tiap- tiap variasi campuran diletakkan dalam cawan atau plastic yang sudah disediakan dan dipisah sesuai variasi.
- 2) Kemudian campuran agregat dipanaskan dalam suhu 150°.
- 3) Agregat ditimbang dalam keadaan berat tetap dan dicampur dengan aspal panas sesuai dengan perhitungan kadar aspal yang sudah ditentukan.
- 4) Setelah aspal dituang kedalam campuran agregat lalu letakkan diatas kompor menyala dan aduk merata benar- benar tercampur sampai campuran berwarna hitam dalam keadaan 150° dalam cawan.
- 5) Sesudah tercampur merata, kemudian masukkan kedalam alat cetak (mould) dan ditumbuk 75 x pada kedua sisinya.
- 6) Setelah itu benda uji disimpan sampai benda uji tercetak.
- 7) Setelah benda uji dicetak dalam keadaan dingin keluarkan benda uji dari cetakan (mould) menggunakan dongkrak hidrolik.
- 8) Setelah benda uji dikeluarkan dari mould, benda uji direndam dalam water bath (bak perendaman) selama 24 jam dalam suhu 60°C.
- 9) Selanjutnya benda uji dikeluarkan dan diletakkan pada alat uji marshall untuk dilakukan pengujian guna mendapatkan nilai stabilitas dan kelelehan (flow).

- 10) Dan terakhir dilakukan analisa data untuk mengetahui karakteristik Marshall.

Perincian perkiraan jumlah sampel yang akan digunakan dalam pengujian dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel III .2 Jumlah Sampel Pengujian

Pengujian	Kadar Variasi Filler Jerami Padi				Jumlah
	0%	25%	50%	75%	
Marshall	3	3	3	3	24
Cantabro	3	3	3	3	

III.6 Pengujian Marshall dan Cantabro

Setelah menyiapkan benda uji maka selanjutnya dilakukan pengujian Marshall yang akan mendapatkan rangkaian nilai dari Stabilitas, kelelahan, kepadatan, VIM, VMA, VFA dan Marshall quotient. Pengujian Marshall dilakukan mengikuti prosedur Spesifikasi Bina Marga yaitu:

- 1) penimbangan agregat kasar, agregat halus, aspal dan *filler* sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan
- 2) setelah itu mencampur agregat dengan aspal yang sudah dipanaskan dan dicampur merata dalam temperature 145°C- 150°C
- 3) Kemudian setelah merata dimasukkan kedalam mould atau cetakan yang berukuran 4inch dan di tumbuk sebanyak 75 kali dibagian atas dan bawah
- 4) Setelah itu didiamkan sampai dingin dan sampel dikeluarkan dengan ejektor atau dongkrak dan kemudian benda uji diberikan kode atau nama sesuai variasi
- 5) Setelah itu lakukan penimbangan tiap- tiap benda uji untuk mendapatkan berat kering dan rendam dalam bak air agar udara dalam pori- pori benda uji keluar
- 6) Setelah perendaman lakukan penimbangan didalam air untuk mendapatkan berat sampel dalam air

- 7) Setelah itu keringkan dengan kain lap dan timbang untuk mendapatkan nilai *saturated surface dry* (SSD)
- 8) Setelah itu rendam di waterbath selama 30 menit dengan suhu 61°C
- 9) keluarkan benda uji dari bak perendam setelah 30 menit kemudian letakkan benda uji tepat ditengah penekan benda uji bagian bawah kepala penekan dan bagian atas kepala penekan dengan baik
- 10) Setelah dipasang dengan baik, pasang arloji/ dial kelelahan dan stabilitas pada kedudukan jarum angka 0
- 11) Kemudian pengujian dilakukan pada saat pembacaan arloji stabilitas berhenti dan mulai kembali berputar menurun maka pada saat itu pula pembacaan arloji/ dial diberhentikan
- 12) Catatlah pembacaan arloji/ dial stabilitas dan pembacaan arloji kelelahan
- 13) Setelah selesai, angkat kembali kepala penekan lalu buka bagian atas fan lalu benda uji dikeluarkan, Lakukan seterusnya dengan langkah yang sama untuk semua benda uji.

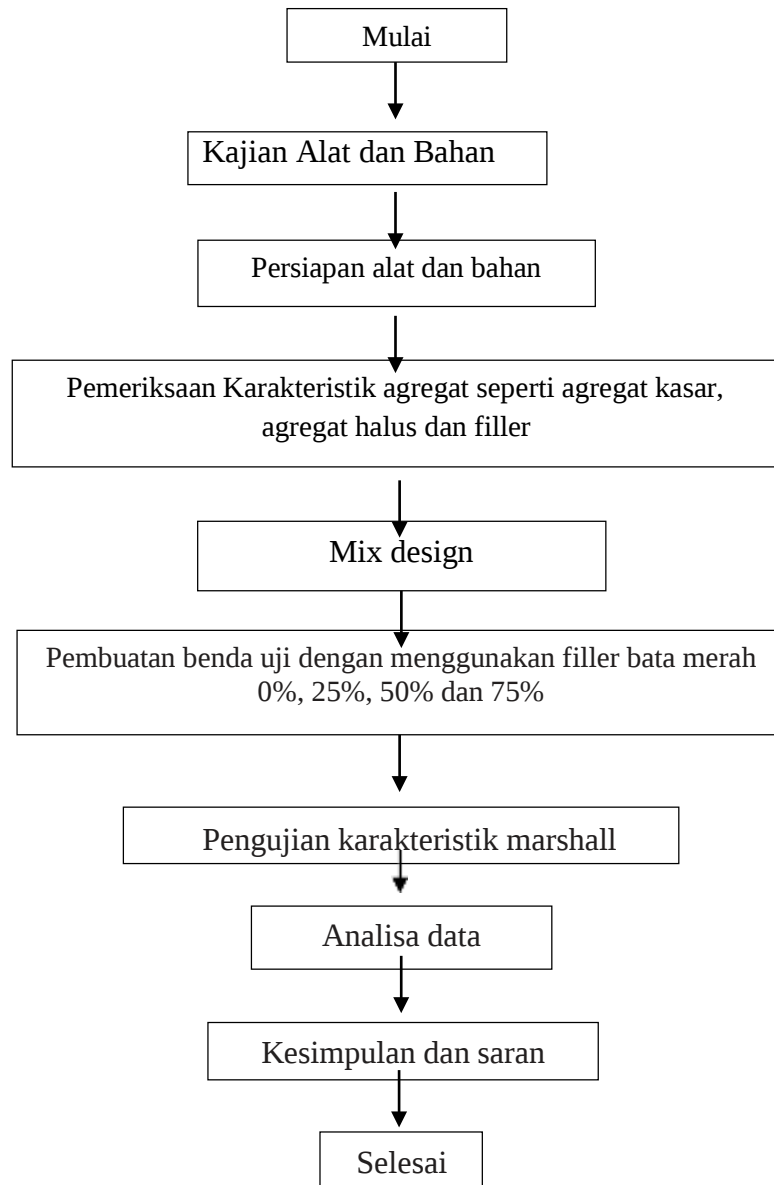
Setelah menyiapkan benda uji maka selanjutnya kita akan melakukan pengujian cantabro dengan cara, Masukkan benda uji kedalam mesin Los Angeles, lalu nyalakan mesin Los Angeles dan pada saat pengujian mesin Los Angeles minimal 300 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm, setelah itu keluarkan benda uji lalu dilakukan pengukuran berat setelah uji coba.

Maka setelah melakukan pengujian tersebut nilai yang didapat dari mesin akan diolah lagi untuk mendapatkan hasil parameter Marshall dan nilai cantabro.

III.7 Analisa Data

Analisa data merupakan bagian yang sangat penting dalam metode penelitian, karena dengan analisa data tersebut dapat diberi arti dan makna yang makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian. Menganalisa data merupakan tindakan peneliti untuk mempertemukan kesenjangan antara teori dan praktik. Pada penelitian ini analisa data-data yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan dalam bentuk table, gambar dan grafik yang kemudian akan dianalisa.

III.8 Bagan Alur Penelitian



Gambar III. 1 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Uji Sifat Fisik Agregat

Sesuai dengan hasil pada pengujian karakteristik fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi syarat dalam pengujian mutu agregat secara menyeluruh. proses pengujian telah dilakukan dilab Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Fajar

IV.2 Sifat Fisik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat yang berasal dari sawah yang terletak di kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur. Hasil Pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian standar Nasional Indonesia (SNI). Berikut ini dapat dilihat hasil pengujian pada table IV.I

Tabel IV .1 Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar

No	Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	1.63	Memenuhi
2	Berat Jenis Spesifikasi (%)			
	1. Berat Jenis Bulk	Maksimal 3	2.75	Memenuhi
	2. Berat Jenis SSD	Maksimal 3	2.8	Memenuhi
	3. Berta Jenis Semu	Maksimal 3	2.88	Memenuhi
3	Keausan (%)	Maksimal 40	30.28	Memenuhi
4	Indeks Kepipihan	Maksimal 30	24.8	Memenuhi

Dari Tabel IV.1 yang tertera diatas menjelaskan bahwa hasil dari pegujian agregat kasar berupa batu pecah (chipping) memenuhi spesifikasi umum Direktorat Jendral Bina Marga sehingga dapat digunakan pada pengujian campuran aspal AC-WC

IV.3 Sifat fisik Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat yang lolos pada ayakan No.8, 16, 30, 50, 100, dan tertahan di saringan no .200, yang

berasal dari Stone Crusher yang terletak di Jalan Malino, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa. Hasil pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian dari Standar Nasional Indonesia (SNI). Dengan hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel IV. 2 Sifat – Sifat Fisik Agregat Halus

No	Pengujian	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	1.22	Memenuhi
2	Berat Jenis Spesifikasi (%)			
	1. Berat Jenis Bulk	Maksimal 3	2.58	Memenuhi
	2. Berat Jenis SSD	Maksimal 3	2.61	Memenuhi
	3. Berat Jenis Semu	Maksimal 3	2.67	Memenuhi
3	Persen Lumpur (%)	Maksimal 5	1.5	Memenuhi

Dari Tabel IV.2 yang tertera di atas menjelaskan bahwa hasil dari pengujian agregat halus berupa pasir memenuhi spesifikasi umum Direktorat Jendral Bina Marga sehingga dapat digunakan pada pengujian campuran aspal AC-WC

IV.4 Pengujian Kadar Aspal Optimal

Pengujian kadar aspal optimal dilaksanakan dengan tujuan untuk mencapai kadar aspal yang digunakan memenuhi standar kinerja keseluruhan dan kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi. Nilai variasi kadar aspal optimal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

IV.4 Pengujian Marshall

Dari proses pengujian menghasilkan nilai untuk mengetahui nilai parameter Marshall berupa VIM, VMA, VFB, Stabilitas, Flow, dan Marshall Question (MQ) menggunakan gradasi SNI.

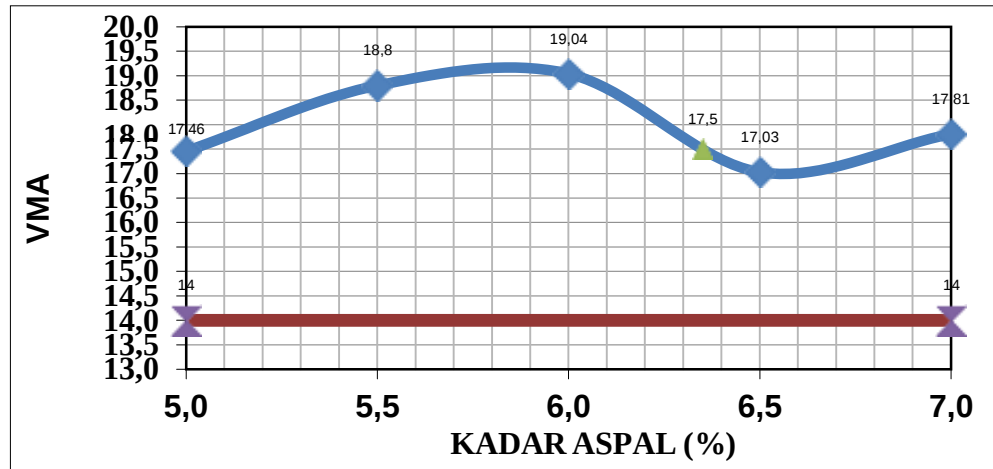
Tabel IV. 3Hasil Pengujian Marshall

VARIASI KADAR ASPAL	5	5,5	6	6,5	7
VMA	17,46	18,8	19,04	17,03	17,81
VFB	54,35	55,32	59,16	73,81	75,74
VIM	8	8,51	7,79	4,47	4,33
STABILITAS	996,96	776,74	744	824,35	1110,05
FLOW	3,65	2,85	2,73	3,03	3,85
MQ	273,43	272,49	273,05	272,61	288,24

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, UNIFA

1. VMA

VMA (Voids in Material). adalah nilai pori pada agregat campuran, Indeks VMA rongga antar partikel agregat dalam aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai VMA juga dapat dinyatakan sebagai rongga yang dapat ditempati oleh volume aspal dan udara yang dibutuhkan dalam campuran agregat dan aspal. Nilai VMA dipengaruhi oleh ukuran partikel agregat, jumlah tumbukan dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai VMA maka semakin besar pengaruh impermeabilitas dan ketahanan campuran terhadap air dan udara, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan risiko bleeding saat perkerasan dibebani pada temperatur tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah akan membuat lapisan aspal lebih kecil kemungkinannya untuk berikatan dengan aspal, sehingga terjadi fraying, pitting, dll. terjadi dengan mudah. Menurut standar spesifikasi jalan raya, nilai spesifikasi VMA yang di dapat harus di atas 14%. Lihat pada Gambar IV.1

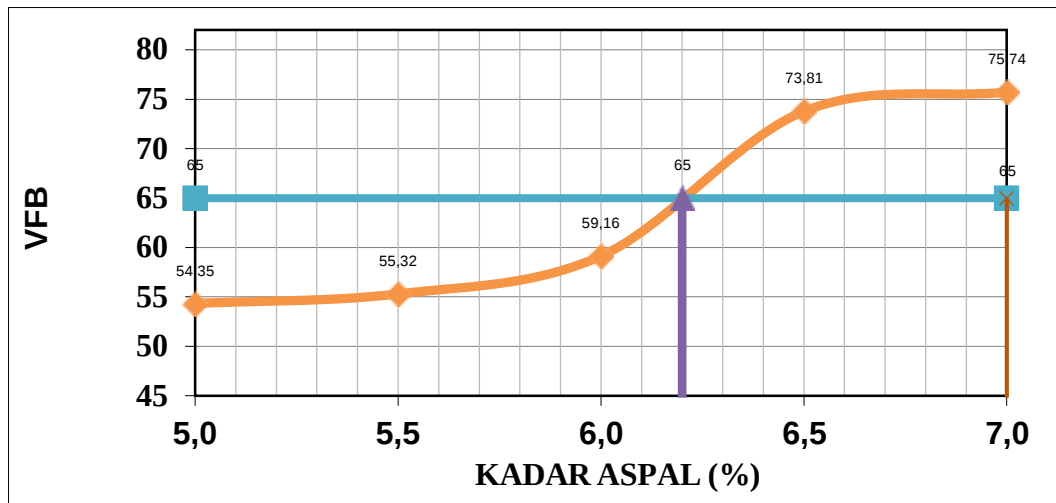


Gambar IV. 1 Grafik Nilai VMA Terhadap Variasi Kadar Aspal

Gambar IV.1 Menunjukkan bahwa hasil VMA variasi kadar aspal yang dimana semua variasi telah memenuhi persyaratan bina marga dengan nilai minimal 14%.

2. VFB

VFB adalah jumlah rongga yang terisi aspal, jadi VFB adalah bagian dari VMA yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang terserap partikel agregat individu. Efek dari nilai VFB ini adalah kekuatan ikatan komposit di dalam komposit, yang jika lebih kecil akan membuat lapisan kurang permeabel terhadap air dan udara, karena lebih banyak rongga. Hal ini akan memungkinkan air dan udara lebih mudah melarutkan bagian aspal yang teroksidasi, sehingga mengurangi kekuatan campuran, tetapi jika terlalu besar menunjukkan bahwa banyak celah yang diisi dengan aspal, sehingga impermeabilitas aspal campuran dengan air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai VFB yang terlalu tinggi kemungkinan akan menyebabkan aspal mengalami bleed atau naik ke permukaan, sehingga nilai stabilitasnya akan menurun. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai VFB diantaranya ukuran partikel agregat, kadar aspal, jumlah pemadatan dan suhu. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga, nilai spek VFB yang dibutuhkan minimal 65%. Berikut hasil pengujian VFB pada Gambar IV.2.

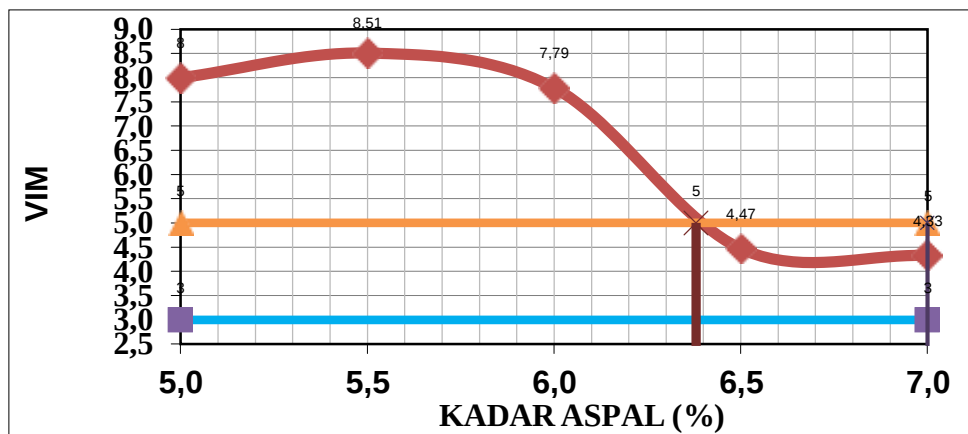


Gambar IV .2 Grafik Nilai VFB Terhadap Variasi Kadar Aspal

Berdasarkan gambar IV. 2 nilai rata rata VFB pada variasi kadar aspal 5% dengan nilai 54,35% dan kadar aspal 5.5% dengan nilai 56,32% terus kenaikan , namun pada kadar aspal 6% dengan nilai 59,16%, kadar 6.5% dengan nilai 73,81%, dan kadar 7% dengan nilai 75,74% terus mengalami penurunan daribatas minimal VFB .berdasarkan data tersebut kadar aspal yang memenuhi spesifikasi mulai dari kadar aspal 5% sampai 5.5%.

3. IM

VIM (voids in Mixture) adalah banyaknya rongga yang terdapat pada campuran beraspal, dan dinyatakan dalam bentuk % terhadap total campuran. Berdasarkan spesifikasi, syarat nilai minimal 3% dan maksimal 5%.berdasarkanhasil pengujian terhadap nilai VIM dengan Variasi kadar aspal dilihat pada gambar IV.3

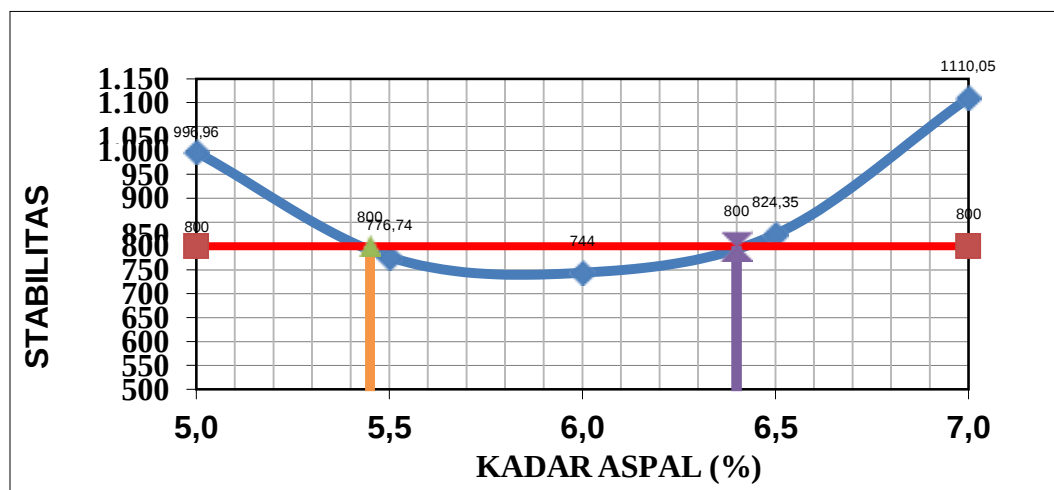


Gambar IV .3 Grafik Nilai Terhadap Kadar Aspal

Berdasarkan gambar IV.3 diperoleh nilai VIM dengan kadar aspal 5% dengan nilai 8%, 5,5% dengan nilai 8,51% ,6% dengan nilai 7,79%, 6,5% dengan nilai 4,47%, 7% dengan nilai 4,83%. Berdasarkan dengan ketentuan dengan ketentuan variasi kadar aspal yang memenuhi standar spesifikasi adalah mulai dari kadar aspal 5% sampai 7%.

4.STABILITAS

Stabilitas adalah lapisan perkerasan dalam menahan perubahan bentuk akibat beban lalu lintas, tanpa mengalami deformasi seperti gelombang atau alur. Tingginya nilai stabilitas mengindikasikan bahwa lapisan perkerasan tersebut memiliki kemampuan untuk menanggung beban lalu lintas yang berat. Dalam pengujian laboratorium menggunakan metode Marshall, stabilitas mengacu pada kemampuan bitumen (bahan pengikat) untuk menahan beban hingga mencapai titik leleh plastik, diukur dalam satuan kilogram. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh faktor seperti interlocking batuan (gesekan internal) dan gaya rekatnya. Gesekan internal terkait dengan tekstur permukaan, ukuran partikel agregat, kepadatan campuran, dan kandungan aspal. Stabilitas yang terlalu tinggi dapat membuat perkerasan menjadi keras dan mudah retak, sementara stabilitas yang rendah akan membuatnya lebih fleksibel dan rentan terhadap pembentukan alur. Menurut spesifikasi SNI, nilai stabilitas minimum yang diperlukan adalah 850 kg. Berikut adalah hasil uji stabilitas pada Gambar IV.4.

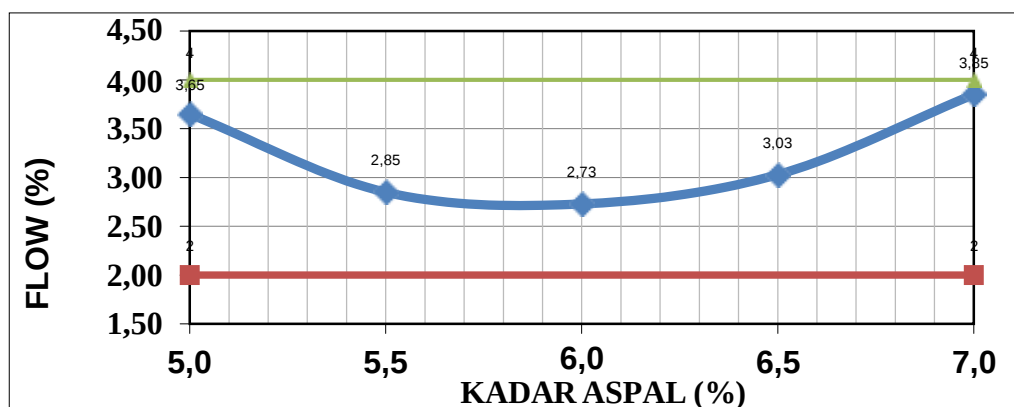


Gambar IV. 4 Grafik Nilai Stabilitas Terhadap Variasi Kadar Aspal

Berdasarkan pada gambar IV.4 menunjukkan bahwa hasil dari variasi kadaraspal pada 5% dengan nilai 996,96 kg, kadar aspal 5.5% dengan nilai 776,74 kg, mengalami penurunan, namun pada kadar aspal 6% dengan nilai 744,74 kg, kadar aspal 6.5% dengan nilai 824,35 kg mengalami kenaikan stabilitas , dan pada kadar aspal 7% dengan nilai 1110,05 kg mengalami kenaikan stabilitas. Yang dimana variasi kadar aspal yang memenuhi spesifikasi adalah kadar aspal 5%, 5,5%, dan 7%.

5.FLOW

Kelelehan (flow) adalah Keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi karena beban yang diterapkan pada batas keruntuhan, diukur dalam satuan panjang (mm), disebut kelelehan atau aliran. Plastisitas campuran mengacu pada plastisitas lapisan perkerasan, dan laju leleh dipengaruhi terutama oleh plastisitas aspal. Ketika campuran aspal memiliki plastisitas rendah, ia akan membentuk lapisan permukaan. Gula juga memiliki tingkat keuletan yang rendah. Campuran dengan aliran rendah yang memiliki stabilitas tinggi cenderung memiliki sifat keras, sehingga rentan terhadap retak jika dikenai beban yang melebihi kapasitas dukungnya. Sebaliknya, campuran dengan nilaifluks tinggi dan stabilitas rendah cenderung lebih elastis dan mudah berubah bentuk saat dikenai beban aliran. Faktor-faktor seperti ukuran partikel agregat, kadar aspal, massa, dan suhu pemadatan mempengaruhi nilai laju alir. Spesifikasi menetapkan rentang yang diperlukan untuk laju alir antara 2,0 hingga 4,0 mm. Gambar IV.5 dapat dilihat sebagai berikut.

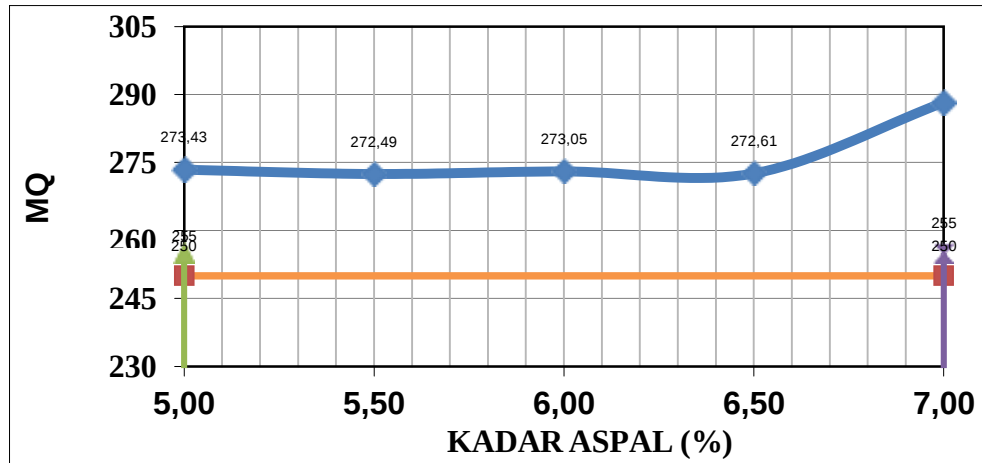


Gambar IV .5 Grafik Hasil Pengujian Flow TerhadapVariasi Kadar Aspal

Berdasarkan hasil Pengujian pada gambar IV.5 nilai flow pada variasi kadaraspal 5% dengan nilai 3.65 mm, kadar 5,5% = 2.85 mm mengalami penurunan,dan pada kadar 6% dengan nilai 2.73 mm, 6.5% dengan nilai 3.03 mm, mengalami kenaikan, namun tetap memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dan pada kadar aspal 7% dengan nilai 3.85 mm mengalami kenaikan. yang dimana semua variasi yang ada telah memenuhi spesifikasi bina marga.

6.MQ

Nilai Marshall Quotient adalah Nilai Marshall Quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dan throughput. Penggunaan nilai Marshall Quotient bertujuan untuk mengestimasi tingkat keuletan perkerasan. Ketika stabilitas tinggi dikombinasikan dengan throughput yang rendah, perkerasan akan memiliki sifat keras dan rapuh. Di sisi lain, stabilitas yang rendah dan throughput yang tinggi mengindikasikan bahwa campuran tersebut lebih elastis,dan jika dikenai beban lalu lintas, perkerasan akan mengalami perubahan bentuk. Nilai Marshall Quotient minimal yang sesuai dengan spesifikasi adalah 250 kg/mm. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan pada Gambar IV 6.

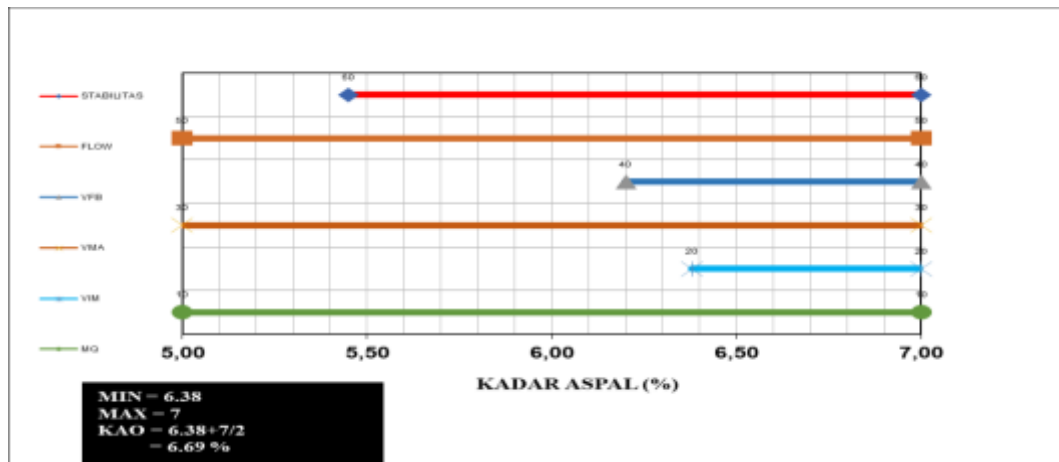


Gambar IV .6 Grafik Hasil MQ Terhadap Variasi Kadar Aspal

Berdasarkan Gambar IV.6 Nilai rata rata variasi kadar aspal yaitu 5% dengan nilai 273,43 Kg/mm, kadar aspal 5.5% dengan nilai 272,49 Kg/mm, mengalami penurunan namun pada kadar aspal 6% dengan nilai 273,03 Kg/mm, dan kadar 6.5% dengan nilai 272,61 Kg/mm mengalami kenaikan, namu tetap memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dan pada kadar aspal 7% dengan nilai 280,50 Kg/mmmengalami

kenaikan. Dengan demikian menunjukkan bahwa semua kadar aspal telah memenuhi spesifikasi nilai minimalnya. Dari beberapa gambar kurva hubungan antara parameter marshall dengan kadar aspal untuk penentuan kadar aspal optimum diatas, maka diperoleh hasil seperti dibawah ini :

Tabel IV .4 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum



Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, 2024.

Dari Tabel IV.5 dapat kita simpulkan bahwa hasil pengujian kadar aspal optimum dari parameter marshall namun ada beberapa karakteristik yang tidak masuk standar spesifikasi yang digunakan. pada karakteristik nilai VIM semua kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi. pada karakteristik VMA semua kadar aspal yang digunakan memenuhi syarat spesifikasi. Pada karakteristik VFB kadar aspal yang memenuhi spesifikasi mulai dari 5% sampai 5.5% sedangkan 6% sampai 7% tidak memenuhi spesifikasi. Pada karakteristik FLOW semua kadar aspal yang digunakan semuanya memenuhi spesifikasi. Pada karakteristik STABILITAS kadar aspal yang memenuhi spesifikasi 5% sampai 5.5% sedangkan kadar aspal 6% sampai 7% tidak memenuhi spesifikasi. Pada karakteristik MQ semua kadar aspal yang digunakan memenuhi persyaratan spesifikasi.

Dan ketentuan dari nilai tengah kadar aspal optimum dari pengujian yang kita lakukan dengan cara seperti yang ada pada rumus dibawah ini :

$$\text{Kadar Aspal Optimum} = \frac{6.38 + 7}{2} = 6.69\%$$

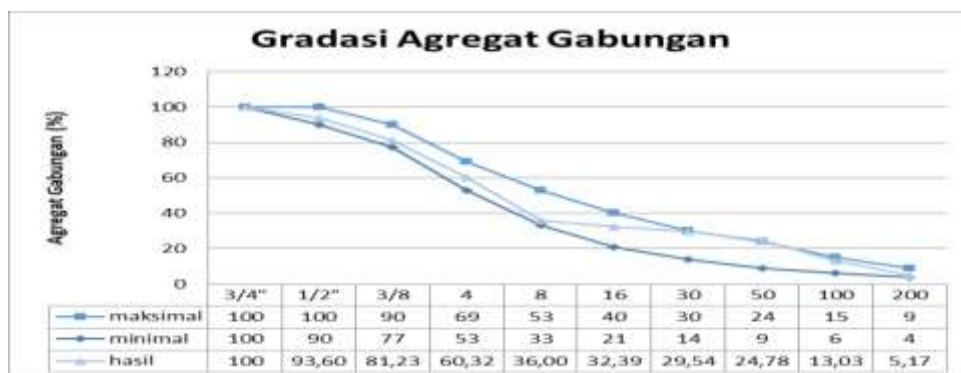
Seperti hasil perhitungan nilai tengah diatas, maka nilai kadar aspal optimum yang digunakan pada penelitian yaitu 6,69%

IV.5 Gradasi Gabungan

Penentuan gradasi gabungan aggregate berdasarkan pada spesifikasi umum Bina Marga.

Tabel IV .5 Gradasi Gabungan Agregat

SIEVE NOMOR		3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	N0.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
BATU PECAH	% PASS	100,00	90,00	70,67	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
64	% BATCH	64	57,60	45,23	24,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PASIR	% PASS	100	100	100	100	100,00	81,00	66,00	49,00	31,00	12,00
19	% BATCH	19	19	19	19	19	15,39	12,54	9,31	5,89	2,28
DEBU BATU	% PASS	100	100	100	100	100,00	100,00	100,00	91,00	42,00	17,00
17	% BATCH	17	17	17	17	17	17	17	15,47	7,14	2,89
AGREGAT GABUNGAN		100	93,60	81,23	60,32	36,00	32,39	29,54	24,78	13,03	5,17
SPESIFIKASI		100	90-100	77-90	53-69	33-53	21-40	14-30	9-24	6-15	4-9



Gambar IV. 4 Kurva Grafik Gabungan Agregat

Setelah dilakukan pengayakan untuk penentuan komposisi antara agregat kasar, agregat halus dan abu batu berdasarkan komposisi untuk masing masing ukuran saringan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi bina marga maka di hasilkan nilai seperti yang di dapat diperhatikan tabel diatas. Diperoleh nilai presentase antara agregat kasar : halus : filler yaitu 64% : 19% : 17% untuk komposisi agregat untuk, baik agregat kasar, agregat halus maupun filler yang digunakan yaitu agregat yang tertahan dimasing masing saringan kemudian di pisah pisahkan sesuai dengan isi saringan dari spesifikasi yang digunakan.

IV.6 Pengujian Marshall

Hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai parameter Marshall berupa VIM, VMA, VFB, STABILITAS, FLOW, dan MARSHALL QUESTION

(MQ)menggunakan gradasi SNI. Berikut hasil pengujian marshall menggunakan limbah jerami padi.

Tabel IV .6 Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Filler Limbah Jerami padi

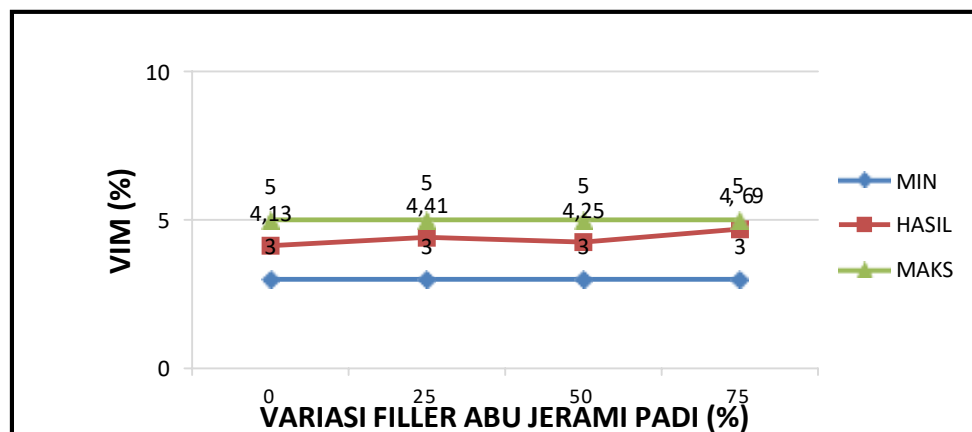
Variasi Substitusi Filler Abu Jerami Padi (%)	No. Sampel	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Marshall					
			VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
0	1	6,69	3,45	16,19	78,72	806,00	3,20	251,88
	2		4,13	16,79	75,39	837,00	2,10	398,57
	3		4,82	17,39	72,25	930,00	2,00	465,00
	Rata-rata		4,13	16,79	75,46	857,67	2,43	371,82
25	1	6,69	4,82	17,39	72,25	868,00	1,80	482,22
	2		2,14	15,06	85,77	899,00	2,70	332,96
	3		6,27	18,64	66,38	917,60	2,60	352,92
	Rata-rata		4,41	17,03	74,80	894,87	2,37	389,37
50	1	6,69	-1,29	12,08	110,71	830,80	2,30	361,22
	2		6,73	19,04	64,66	892,80	2,60	343,38
	3		7,33	19,56	62,53	923,80	2,20	419,91
	Rata-rata		4,25	16,89	79,30	882,47	2,37	374,84
75	1	6,69	-0,33	12,91	102,56	930,00	2,30	404,35
	2		-2,50	11,03	122,62	911,40	2,20	414,27
	3		16,89	27,86	39,38	892,80	2,10	425,14
	Rata-rata		4,69	17,27	88,19	911,40	2,20	414,59

Sumber : Hasil Pengujian dan Penelitian Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar

Berdasarkan hasil pengujian pada setiap variable marshal, maka variasi 0%,25%,50%,75% memenuhi spesifikasi bina marga 2010.karena nilai rata-rata yang dihasilkan dari pengujian lab memenuhi standar yang di isyaratkan.

1. VIM

VIM (voids in Mixture). adalah banyaknya rongga yang terdapat pada campuran beraspal, dan dinyatakan dalam % terhadap total campuran. Berdasarkan spesifikasi, nilai VIM yang disyaratkan yaitu minimal 3% dan maksimal 5%.berdasarkan hasil pengujian terhadap nilai VIM dengan variasi kadar aspal dapat dilihat pada gambar IV.7

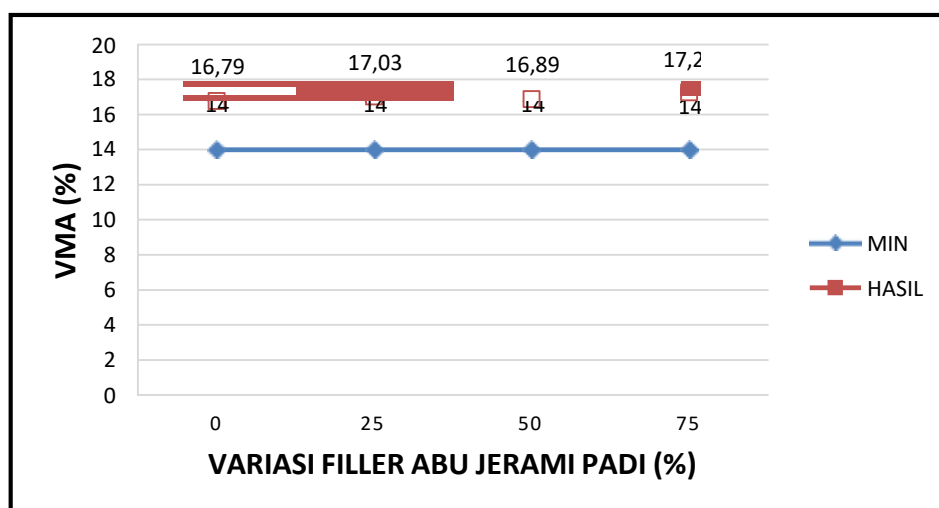


Gambar IV .7 Hasil VIM Terhadap Variasi Filler Limbah jerami padi

Berdasarkan gambar di atas yang merupakan hasil perhitungan menggunakan variasi substitusi filler limbah jerami padi yaitu 0% dengan nilai 4,13, 25% dengan nilai 4,41% , 50% dengan nilai 4,25%, dan 75% dengan nilai 4,69% yang dimana data yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh karena itu limbah jerami padi layak digunakan berdasarkan pada hasil nilai VIM.

2.VMA

VMA, (Voids in Material Agregat) adalah Nilai Pori pada Campuran Agregat yang menunjukkan banyaknya rongga antar partikel agregat dalam aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Nilai VMA juga dapat dinyatakan sebagai ruang yang tersedia yang ditempati oleh volume aspal dan udara yang dibutuhkan dalam campuran agregat dan aspal. Nilai VMA dipengaruhi oleh ukuran partikel agregat, jumlah tumbukan dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai VMA maka semakin besar pengaruh impermeabilitas dan ketahanan campuran terhadap air dan udara, namun nilai VMA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan risiko bleeding saat perkerasan dibebani pada temperatur tinggi. Nilai VMA yang terlalu rendah akan membuat lapisan aspal lebih kecil kemungkinannya untuk berikatan dengan aspal, sehingga terjadi fraying, pitting, dll. terjadi dengan mudah. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga, nilai spek VMA yang dibutuhkan minimal 14%. Lihat pada Gambar

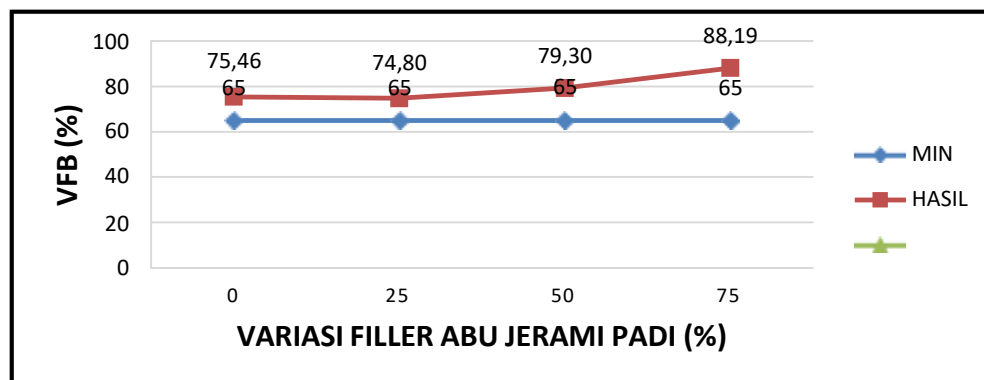


Gambar IV.8 Hasil VMA Terhadap Variasi Filler Limbah Jerami padi

Berdasarkan dengan gambar IV.8 pada variasi substitusi filler limbah jerami padi diperoleh nilai variasi pada 0% dengan nilai 16,79 ,25% dengan nilai 17,00%, 50% dengan nilai 16,89%, dan 75% dengan nilai 17,27% dari gambar menunjukkan bahwa rongga udara diantara agregat seimbang secara grafik dan hanya naik dan turun tidak terlalu besar, karena sebagai agregat telah terdorong oleh variasi jerami padi, walaupun grafik memberikan nilai sesuai spesifikasi, tetapi variasi jerami padi tersebut akan menyebabkan bleeding atau deformasi. Berdasarkan data diatas dapat disimpulkan bahwa jerami padi layak digunakan berdasarkan spesifikasi VMA.

3.VFB

VFB adalah bagian dari VMA yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang terserap partikel agregat individu. Efek dari nilai VFB ini adalah kekuatan ikatan komposit dalam komposit, yang jika lebih kecil membuat lapisan kurangpermeabel terhadap air dan udara, karena lebih banyak rongga. Hal ini akan memungkinkan air dan udara lebih mudah melarutkan bagian aspal yang teroksidasi, sehingga mengurangi kekuatan campuran, tetapi jika terlalu besar. menunjukkan bahwa banyak celah yang diisi dengan 'aspal', sehingga impermeabilitas aspal campuran dengan air dan udara menjadi lebih tinggi. Namun nilai VFB yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan bleed atau tar naik ke permukaan, sehingga nilai steady state akan menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VFB adalah ukuran partikel agregat, kadar aspal, massa dan suhu pemadatan. Berdasarkan spesifikasi jalan raya, nilai spesifikasiVFB yang dibutuhkan adalah 70-80%. Lihat Gambar IV.8

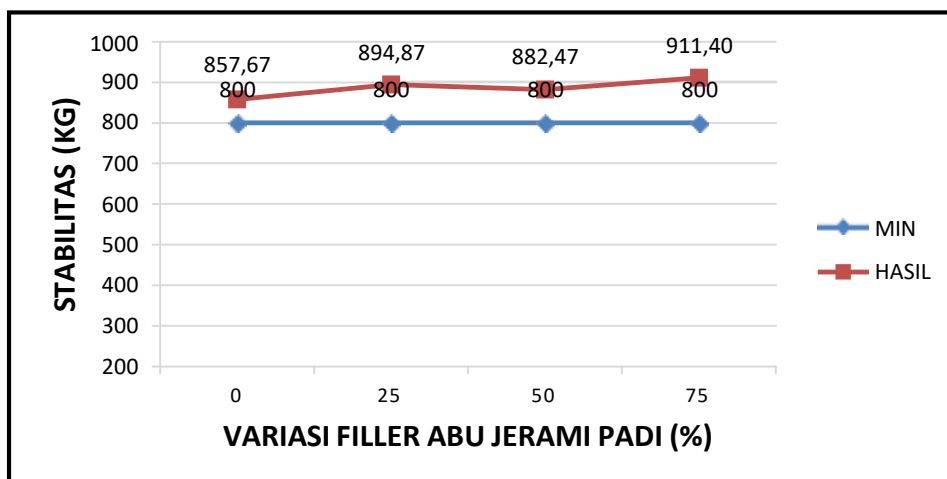


Gambar IV. 9 Hasil VFB Terhadap Variasi Filler Limbah jerami padi

Berdasarkan dengan IV.9 menunjukkan bahwa nilai rata rata pada VFB menggunakan variasi 0% dengan nilai 75,46% mengalami kenaikan, dan pada 25% dengan nilai 73.41% mengalami kenaikan, pada variasi 50% dengan nilai 79,30% mengalami kenaikan, dan variasi 75% dengan nilai 88,19% mengalami kenaikan yang dimana semua variasi telah memenuhi syarat minimal nilai VFB sehingga filler limbah jerami padi telah memenuhi syarat spesifikasi menurut VFB.

4.STABILITAS

Stabilitas adalah kelebihan suatu perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban kerja lalu lintas tanpa distorsi seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa perkerasan tersebut memiliki kapasitas beban lalu lintas yang tinggi. Dalam uji laboratorium Marshall, stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menerima beban sampai terjadi pelelehan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas tergantung pada kekuatan ikatan batuan (gesekan internal) dan gaya rekatnya. Gesekan internal tergantung pada tekstur permukaan, ukuran partikel agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal. Stabilitas yang terlalu tinggi membuat perkerasan menjadi kaku dan rapuh, sedangkan stabilitas yang rendah membuat perkerasan menjadi lebih lentur dan rentan terhadap rutting. Syarat spesiifikasi Bina Marga, nilai kandang minimum adalah 800 kg. Dapat dilihat pada Gambar IV.10

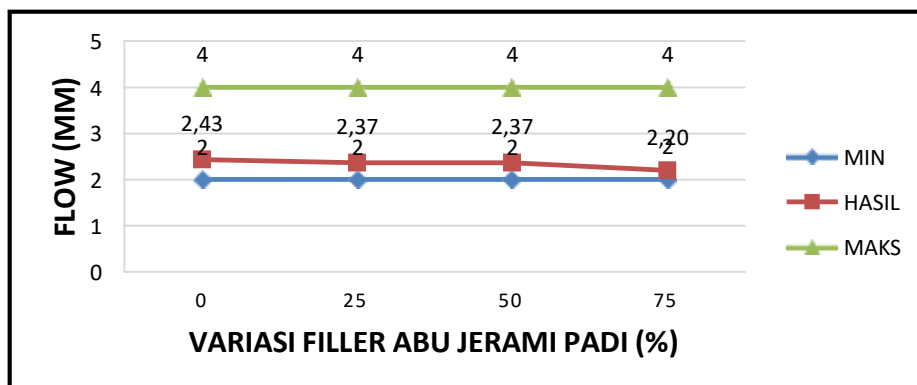


Gambar IV. 10 Hasil Stabilitas Terhadap Variasi Filler Jerami Padi

Berdasarkan pada gambar IV.10 menunjukkan bahwa pada variasi substitusi filler limbah Jerami Padi 0% dengan nilai 857,67 kg, 25% dengan nilai 894,87 Kg, 50% dengan nilai 882,47 Kg, 75% dengan nilai 911,40 Kg. berdasarkan nilai yang diperoleh dari hasil penelitian, semua variasi tersebut mengindikasikan penggunaan filler limbah jerami padi memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi campuran maka semakin kuat pula stabilitas yang didapatkan.

5.Flow

Kelelahan (*flow*) adalah kondisi perubahan bentuk campuran yang timbul akibat beban mendekati batas keruntuhan, diukur dalam satuan panjang (mm). Plastisitas campuran mencerminkan sifat plastis dari lapisan perkerasan, dimana laju pelelehan lebih banyak ditentukan oleh karakter plastis aspal. Ketika aspal dengan plastisitas rendah dicampurkan dalam perkerasan, akan membentuk lapisan permukaan. Gula memiliki keuletan yang minim. Campuran dengan aliran rendah yang memiliki stabilitas tinggi cenderung bersifat keras, sehingga dapat retak ketika dikenai beban yang melampaui kapasitasnya. Sebaliknya, campuran dengan nilai aliran tinggi dan stabilitas rendah cenderung lebih elastis dan dapat berubah bentuk dengan mudah ketikadikenai beban aliran. Nilai laju aliran dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran partikel agregat, jumlah aspal, massa, dan suhu saat pemadatan. Berdasarkan persyaratan spesifikasi dari Bina Marga, nilai laju aliran yang diinginkan berada dalam rentang 2.0-4.0mm. Informasi lebih lanjut dapat ditemukan pada Gambar IV.11

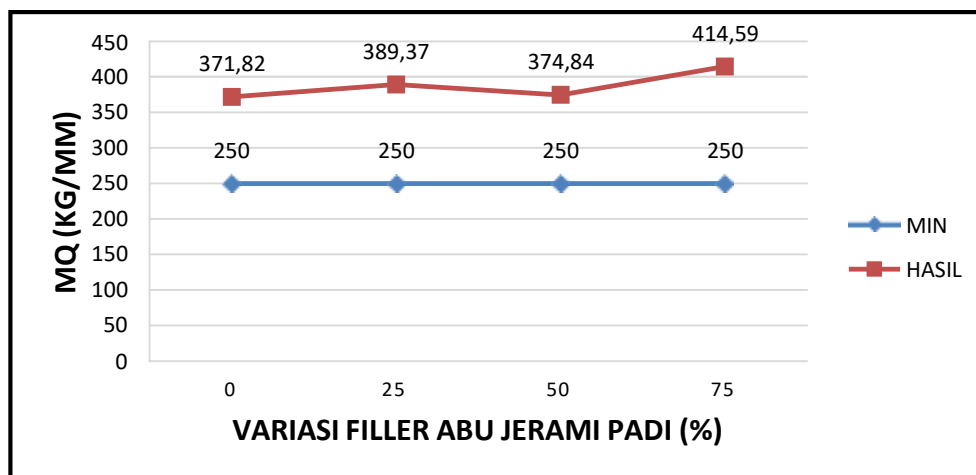


Gambar IV. 11 Hasil Flow Terhadap Variasi Filler Limbah Jerami Padi

Berdasarkan pada gambar IV.11 nilai flow pada variasi filler jerami padi yaitu 0% dengan nilai 2,43, 25% dengan nilai 2.37%, 50% dengan nilai 2.37%, 75% dengan nilai 2.20%. berdasarkan nilai yang diperoleh, semua variasi substitusi filler limbah jerami padi memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa semakin banyak variasi jerami padi semakin kecil pula kelelahan yang didapat.

6.MARSHALL QUOTIENT

Nilai Marshall Quotient merupakan hasil pembagian antara stabilitas dan throughput. Marshall Quotient digunakan sebagai pendekatan untuk menilai tingkat kelenturan perkerasan. Kombinasi stabilitas yang tinggi dengan throughput yang rendah menghasilkan perkerasan yang keras dan rapuh. Sebaliknya, bila stabilitas rendah dan throughput tinggi, ini mengindikasikan campuran yang lebih lentur dan akan mengalami deformasi jika diberi beban lalu lintas. Nilai parameter Marshall Quotient yang dibutuhkan minimal 250 kg/mm. dapat dilihat pada gambar IV.12



Gambar IV. 12 Hasil Marshall Question Terhadap Variasi Filler Jerami Padi

Berdasarkan Gambar IV.12 nilai rata rata pada variasi filler Jerami padi yaitu 0% dengan nilai 371.82Kg/mm, 25% dengan nilai 389.37 Kg/mm, 50% dengan nilai 374.84 Kg/mm, 75% dengan nilai 414.59 Kg/mm. dari data yang diperoleh, semua variasi memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, dengan semakin besar proporsi kadar filler limbah jerami padi, maka nilai MQ semakin

bertambah. Hal ini menguatkan bahwa aspal yang melekat dan terobsorpsi kedalam agregat, mampu memperkuat campuran aspal sehingga tertahan dari perubahan bentuk. Oleh karena itu limbah jerami padi layak digunakan berdasarkan nilai MQ yang diperoleh.

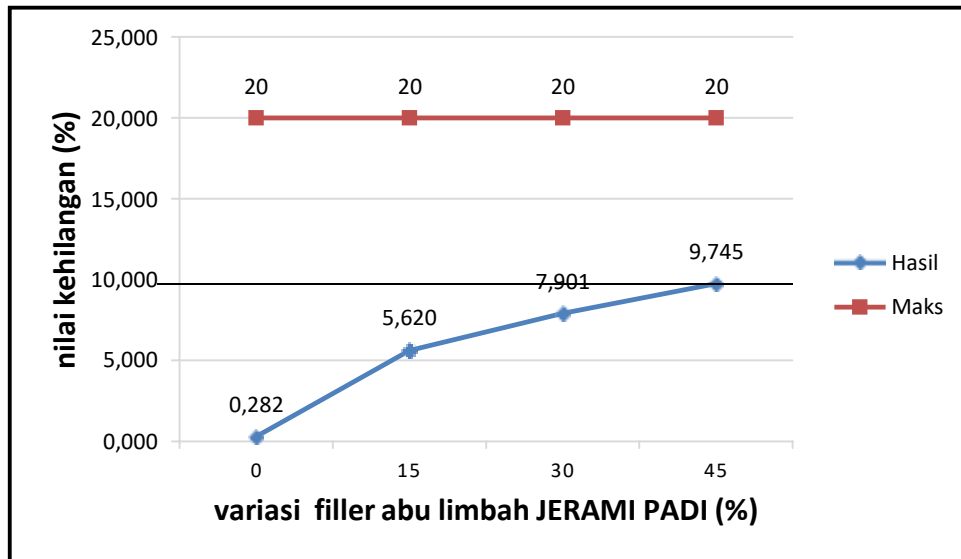
IV.7 Pengujian Cantabro

Uji cantabro dilakukan dengan memasukkan sampel satu per satu ke dalam mesin LA tanpa bola baja, kemudian diputar dengan kecepatan 300 rpm pada kecepatan 30-33 rpm. Tes cantabro dilakukan untuk menentukan ketahanan lapis perkerasan terhadap keausan dengan menggunakan mesin los angeles, keausan ini dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan sampel setelah 300 putaran terhadap berat semula sebelum dimasukkan kedalam mesin los angeles.

Tabel IV .7 Hasil Pengujian Cantabro Menggunakan Filler Limbah Jerami padi

Variasi Filler Abu Jerami Padi	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 REAM
(%)		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
0	1	6,69	1189	1186	3	0,252	Maks.20
	2		1178	1175	3	0,255	
	3		1175	1171	4	0,340	
Rata-Rata			1181	1177	3	0,282	
25	1	6,69	1131	1074	57	5,040	
	2		1138	1073	65	5,712	
	3		1113	1045	68	6,110	
Rata-Rata			1127	1064	63	5,620	
50	1	6,69	1140	1058	82	7,193	
	2		1164	1069	95	8,162	
	3		1162	1065	97	8,348	
Rata-Rata			1155	1064	91	7,901	
75	1	6,69	1150	1060	90	7,826	
	2		1165	1055	110	9,442	
	3		1170	1030	140	11,966	
Rata-Rata			1162	1048	113	9,745	

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



Gambar IV. 13 Variasi Limbah Jerami Padi Terhadap Cantabro

Berdasarkan dari syarat spesifikasi bina marga yang diisyaratkan adalah maksimal 20%, dimana hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat dari tabel IV.7 dan dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar IV.13 yang menjelaskan bahwarata rata kehilangan berat variasi 0% dengan nilai sebesar 0,282%, 25% dengan nilai sebesar 5,620%, 50% dengan nilai sebesar 7,901%, dan 75% sebesar 9,745%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak variasi campuran substitusi filler limbah jerami padi semakin tinggi pula (degradasi) tingkat keausan yang terjadi, dengan demikian nilai yang didapatkan pada pengujian cantabro semuanya telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil pengujian Marshall diperoleh nilai karakteristik Marshall yaitu nilai VIM 0%=4,13%, 25% = 4,41%, 50% = 4,25%, dan 75% = 4,69%, pada nilai VFB 0%=75,46, 25%= 74,80%, 50% =79,30%, 75% = 88,19%, pada nilai VMA 0%=16,79%, 25% = 17,03%, 50%=16,89%, 75%=17,27%, pada nilai STABILITAS 0%=857,67kg, 25%=894,87Kg, 50%=882,47Kg, 75%=911,40 Kg, dan pada nilai FLOW yaitu 0%=2,43, 25% = 2.37%, 50% = 2.37%, 75% = 2.20%, dan pada nilai MQ yaitu 0%=371,82 kg/mm, 25% =389,37 Kg/mm, 50% =374,84 Kg/mm, 75%=414,59Kg/mm. yang dimana semua pengujian marshall memenuhi spesifikasi dari bina marga yang berarti Limbah Jerami Padi pengganti filler sudah layak digunakan.
- 2) Berdasarkan hasil pengujian cantabro, diperoleh bahwa semua variasi Jerami padi memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu maksimal nilai kehilangan 20%. Nilai kehilangan pada variasi 0% dengan nilai sebesar 0,282%, 25% dengan nilai sebesar 5,620%, 50% dengan nilai sebesar 7,901%, dan 75% sebesar 9,745%

V.2 Saran

Berikut Saran dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan material yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan spesifikasi yang berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada aspal ac-bc dan aspal porous.
4. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan kadar aspal yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- (Silvia Sukirman, 2003). *pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan, bina marga (2018)*
- Suprpto (2000). *lapis keras/ perkerasan/ pavement, Jurnal Teknik Sipil.*
- Sukirman (2010). *Bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan, bina marga.*
- SNI 03-2417-1991. (n.d) *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Balitbang PU, 12(12), 1-5.*
- SNI, S.N.I. (1991). *Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall.*
- 06-2489-1991, S. (N.D.). *Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall.*
- Sukirman,S.,(1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya,Penerbit nova,bandung.*
- limbah kaca sebagai filler pada campuran perkerasan aspal panas, Jurnal Teknik Sipil, 26(3), 265.*
- Kementrian pekerja umum direktorat jendral bina marga, (2010). *Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal Laston*
- Colbert , 1984. *Residu minyak bumi, Jurnal Teknik Sipil*
- SNI 03-2834-2000. *Pengertian agregat kasar, bina marga (2018)*
- PBI 71 (Peraturan Beton Indonesia), bina marga (2018)
- ASTM C 33/03. *Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar*
- Rahaditya, 2012. *terhadap sifat elastisitas campuran dan sensifisitas campuran, Jurnal Teknik Sipil*
- Akbar dan Wesli, 2012 *penggunaan Abu sekam Padi kenaikan stabilitas,Flow dan Marshall quintient secara merata.*

Parea R.Rangan,Tumpu,Yohanis dan Mansyur (2023) *Merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas dan kuat Tarik tidak langsung campuran AC-WC yang mengandung abu jerami sebagai filler.*

Putri Rahma Witri,Khadavi. *Untuk menentukan kadar aspal optimum dan untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi sebagai bahan pengisi filler pada campuran aspal terhadap nilai parameter marshall*

Amiwarti,Herri Purwanto,M. Firdaus,Afriyadi(2024).*Hasil pengujian Diketahui bahwa penambahan abu sekam padi sebagai filler pada campuran aspal AC-WC DAPAT meningkatkan nilai nilai karakteristik Marshall Test.*



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 1 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar

Dikerjakan : RONALDI AGUNG
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 2500gr (chipping)

No. Contoh		I	II	Rata-rata
Berat Contoh Kering Oven (Gr)	A	2445,0 0	2485,0 0	2465,0 0
Berat Contoh Kering Permukaan (Gr)	B	2505,0 0	2505,0 0	2505,0 0
Berat Contoh Dalam Air (Gr)	C	1612,0 0	1605,0 0	1608,5 0
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	$\frac{A}{B - C}$	2,74	2,76	2,75
Berat Jenis Bulk SSD	$\frac{B}{B - C}$	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, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 2 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan Air Agregat Halus

Dikerjakan : RONALDI AGUNG
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 500gr (Pasir)

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

Makassar, april 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



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 : RONALDI AGUNG

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr (Chipping)

Berat Bahan : 500gr (Pasir)

Gradasi Saringan		I		No. Sampel		II	
Lolos	Tertahan	A	B	C	D		
		Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)		
¾”	½”	2500	2332	2500	2458		
½”	⅜”	2500		2500			
Jumlah Berat (gram)		5000		5000			
Tertahan Saringan No. 8		2332		2458			
Keausan		$\frac{5000-2332}{5000} \times 100\% = 53,36\%$		$\frac{5000-2458}{5000} \times 100\% = 50,84\%$			
$\frac{A-B}{A} \times 100\%$							
Rata-rata		52,10%					

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



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 : Ronaldi Agung

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr (Chipping)

Nomor	Gradasi Saringan	Ukuran Thicknes Gauge		Berat Lolos Slot (Gram)	Berat Tertahan Slot (Gram)	Total Berat (Gram)
		Lebar (mm)	Panjang (mm)			
I	3/4" 1/2"	6.6	38.2	110	390	500
I	1/2" 3/8"	7	25.4	138	362	500
I		4.8				
Total				248	752	1000
Indeks = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100$ % Kepipihan				$\frac{248}{1000} \times 100\% = 24.8\%$		

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



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 : Ronaldi Agung

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr (Chipping)

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

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Dikerjakan : Ronaldi Agung
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1500
Material : Chipping

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	150,00	150,00	10,00	90,00
3/8"	290,00	440,00	29,33	70,67
4	490,00	930,00	62,00	38,00
8	570,00	1500,00	100,00	0,00
16	0,00	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, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Dikerjakan : Ronaldi Agung

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000

Material : Pasir

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
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	190,00	190,00	19,00	81,00
30	150,00	340,00	34,00	66,00
50	170,00	510,00	51,00	49,00
100	180,00	690,00	69,00	31,00
200	190,00	880,00	88,00	12,00
PAN	120,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 8 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/Abu Batu

Dikerjakan : Ronaldi Agung
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1000
Material : Abu Batu

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
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	0,00	0,00	0,00	100,00
50	90,00	90,00	9,00	91,00
100	490,00	580,00	58,00	42,00
200	250,00	830,00	83,00	17,00
PAN	170,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 10 Proporsi Gabungan KAO

Dikerjakan : Ronaldi Agung

Pengujian Kadar Aspal : 5.0%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19.00	172.88	0.00	172.88
1/2"	12.70	203.03	0.00	203.03
3/8"	9.80	111.15	0.00	111.15
4	4.75	195.62	0.00	195.62
8	2.35	58.32	0.00	58.32
16	1.18	0.00	76.61	76.61
30	0.60	0.00	64.24	64.24
50	0.30	0.00	67.43	67.43
100	0.15	0.00	56.66	56.66
200	0.075	0.00	72.62	72.62
PAN	0.00	0.00	61.45	61.45
Berat Total Agregat				1140.00
Berat Aspal (5%)				60.00
Total				1200.00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 11 Proporsi Gabungan KAO

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian Kadar Aspal : 5.5%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19.00	171.97	0.00	171.97
1/2"	12.70	201.97	0.00	201.97
3/8"	9.80	110.57	0.00	110.57
4	4.75	194.59	0.00	194.59
8	2.35	58.01	0.00	58.01
16	1.18	0.00	76.20	76.20
30	0.60	0.00	63.90	63.90
50	0.30	0.00	67.08	67.08
100	0.15	0.00	56.36	56.36
200	0.075	0.00	72.24	72.24
PAN	0.00	0.00	61.12	61.12
Berat Total Agregat				1134.00
Berat Aspal (5.5%)				66.00
Total				1200.00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 12 Proporsi Gabungan KAO

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian Kadar Aspal : 6.0%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19.00	171.06	0.00	171.06
1/2"	12.70	200.90	0.00	200.90
3/8"	9.80	109.98	0.00	109.98
4	4.75	193.56	0.00	193.56
8	2.35	57.70	0.00	57.70
16	1.18	0.00	75.80	75.80
30	0.60	0.00	63.56	63.56
50	0.30	0.00	66.72	66.72
100	0.15	0.00	56.06	56.06
200	0.075	0.00	71.85	71.85
PAN	0.00	0.00	60.80	60.80
Berat Total Agregat				1128.00
Berat Aspal (6%)				72.00
Total				1200.00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 13 Proporsi Gabungan KAO

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian Kadar Aspal : 6.5%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19.00	170.15	0.00	170.15
1/2"	12.70	199.83	0.00	199.83
3/8"	9.80	109.40	0.00	109.40
4	4.75	192.54	0.00	192.54
8	2.35	57.40	0.00	57.40
16	1.18	0.00	75.40	75.40
30	0.60	0.00	63.22	63.22
50	0.30	0.00	66.37	66.37
100	0.15	0.00	55.76	55.76
200	0.075	0.00	71.47	71.47
PAN	0.00	0.00	60.48	60.48
Berat Total Agregat				1122.00
Berat Aspal (6.5%)				78.00
Total				1200.00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 14 Proporsi Gabungan KAO

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian Kadar Aspal : 7.0%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19.00	169.24	0.00	169.24
1/2"	12.70	198.76	0.00	198.76
3/8"	9.80	108.81	0.00	108.81
4	4.75	191.51	0.00	191.51
8	2.35	57.09	0.00	57.09
16	1.18	0.00	75.00	75.00
30	0.60	0.00	62.89	62.89
50	0.30	0.00	66.01	66.01
100	0.15	0.00	55.47	55.47
200	0.075	0.00	71.09	71.09
PAN	0.00	0.00	60.15	60.15
Berat Total Agregat				1116.00
Berat Aspal (7%)				84.00
Total				1200.00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 16 Analisa Nilai Variasi Bottom Ash

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Penelitian : Tugas Akhir

Variasi Jerami Padi	No. Saringan			
	50	100	200	pan
0	17,13	93,27	47,59	32,36
25	4,28	23,32	11,90	8,09
50	8,57	46,64	23,79	16,18
75	12,85	69,95	35,69	24,27

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 17 Proporsi Gabungan

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian : 25%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Abu Batu	Abu jerami padi	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2"	12,70	71,66	0,00	0,00	0,00	71,66
3/8"	9,80	138,52	0,00	0,00	0,00	138,52
4	4,75	234,12	0,00	0,00	0,00	234,12
8	2,35	272,32	0,00	0,00	0,00	272,32
16	1,18	0,00	40,42	0,00	0,00	40,42
30	0,60	0,00	31,91	0,00	0,00	31,91
50	0,30	0,00	36,17	12,85	4,28	53,30
100	0,15	0,00	38,29	69,95	23,32	131,57
200	0,075	0,00	40,42	35,69	11,90	88,01
PAN	0,00	0,00	25,53	24,27	8,09	57,89
Berat Total Agregat						1119,72
Berat Aspal (6,69%)						80,28
Total						1200,00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 18 Proporsi Gabungan

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian : 50%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Abu Batu	Abu jerami padi	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2"	12,70	71,66	0,00	0,00	0,00	71,66
3/8"	9,80	138,52	0,00	0,00	0,00	138,52
4	4,75	234,12	0,00	0,00	0,00	234,12
8	2,35	272,32	0,00	0,00	0,00	272,32
16	1,18	0,00	40,42	0,00	0,00	40,42
30	0,60	0,00	31,91	0,00	0,00	31,91
50	0,30	0,00	36,17	8,57	8,57	53,30
100	0,15	0,00	38,29	46,64	46,64	131,57
200	0,075	0,00	40,42	23,79	23,79	88,01
PAN	0,00	0,00	25,53	16,18	16,18	57,89
Berat Total Agregat						1119,72
Berat Aspal (6,69%)						80,28
Total						1200,00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101
Makassar 90231

Lampiran 19 Proporsi Gabungan

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Pengujian : 75%

Penelitian : Tugas Akhir

Saringan	Bukaan	Chipping	Pasir	Abu Batu	Abu jerami padi	Total
No.	(mm)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2"	12,70	71,66	0,00	0,00	0,00	71,66
3/8"	9,80	138,52	0,00	0,00	0,00	138,52
4	4,75	234,12	0,00	0,00	0,00	234,12
8	2,35	272,32	0,00	0,00	0,00	272,32
16	1,18	0,00	40,42	0,00	0,00	40,42
30	0,60	0,00	31,91	0,00	0,00	31,91
50	0,30	0,00	36,17	4,28	12,85	53,30
100	0,15	0,00	38,29	23,32	69,95	131,57
200	0,075	0,00	40,42	11,90	35,69	88,01
PAN	0,00	0,00	25,53	8,09	24,27	57,89
Berat Total Agregat						1119,72
Berat Aspal (6,69%)						80,28
Total						1200,00

Makassar, April 2024

Mengetahui ;
Koordinator Laboratorium
Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 20 Analisa Data Pengujian Marshall

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Penelitian : Tugas Akhir

Variasi Substitusi Filler Abu Jerami Padi (%)	No. Sampel	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Marshall					
			VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
0	1	6,69	3,45	16,19	78,72	806,00	3,20	251,88
	2		4,13	16,79	75,39	837,00	2,10	398,57
	3		4,82	17,39	72,25	930,00	2,00	465,00
Rata-rata			4,13	16,79	75,46	857,67	2,43	371,82
25	1	6,69	4,82	17,39	72,25	868,00	1,80	482,22
	2		2,14	15,06	85,77	899,00	2,70	332,96
	3		6,27	18,64	66,38	917,60	2,60	352,92
Rata-rata			4,41	17,03	74,80	894,87	2,37	389,37
50	1	6,69	-1,29	12,08	110,71	830,80	2,30	361,22
	2		6,73	19,04	64,66	892,80	2,60	343,38
	3		7,33	19,56	62,53	923,80	2,20	419,91
Rata-rata			4,25	16,89	79,30	882,47	2,37	374,84
75	1	6,69	-0,33	12,91	102,56	930,00	2,30	404,35
	2		-2,50	11,03	122,62	911,40	2,20	414,27
	3		16,89	27,86	39,38	892,80	2,10	425,14
Rata-rata			4,69	17,27	88,19	911,40	2,20	414,59

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL

PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101

Makassar 90231

Lampiran 21 Analisa Data Pengujian Cantabro

Dikerjakan : RONALDI AGUNG

Penelitian : Tugas Akhir

Variasi Filler Abu Jerami Padi	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 REAM
(%)		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
0	1	6,69	1189	1186	3	0,252	Maks.20
	2		1178	1175	3	0,255	
	3		1175	1171	4	0,340	
Rata-Rata		1181	1177	3	0,282		
25	1	6,69	1131	1074	57	5,040	
	2		1138	1073	65	5,712	
	3		1113	1045	68	6,110	
Rata-Rata		1127	1064	63	5,620		
50	1	6,69	1140	1058	82	7,193	
	2		1164	1069	95	8,162	
	3		1162	1065	97	8,348	
Rata-Rata		1155	1064	91	7,901		
75	1	6,69	1150	1060	90	7,826	
	2		1165	1055	110	9,442	
	3		1170	1030	140	11,966	
Rata-Rata		1162	1048	113	9,745		

Makassar, April 2024

Mengetahui ;

Koordinator Laboratorium

Sipil Universitas Fajar

(Dr. Erdawaty, ST., MT)

DOKUMENTASI



Limbah Jerami Padi



Limbah Jerami Padi Setelah Dibakar



Penyaringan Jerami Padi



Penimbangan Agregat



Proses Pemanasan aggregate Dan Pemanasan Aspal



Proses Pencetakan Sampel



Sampel Dikeluarkan dari Mould Menggunakan Dongkrak



Penimbangan Kering Di Udara



Penimbangan SSD



Penimbangan Dalam Air



Pengujian Marshall



Pengujian Cantabro



Hasil Pengujian Cantabro