

**STUDI EKSPERIMENTAL JUMLAH TUMBUKAN PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS YANG MENGGUNAKAN
LIMBAH OLI SEBAGAI PEREMAJA**

TUGAS AKHIR

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

Oleh

Octaviana

1520121046



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
2019**

**“STUDI EKSPERIMENTAL JUMLAH TUMBUKAN PADA
CAMPURAN ASPAL PORUS YANG MENGGUNAKAN
LIMBAH OLI SEBAGAI PEREMAJA”**

Oleh :

OCTAVIANA

NIM : 1520121046

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Tanggal 13 September 2019

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Sri Gusty, S.T., M.T.

Dr. Ir. Nur Khaerat Nur, S.T., M.T., IPM

NIDN : 0908088504

NIDN : 0901107301

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar

Dr. Ermati, S.T., M.T.

NIDN : 0906107701

Fatmawaty Rachim, S.T., M.T.

NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

“Studi Eksperimental Jumlah Tumbukan Pada Campuran Aspal Porus Yang Menggunakan Limbah Oli Sebagai Peremaja” adalah karya orisinal saya dan setian dan seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmia Yang Berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Makassar, 30 September 2019

Yang menyatakan,



ABSTRAK

Studi Eksperimental Jumlah Tumbukan Pada Campuran Aspal Porus Yang Menggunakan Limbah Oli Sebagai Peremaja, Octaviana. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Aspal porus adalah suatu inovasi teknologi di bidang bahan perkerasan jalan, dimana memungkinkan air mengalir kedalam campuran aspal melalui rongga menerusnya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui variasi jumlah tumbukan pada aspal porus terhadap nilai karakteristik marshall dan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap nilai kehilangan berat serta pengujian cantabro. Penelitian ini berbasis penelitian eksperimental di laboratorium. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 24 briket masing-masing 12 benda uji pada pengujian marshall dan cantabro yang divariasikan berdasarkan jumlah tumbukan. Hasil penelitian ini bahwa pada karakteristik marshall hanya pada benda uji tumbukan 2x50 yang memenuhi VIM yang disyaratkan yaitu 18-25% dan juga pada nilai *flow* benda uji dengan tumbukan 2x50 yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu 2,0-4,0 mm. Sedangkan pada nilai VMA, VFB, Stabilitas dan marshall quotient benda uji pada setiap variasi tumbukan tidak ada yang memenuhi spesifikasi., dan untuk nilai kehilangan berat pada pengujian cantabro pada benda uji tumbukan 2x50 dan 2x55 memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dengan nilai rata-rata 15,30% dan 17,28% sedangkan tumbukan 2x65, dan 2x75 memperoleh nilai rata-rata 24,49% dan 53,89% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 20% kehilangan berat.

Kata Kunci :Aspal porus , Limbah Oli, Marshall, Cantabro, Variasi jumlah tumbukan, Kehilangan berat

ABSTACK

Experimental Studies On The Effect Of The Amount Of Impact On The Asphalt Porus Mixture Using Oil Waste As A Flux, Octaviana. Asphalt in the pavement layer functions as a binding material between the aggregates to form a compact mixture, so that it will give strength to each aggregate. Asphalt porous is a technological innovation in the field of road pavement materials, which allows water to flow into the asphalt mixture through its continuous cavity. The purpose of this study is to determine the variation in the number of collisions on asphalt porous on the characteristic value of Marshall and to determine the effect of variations in the number of collisions on the value of weight loss and cantabro testing. This research is based on experimental research in the laboratory. The number of specimens used was 24 briquettes each with 12 specimens in the Marshall and Cantabro tests which were varied based on the number of collisions. The results of this study that the characteristics of Marshall only on 2x50 collision specimens that meet the required VIM is 18-25% and also on the flow of specimens with 2x50 collisions that meet the required specifications of 2.0-4.0 mm. Whereas the VMA, VFB, Stability and Marshall quotient values of each collision variation did not meet the specifications. 30% and 17.28%, while the collision test pieces 2x65, and 2x75 obtained an average value of 24.49% and 53.89% did not meet the required specifications ie a maximum of 20% weight loss.

Keywords: Asphalt porous, Oil Waste, Marshall, Cantabro, Variation in the amount of impact, Weight loss

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa selesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, doa, dan bantuan dari semua pihak. Sejak dari mulai penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini adalah berkat keterlibatan berbagai pihak. Olehnya pada kesempatan ini secara khusus kami mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Dr. Sri Gusty ST., MT, selaku pembimbing I dalam penelitian ini.
2. Dr. Ir. Nur Khaerat Nur, ST., MT., IPM selaku pembimbing II dalam penelitian ini.
3. Fatmawaty Rachim, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar,
4. Orang Tua serta keluarga besar kami yang senantiasa mendoakan agar kami selalu diberi kekuatan dan kesabaran
5. Saudara saudaraku di Program Studi Teknik Sipil khususnya angkatan 2015
6. Serta semua pihak dengan segala kerendahan hati membantu kami dalam penyelesaian laporan ini.

Tak lupa pula kami haturkan maaf kepada seluruh pihak yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini jika terdapat kekeliruan dan kesalahan yang penulis perbuat, baik tutur kata maupun tingkah laku yang tidak berkenan selama dalam masa pengerjaan tugas akhir ini. Kami berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, walaupun kami sadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak

kekurangan. Kami mengharapkan koreksi dan saran atas kekurangan dari penulis guna untuk menyempurnakan.

Akhir kata semoga semua bantuan dan amal baik tersebut mendapatkan limpahan berkah dan anugerah dari Allah SWT..... Amin.

Makassar, 30 september 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan.....	5
II.2 Agregat.....	8
II.2.1 Daya Tahan Agregat.....	9
II.2.2 Bentuk dan tekstur agregat.....	9
II.3 Aspal	10
II.4 Aspal Buton (ASBUTON)	10
II.4.1 Karakteristik Asbuton.....	12
II.5 Aspal Porus.....	17
II.5.1 Keuntungan penggunaan Aspal Porus.....	18
II.5.2 Kekurangan penggunaan Aspal Porus.....	19
II.5.3 Gradasi Agregat Aspal Porus	19

II.5.4 Gradasi Campuran Aspal Porus	21
II.5.5 Area Yang Tidak Efektif Untuk Penggunaan Aspal Porus.....	24
II.6 Bahan Peremaja	24
II.7 Limbah Oli.....	25
II.8 Pemasangan	26
II.9 Pengujian Campuran Aspal.....	28
II.9.1 Pengujian Marshall.....	28
II.9.2 Pengujian Cantabro	33
II. 10. Study Kajian Terdahulu.....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
III.1 Waktu Dan Lokasi	37
III.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Bahan.....	38
III.2.1. Pengujian Material Agregat.....	38
III.2.2 Pengujian Asbuton Butir	39
III.2.3 Pemilihan Tipe Gradasi	40
III.3 Pembuatan Campuran Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin	40
III.4 Pemeriksaan Kinerja Campuran Aspal Porus	41
III.4.1. Pengujian Karakteristik Aspal Porus.....	41
III.5 Pengujian Benda Uji	42
III.5.1 Pengaruh Aspal Porus Terhadap Pengujian <i>Marshall</i>	42
III.5.2 Ketahanan Aspal Porus Terhadap Pengujian <i>Cantabro</i>	44
III.6 Kerangka Pikir Penelitian	46
III.7 Bagan Alir Penelitian	47

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	48
IV.1. Hasil Uji Karakteristik Material	48
IV.1.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat.....	48
IV.2. Penentuan Gradasi Campuran	49
IV.3. Pengujian Campuran Aspal.....	52
IV.3. Pengujian Apal Porus Terhadap <i>Karakteristi Marshall</i>	52
IV.3.2. Pengujian Apal Porus Terhadap Cantabro Test.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
V.1. Kesimpulan	60
V.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II. 1 Perkiraan Deposit Asbuton	12
Tabel II. 2 Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton Lawele	13
Tabel II. 3 Sifat-Sifat Kimia Bitumen Asbuton Lawele	14
Tabel II. 4 Komposisi Kimia Mineral Asbuton Lawele.....	15
Tabel II. 5 Pengujian Asbuton Butir.....	16
Tabel II. 6 Hasil pengujian karakteristik Asbuton tipe 50/30	16
Tabel II. 7 Batas Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus.....	20
Tabel II. 8 Ketentuan Campuran Aspal Porus.....	22
Tabel III. 1 Jumlah Benda Uji	38
Tabel III. 2 Metode Pengujian Agregat Kasar.....	38
Tabel III. 3 Pengujian Agregat Halus	39
Tabel III. 4 Pengujian Asbuton Butir.....	39
Tabel III. 5 Batas Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus.....	40
Tabel IV. 1 Karakteristik sifat fisik agregat kasar.....	48
Tabel IV. 2 Karakteristik sifat sifat agregat halus	49
Tabel IV. 3 Gradasi gabungan.....	50
Tabel IV. 4 Penentuan Komposisi Agregat pada penambahan LGA 6%	51
Tabel IV. 5 Kadar Aspal Minyak Setelah Penambahan LGA.....	52
Tabel IV. 6 Hasil pengujian marshall	52
Tabel IV. 7 Hasil rata rata pengujian Cantabro	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II. 1 Susunan Lapis Keras Pada Perkerasan Lentur.....	7
Gambar II. 2 Jenis Gradasi Agregat.....	21
Gambar III. 1 Alat Pengujian Marshall.....	44
Gambar III. 2 Alat Penguji Cantabro.....	45
Gambar. IV. 1 Gradasi gabungan agregat.....	50
Gambar. IV. 2 Nilai perbandingan VIM tumbuka 2x50, 2x55, 2x65, 2x75	53
Gambar. IV. 3 Nilai perbandingan VMA tumbuka 2x50, 2x55, 2x65, 2x75.....	54
Gambar. IV. 4 Nilai perbandingan VFB tumbuka 2x50, 2x55, 2x65, 2x75	55
Gambar. IV. 5 Nilai perbandingan Stabilitas tumbuka 2x50, 2x55, 2x65, 2x75	56
Gambar. IV. 6 Nilai perbandingan flow tumbuka 2x50, 2x55, 2x65, 2x75.....	56
Gambar. IV. 7. Nilai perbandingan (MQ) tumbukan 2x50, 2x55, 2x65, 2x75 .	57
Gambar. IV. 8 Nilai perbandingan pengujian cantabro tumbukan 2x50,2x55,2x65 2x75.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar	64
Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus	66
Lampiran 3 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar	68
Lampiran 4 Pemeriksaan Indeks Kepipihan Agregat Kasar	69
Lampiran 5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	70
Lampiran 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	71
Lampiran 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/ Pasir	72
Lampiran 8 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/ Abu Batu	73
Lampiran 9 Analisa Data Bricket Gradasi Ream	74
Lampiran 10 Analisa Data Bricket Penambahan Aspal Minyak Pen 60/70	75
Lampiran 11 Analisa Data Pengujian Marshall Test	76
Lampiran 12 Analisa Data Pengujian Cantabro	77
Lampiran 13 Dokumentasi Penelitian	78

DAFTAR SINGKATAN

		Halaman
Gsb	Berat jenis <i>bulk</i>	23
Gsa	Berat jenis semu/ <i>apparent</i>	23
Gse	Berat jenis efektif	23
Pba	Penyerapan aspal	24
Ga	Berat jenis aspal	24
P1, P2, ..., Pn	Persentase berat komponen agregat 1, 2, ..., n 27	24
G1, G2,..., Gn	Berat jenis <i>bulk</i> dari masing-masing agregat.....	24
A1, A2, ..., A	Berat jenis <i>apparent</i> dari masing-masing agregat.....	24
Gmb	Berat volume kering campuran (gram/cm ³); 33.....	30
Wa	Berat benda uji di udara (gram);	30
Vbulk	Volume benda uji (cm ³)......	30
P	Volume rongga udara dalam campuran (%)......	31
SG _{mix}	Berat jenis maksimum campuran.....	31
SG	<i>Spesific Gravity</i> komponen (gram/cm ³)......	31
D	Berat jenis efektif total agregat(gram/cm ²)......	31
%W	% berat tiap komponen	31
Gsb	Berat jenis kering total agregat;	31
Pb	Kadar aspal (%);.....	31
Gmb	Berat volume kering campuran (gram/cm ³).	31
VFB	<i>Void Filled With Bitumen</i>	32
VMA	<i>Void In The Mineral Aggregate</i>	32
VIM	<i>Void In Mixture</i>	32
MS	Stabilitas Marshall (kg);	33
O	Pembacaan arloji stabilitas (Lbf);	33
N	Angka korelasi volume benda uji;	33
P	Kalibrasi alat Marshall.	33
Mo	Berat sebelum diabradi (gr)	34

Mi	Berat setelah diabrasi (gr)	34
L	Persentase kehilangan berat (%).	34

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Prasarana jalan adalah hal yang sangat penting dalam menunjang aktivitas sosial dan perekonomian, oleh karena itu program prasarana jalan adalah suatu hal yang harus diperhatikan agar dapat melayani perkembangan lalu lintas dan jumlah kendaraan di Indonesia setiap tahun bertambah, lalu lintas semakin padat sehingga sistem transportasi tetap aman dan nyaman. Cuaca yang tidak menentu membuat kualitas jalan permukaan jalan semakin menurun, hal ini menuntut untuk diadakan prasarana yang mampu mengatasi dampak-dampak yang akan timbul, seperti *aquaplaning* atau genangan air yang terdapat pada permukaan jalan serta tingkat keamanan dan kebisingan, salah satu jenis perkerasan jalan yang mampu mengurangi dampak dari beberapa masalah adalah aspal porus. (Baskara Angga K.M , Dkk 2016)

Aspal porus adalah campuran beraspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat porus diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat halus lebih sedikit dibandingkan campuran jenis yang lain. Kandungan rongga/pori dalam jumlah yang besar, diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kegesekan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran (Djumari & Djoko Sarwono 2009). Selama ini, pengaplikasian aspal berongga masih didominasi dengan penggunaan aspal minyak, sementara masalah utama pekerjaan beraspal di

Indonesia adalah kebutuhan aspal nasional yang mencapai 1.2 juta ton/tahun yang tidak dapat dipenuhi dari produksi aspal dalam negeri, sehingga setengah dari jumlah tersebut masih harus diimpor. Sementara ketersediaan aspal minyak yang semakin terbatas dan harganya yang cenderung naik seiring dengan kenaikan harga pasar minyak mentan dunia. (Surya dkk 2012). Asbuton adalah Salah satu campuran beraspal yang sedang digalakkan kembali penggunaannya untuk lapisan permukaan, dengan adanya asbuton butir dapat mengurangi pemakaian aspal minyak di Indonesia.

Untuk memaksimalkan kinerja dari asbuton, dibutuhkan bahan yang mampu meremajakan campuran aspal. Pemerintah Indonesia melalui PP No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) telah menyerukan tentang bahaya limbah bahan berbahaya dan beracun terhadap lingkungan. Salah satu limbah B3 yaitu oli bekas yang hingga saat ini masih minim pemanfaatannya.

Lapisan aspal memiliki karakteristik campuran yaitu *stability*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, tahanan geser (*skid resistance*), kedap air, kemudahan pekerjaan (*workability*), ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*). Dalam pencampuran, jumlah tumbukan dalam pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Dicky Pratama, 2011 bahwa VMA dan VIM pada *Marshall test* cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jumlah tumbukan pada saat pemadatan.

Dari uraian di atas, penulis mencoba melakukan penelitian kinerja campuran aspal porus ditinjau dari pengujian cantabro dengan judul: **“STUDI EKSPERIMENTAL JUMLAH TUMBUKAN PADA CAMPURAN ASPAL PORUS YANG MENGGUNAKAN LIMBAH OLI SEBAGAI PEREMAJA”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh nilai karakteristik marshall pada variasi tumbukan pada aspal porus?
2. Bagaimana pengaruh nilai kehilangan berat pada variasi jumlah tumbukan pada aspal porus?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik marshall pada variasi tumbukan pada aspal porus.
2. Untuk mengetahui pengaruh nilai kehilangan berat pada variasi jumlah tumbukan pada aspal porus.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan melalui pengujian skala laboratorium, tidak dilakukan pengujian skala lapangan.
2. Penelitian ini menggunakan LGA tipe 50/30 sebagai bahan pengikat dengan kadar 6% pada campuran dan menggunakan bahan peremaja oli bekas.

3. Gradasi yang digunakan adalah gradasi sesuai spesifikasi Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008.)
4. Persentase penggunaan limbah oli 2%
5. Metode pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode pengujian Cantabro dan Marshall
6. Variasi penggunaan jumlah tumbukan adalah 2x50,2x55,2x65,2x75 tumbukan pada setiap sisi benda uji dengan tinggi tumbuka 48cm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan, yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas kemudian menyebarkan beban, baik kearah horizontal maupun vertikal dan akhirnya meneruskan beban ketanah dasar (*Subgrade*) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah yang diijinkan. Lapisan perkerasan suatu jalan terdiri dari satu ataupun beberapa lapisan material batuan dan bahan ikat. Bahan bantuan dapat terdiri dari berbagai fraksi batuan yang direncanakan sedemikian sehingga memenuhi persyaratan yang dituntut.

Secara umum konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu :

a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur terbuat dari bahan bantuan dari berbagai fraksi membentuk gradasi batuan yang sesuai dengan persyaratan dan diikat oleh bahan pengikat aspal. Perkerasan lentur umumnya mempunyai kelenturan yang cukup tinggi kalau dibandingkan dengan lapisan keras kaku, sehingga sangat baik digunakan pada konstruksi jalan yang mengalami lendutan yang relative besar akibat beban lalu lintas.

b. Perkerasan Tegar (*Rigid Pavement*)

Perkerasan tegar adalah perkerasan yang terdiri dari komponen batuan (agregate) kerikil dan pasir yang dicampur dan diikat oleh bahan pengikat semen

Portland (PC). Perkerasan ini terdiri dari plat beton semen yang diletakkan langsung ditanah dasar yang telah dipersiapkan ataupun diatas pondasi (base) agregat kelas A / B.

Perbedaan utama dari perkerasan lentur dan perkerasan kaku adalah bagaimana cara struktur tersebut melimpahkan beban lalu lintas ke tanah dasar (subgrade). Perkerasan kaku mampu menyebarkan beban pada tanah dasar dengan daerah yang luas, sehingga tekanan yang diterima tanah dasar persatuan luas akibat beban lalu lintas menjadi sangat kecil. Kekakuan yang dimiliki oleh perkerasan tegar dapat ditingkatkan dengan memperbaiki mutu bahan penyusunnya yang berarti menaikkan mutu beton semennya.

Berbeda dengan perkerasan kaku, pada perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis, sehingga kemampuan untuk melimpahkan beban lalu lintas ketanah dasar tergantung dari sifat-sifat penyebaran beban oleh masing-masing lapisan. Berdasarkan kenyataan diatas maka kekuatan dari jenis perkerasan lentur ini ditentukan oleh kekuatan bahan penyusunnya, tebal masing-masing lapisan dan kekuatan tanah dasarnya.

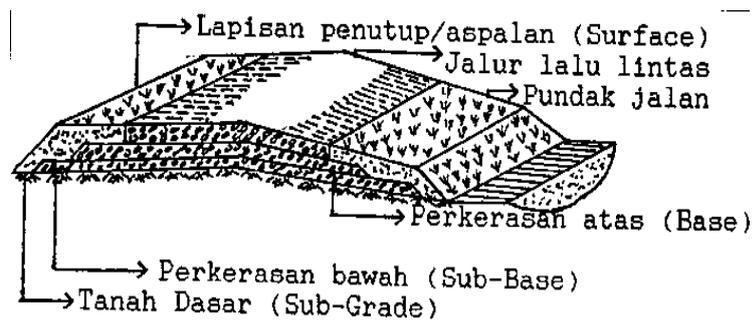
Dalam penelitian tugas akhir ini hanya akan dibahas untuk perkerasan lentur saja. khususnya beton aspal. Ditinjau dari kualitas konstruksi, lapis keras beton aspal merupakan konstruksi lapis keras paling bagus. Untuk mendapatkan kualitas ini, persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi pada pembuatan konstruksi beton aspal juga paling ketat.

Fungsi dari lapis permukaan adalah :

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

Pada prinsipnya lapis perkerasan lentur(Flexible Pavement) tersusun atas 3 (Tiga) bagian,yaitu

1. Lapis pondasi bawah (*Sub-base Course*)
2. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
3. Lapis permukaan (*Surface course*)



Gambar II. 1 Susunan Lapis Keras Pada Perkerasan Lentur

Sumber : *Konstruksi Jalan Raya, Ir, Djoko Untung S, Badan Penerbit Pekerjaan Umum (1984)*

Lapis perkerasan bawah (*Sub-base*) terletak langsung diatas permukaan tanah dasar (*Sub-grade*) yang telahdipersiapkan, kemudlan diantaranya adalah lapis perkerasanatas (*Base*). Lapisan yang langsung berhubungan dengan rodakendaraan dan terletak paling atas adalah lapis permukaan (*Surface*) yang berupa campuran aspal dan agregat denganketebalan yang relatif tipis.

II.2 Agregat

Agregat sebagai salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Pemakaian agregat sebagai bahan perkerasan jalan perlu diperhatikan mengenai gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir tekstur permukaan, porusitas, absorpsi berat jenis dan daya kelekatan aspal.

Berdasarkan besar partikel-partikel agregat dibedakan atas:

1. Agregat kasar : agregat $> 4,75$ mm menurut ASTM atau > 2 mm menurut AASHTO.
2. Agregat halus : agregat $< 4,75$ mm menurut ASTM atau < 2 mm dan $> 0,075$ mm menurut AASHTO.
3. *Filler* : agregat halus yang umumnya lolos saringan no. 200.

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen (Sukirman S, 2003).

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75- 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dan sifat-sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. (Sukirman, 1999).

Sifat-sifat agregat antara lain adalah :

II.2.1 Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi :

1. Jenis agregat, jenis agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras,
2. Gradasi, gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dari pada gradasi rapat,
3. Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar dari yang berbentuk kubus/bersudut,
4. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari pada partikel dengan ukuran besar,
5. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

II.2.2 Bentuk dan tekstur agregat

1. Bulat, yaitu agregat yang dijumpai di sungai, pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat;
2. Lonjong, dikatakan lonjong bila ukuran terpanjangnya $>1,8$ kali diameter rata-rata;

3. Kubus, merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*crusher stone*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, (berbentuk bidang rata sehingga memberikan interlocking/saling mengunci yang lebih besar);
4. Pipih, dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu maupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih;
5. Tak beraturan, merupakan agregat yang tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas.

II.3 Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur asphaltenes, resins, dan oils. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Pada temperatur ruang aspal bersifat thermoplastis, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama 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 (Sukirman 2003).

II.4 Aspal Buton (ASBUTON)

Pada tahun delapan puluhan produksi Asbuton mengalami titik nadir. Sedangkan pada periode sembilan puluhan, Asbuton yang dihasilkan tidak optimal

akibat kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh penggunaan teknologi yang tidak tepat. Namun demikian, sesuai dengan Renstra Departemen Pekerjaan Umum 2005-2009, Asbuton dipatok sebanyak 556.000 ton untuk digunakan pada pemeliharaan jalan nasional. Disamping itu, sekitar 550.000 km jalan-jalan provinsi, kabupaten, dan kota serta jalan lainnya berpeluang untuk menerapkan Asbuton dalam lapisan aspalnya.

Asbuton terbentuk secara alami akibat proses geologi, yaitu berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul kepermukaan menyusup diantara batuan yang porous. Asbuton pertama kali ditemukan oleh seorang warga negara Belanda bernama Hetzel pada tahun 1920. Selanjutnya pada tahun 1936, Hetzel telah memetakan deposit Asbuton di pulau Buton. Deposit Asbuton tersebar di beberapa daerah di pulau Buton antara lain di Rongi, Kabungka, Lawele, Repe, Rota, Madullah, namun dari beberapa deposit Asbuton yang ada baru deposit Kabungka dan Lawele saja yang saat ini sudah dieksplorasi (Budiamin et al. 2016) perkiraan deposit asbuton dapat dilihat pada Tabel II.1.

Cadangan Asbuton sesuai pengkajian yang dilakukan oleh Alberta Research Council pada tahun 1980-an dan divalidasi oleh Pusjatan Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2010 – 2013 adalah sebesar 662,960 juta ton (Pusjatan PU, 2014).

Tabel II. 1 Perkiraan Deposit Asbuton

NO	Lokasi	Luas (m ²)	Tebal (m)	Deposit (ton)
1	Rongi	57.755.000	78	226.165.670
2	Kabungka	181.004.200	78	312.718.460
3	Lawele	130.906.500	78	99.786.080
4	Epe	1.720.000	78	2.011.157
5	Rota	4.530.000	78	19.596.780
6	Madullah	620.000	78	2.682.120
Total		376.537.850		662.960.267

Sumber : *Pusjatan PU, 2014*

II.4.1 Karakteristik Asbuton

Karakteristik Asbuton tergantung di daerah mana Asbuton tersebut diperoleh. Sampai saat ini baru dua daerah yang ditimbang, yaitu di daerah Kabungka dan Lawele. Kandungan bitumen/aspal Asbuton pada daerah Lawele sekitar 25 – 35%, sedangkan pada daerah Kabungka sekitar 12 – 20% (Pusjatan PU, 2006).

Bitumen yang terkandung pada Asbuton beda dengan aspal minyak yang diperoleh dari hasil proses destilasi. Bitumen pada Asbuton diperoleh dengan cara ekstraksi, sehingga masih ada resin dan fraksi ringan yang terkandung didalamnya, sehingga karakteristik kedua jenis ini berbeda.

Didalam Asbuton terdapat dua unsur utama, yaitu aspal dan mineral. Pada pemanfaatannya untuk pekerjaan pengaspalan, kedua unsur tersebut akan sangat dominan mempengaruhi kinerja dari campuran beraspal yang direncanakan.

Aspal berperan sebagai bahan pengikat, sedangkan mineral dapat berperan sebagai *filler* didalam campuran beraspal, sifat-sifat fisik asbuton lawele dapat dilihat pada Tabel II.2.

Tabel II. 2 Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton Lawele

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar aspal, %	30,08
Penetrasi, 25°C, 5 cm/menit, cm	36
Titik lembek, °C	59
Daktalitas, 25°C, 5cm/menit, cm	>140
Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃ , %	99,6
Titik nyala, °C	198
Berat jenis	1,037
Penurunan berat (TFOT), 163 , °C, 5 jam	0,31
Penetrasi setelah TFOT, °C	94
Titik lembek setelah TFOT, cm	62
Daktalitas setelah TFOT, cm	>140

Sumber : Pusjatan PU, 2006

Dilihat dari komposisi kimianya, Asbuton dari kedua daerah deposit memiliki senyawa nitrogen yang tinggi dan parameter maltennya yang baik. Hal

tersebut mengindikasikan bahwa Asbuton memiliki pelekatan yang baik dengan agregat dan keawetan yang cukup. Sifat-sifat kimia Bitumen Asbuton Lawele diperlihatkan pada Tabel II.3

Tabel II. 3 Sifat-Sifat Kimia Bitumen Asbuton Lawele

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
Nitrogen (N), %	30,08
Acidafins (A1), %	6,60
Acidafins (A2), %	8,43
Parafin (P), %	8,86
Parameter Maltene	2,06
Nitrogen/Parafin, N/P	3,28
Kandungan Asphaltene, %	46,92

Sumber : Pusjatan PU, 2006

Mineral asbuton didominasi oleh batu kapur yang sangat halus, terbentuk dari jasad renik binatang purba yang relatif keras berkadar kalsium tinggi dan baik sebagai *filler* pada campuran beraspal. Hasil pengujian analisis kimia mineral asbuton hasil ekstraksi dari lokasi Lawele diperlihatkan pada Tabel II.4.

Tabel II. 4 Komposisi Kimia Mineral Asbuton Lawele

Senyawa	Hasil Pengujian
CaCO ₃	72,90
MgCO ₃	1,28
CaSO ₄	1,94
CaS	0,52
H ₂ O	2,94
SiO ₂	17,06
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	2,31
Residu	1,06

Sumber : Pusjatan Kementrian PU, 2006

Berikut merupakan Tabel hasil pengujian asbuton butir di tinjau dari Standar Nasional Indonesia (SNI), dimana tipe 5/20 berasal dari Kabungka, Tipe 30/25 berasal dari gabungan antara Kabungka dan Lawele dan Tipe 50/30 berasal dari Lawele dapat dilihat pada Tabel II.7.

Keterangan :

1. Asbuton butir tipe 5/20 : Kelas penetrasi 5 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20%.
2. Asbuton butir tipe 30/25 : Kelas penetrasi 30 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25%.
3. Asbuton butir tipe 50/30 : Kelas penetrasi 50 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 30%.

Tabel II. 5 Pengujian Asbuton Butir

Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe	Tipe	Tipe
		5/20	30/25	50/30
Kadar bitumen asbuton; %	SNI 03-3640-1994	18-22	23 – 27	25 – 30
Ukuran butir				100
Lolos Ayakan 3/8" (9,5mm); %	SNI 03-1968-1990			
Lolos Ayakan No 4 (4,75mm); %	SNI 03-1968-1990		100	
Lolos Ayakan No 8 (2,36 mm); %	SNI 03-1968-1990	100		
Kadar air; %	SNI 06-2490-1991	Maks2	Maks2	Maks2

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan rekayasa Sipil PU, 2012

Tabel II. 6 Hasil pengujian karakteristik Asbuton tipe 50/30

No	Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Kadar aspal hasil ekstrak, %	25,47	25-30
2	Kadar mineral hasil ekstrak, %	74,53	-
3	Kadar air, %	1,8	Mak. 2
4	Titik nyala sebelum ekstraksi, °C	168	Mak. 2
5	Berat Jenis Asbuton sebelum ekstrak	1,78	Mak. 2

Sumber : PT. Summitama Intinusa

Asbuton Butir 50/30 yang digunakan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh (Gusty et al. 2017) dalam penelitiannya mengatakan penambahan persentase Asbuton Butir pada campuran aspal berongga mempengaruhi nilai parameter marshall, yaitu *Marshall, Flow Dan Marshall Quetient*.

II.5 Aspal Porus

Aspal porus adalah suatu inovasi teknologi di bidang bahan perkerasan jalan, dimana memungkinkan air mengalir kedalam campuran aspal melalui rongga menerusnya. Akibatnya permukaan jalan tidak terdapat genangan air, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan akibat jalan yang licin. Keuntungan lain adalah bahwa aspal porus dapat mengurangi silau (menyerap cahaya) dan mengurangi kebisingan akibat lalu lintas, dimana semua hal tersebut akan berujung pada meningkatnya tingkat keselamatan pengguna jalan. Campuran aspal porus merupakan campuran yang didesain sebagaimana sehingga setelah dihampar dan dipadatkan akan membentuk suatu material padat dengan rongga udara lebih besar dari 20 persen.

Campuran aspal porus biasanya digunakan untuk lapis penutup (*wearing course*) dan selalu dihampar diatas lapisan dasar yang kedap air. Permasalahan yang sering dialami campuran aspal porus adalah kegagalan fungsi drainase, penglepasan agregat (*aggregate scattering loss*) dan daya tahan terhadap deformasi plastis. Meskipun di banyak negara (terutama Jepang) teknologi campuran aspal porus sudah banyak diterapkan namun di Indonesia teknologi ini belum diyakini kemampuannya secara struktural menahan beban lalulintas.

Penggunaan nama Aspal Porus sangat terkait dengan perilaku atau sifat-

sifat campuran beraspal yang menggunakan gradasi agregat dengan jumlah fraksi kasar diatas 85% dari berat total campuran, sehingga struktur yang dihasilkan lebih terbuka dan berongga. Struktur demikian diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mengalirkan air baik secara arah vertikal maupun horizontal. Campuran Aspal Porus menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), sehingga campuran Aspal Porus disebut juga *open graded asphalt*. Gradasi terbuka terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

II.5.1 Keuntungan penggunaan Aspal Porus

Penggunaan Aspal Porus dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Dapat mengurangi aquaplaning apabila permukaan aspal basah akibat tingginya kadar pori dalam Aspal Porus,
2. Permukaan Aspal Porus sangat kasar dan kesat, oleh karena didominasi oleh agregat kasar sehingga permukaannya memiliki skid resistance (tahanan geser) tinggi yang dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas berupa slipnya ban kendaraan diatas permukaan jalan,
3. Terjadi untaian pori yang membentuk saluran drainase, yang mampu meresapkan air pada arah vertical dan horizontal dan mengalirkannya ke saluran samping jalan sehingga air tidak mempengaruhi lapisan subbase.

4. Dapat meredam kebisingan kendaraan 3–4 dB, dimana kebisingan tersebut diredam oleh pori-pori yang ada dalam Aspal Porus.

II.5.2 Kekurangan penggunaan Aspal Porus

1. Berhubung tingginya kadar rongga di dalam Aspal Porus menyebabkan stabilitas Aspal Porus rendah sehingga perlu mempertimbangkan penggunaannya lebih cermat pada lalu lintas tinggi.

2. Dengan besarnya rongga yang ada dalam perkerasan menyebabkan resiko terhadap bahaya pumping oleh lalu lintas sehingga perlu mendapat perhatian pada proses perencanaan.

3. Peluang terjadinya pelapukan pada perkerasan sangat tinggi oleh karena oksigen dapat memasuki rongga Aspal Porus, sehingga terjadi proses oksidasi pada aspal yang menyebabkan aspal menjadi lapuk.

4. Kemungkinan bahaya desintegrasi perkerasan akan terjadi akibat kurangnya peristiwa interlocking oleh karena penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang besar dan dibatasainya agregat halus yang memiliki fungsi memperkuat interlocking, untuk mempertahankan rongga yang besar dalam perkerasan.

II.5.3 Gradasi Agregat Aspal Porus

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan jalan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Tabel II. 7 Batas Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus.

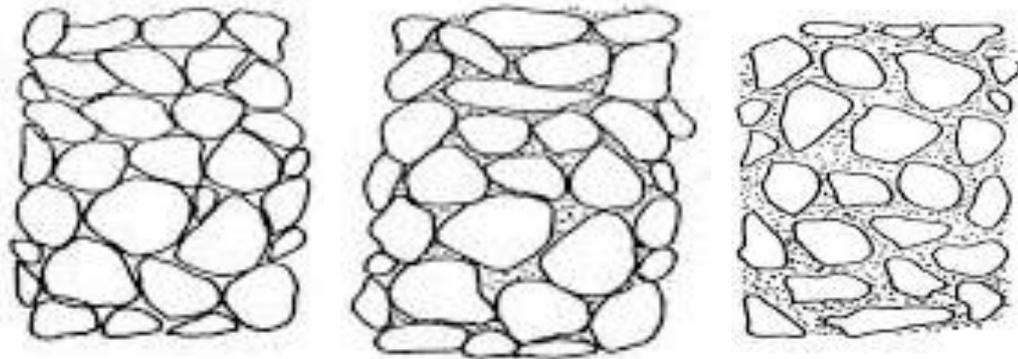
<i>No. Ayakan</i>	<i>Ukuran Ayakan (mm)</i>	<i>Presentase Agregat Lolos (%)</i>	
		<i>Grading A</i>	<i>Grading B</i>
$\frac{3}{4}$	20.0		100
$\frac{1}{2}$	14.0	100	85 – 100
$\frac{3}{8}$	10.0	95 – 100	55 – 75
4	5.0	30 – 50	10 – 25
8	2.36	5 – 15	5 – 10
200	0.075	2 – 5	2 – 4

Sumber : Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008)

.Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak ruang/rongga kosong antara agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
2. Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik.
3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Gradasi ini disebut juga gradasi senjang dan akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua

jenis tersebut di atas. (Sukirman S, 1999:45). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar II.2



a. Gradasi seragam

b. Gradasi rapat

c. Gradasi senjang

Gambar II. 2 Jenis Gradasi Agregat

II.5.4 Gradasi Campuran Aspal Porus

Campuran Aspal Porus menggunakan gradasi terbuka karena Aspal Porus diharapkan dapat berfungsi sebagai drainase, anti slip, anti aquaplaning dan peredam kebisingan yang hanya dapat diperoleh melalui penggunaan gradasi terbuka. Dilakukan uji gradasi terhadap standar gradasi Aspal Porus sehingga dapat diyakini bahwa gradasi tersebut telah memenuhi standar perencanaan untuk Aspal Porus. Campuran Aspal Porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan di atas lapisan aspal yang kedap air. Lapisan Aspal Porus ini secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih terutama diwaktu hujan agar tidak terjadi aquaplaning sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar dan dapat mengurangi kebisingan (*noise reduction*).

Besarnya pori yang tercipta dari Aspal Porus berkisar 20 % setelah pemadatan. Penggunaan nama Aspal Porus sangat terkait dengan perilaku atau sifat-sifat campuran beraspal yang menggunakan gradasi agregat dengan jumlah fraksi kasar diatas 85% dari berat total campuran, sehingga struktur yang dihasilkan lebih terbuka dan berongga. Struktur demikian diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mengalirkan air baik secara arah vertikal maupun horizontal. Peningkatan proporsi agregat kasar dan mengurangi agregat halus dapat meningkatkan nilai rongga dalam campuran (David dan Darmansyah, 2011). Syarat dan ketentuan campuran aspal porus dapat dilihat pada Tabel II.7 .

Tabel II. 8 Ketentuan Campuran Aspal Porus

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1.	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	Maks. 15
2.	Uji aliran aspal kebawah (%)	Maks. 0,3
3.	Kadar rongga didalam campuran (VIM %)	18 – 25
5.	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 350
6.	Kelelehan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 4
7.	<i>Marshall quotient</i> (kg/mm)	Min. 200
8.	Jumlah tumbukan perbidang	50

Sumber :Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008)

Rongga udara yang besar pada agregat gradasi terbuka serta kandungan partikel yang tinggi merupakan suatu hal yang utama untuk menjamin campuran

yang baik. Meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi, meningkatkan keawetan, jumlah perekat harus dijaga keseimbangannya dan tidak boleh berlebihan.

Setelah diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dan berat jenis aspal, maka berat jenis dan penyerapan dari total campuran serta penyerapan aspal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Berat jenis } bulk \text{ (Gsb)} = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{(P1/G1) + (P2/G2) + \dots + (Pn/Gn)} \dots \dots \dots (\text{II.1})$$

(*bulk specific gravity*)

$$\text{Berat jenis semu (Gsa)} = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{(P1/A1) + (P2/A2) + \dots + (Pn/An)} \dots \dots \dots (\text{II.2})$$

(*apparent specific gravity*)

$$\text{Berat jenis efektif (Gse)} = \frac{Gsb + Gsa}{2} \dots \dots \dots (\text{II.3})$$

(*effective specific gravity*)

$$\text{Penyerapan aspal (Pba)} = \frac{Gse - Gsb}{Gsa - Gsb} \times Ga \times 100 \% \dots \dots \dots (\text{II.4})$$

Dimana :

Gsb = Berat jenis *bulk*

Gsa = Berat jenis semu/*apparent*

Gse = Berat jenis efektif

Pba = Penyerapan aspal

Ga = Berat jenis aspal

P_1, P_2, \dots, P_n = Persentase berat komponen agregat 1, 2, ..., n

G_1, G_2, \dots, G_n = Berat jenis *bulk* dari masing-masing agregat

A_1, A_2, \dots, A_n = Berat jenis *apparent* dari masing-masing agregat

II.5.5 Area Yang Tidak Efektif Untuk Penggunaan Aspal Porus

Aspal poros tidak cocok digunakan pada area dengan kondisi (REAM, 2008):

- a) Kekuatan struktur perkerasan di bawah standar,
- b) Terdapat kecenderungan untuk melakukan akselerasi mendadak, pengereman dan membelok misalnya pada persimpangan utama,
- c) Tikungan kecil, jari-jari tikungan < 75 m,
- d) Sudut kemiringan permukaan > 10 %,
- e) Pengaliran bebas tidak dapat dilakukan sepanjang bahu jalan,
- f) Panjang jalan < 100 m,
- g) Terdapat fleksibilitas yang tinggi misalnya di atas jembatan,
- h) Volume lalu lintas melebihi 4.000 smp/lajur/hari saat pembukaan,
- i) Lalu lintas lambat, kecepatan di bawah 40 km/jam.
- j) Daerah pertanian karena kemungkinan tanah akan menutup poros.

II.6 Bahan Peremaja

Bahan peremaja (*modifier*) adalah bahan yang digunakan untuk meremajakan/melunakkan bitumen Asbuton agar bitumen memiliki karakteristik

yang sesuai bahan pengikat pada campuran beraspal. Prinsip kerja bahan peremaja pada campuran Asbuton adalah menggantikan minyak ringan sebagai pelarut yang hilang (teroksidasi) selama proses pencampuran panas di *Aggregate Mixing Plant* (AMP). Bahan peremaja juga bekerja untuk mengaktifkan bitumen yang terperangkap dalam butiran mineral Asbuton agar dapat menyelimuti agregat dengan mudah dan merata (*Workability*) pada saat pencampuran.

Bahan peremaja mengkondisikan *viscositas* aspal tetap lunak pada suhu dingin. Pelunakan aspal hanya bersifat sementara, setelah dihampar dan dipadatkan bahan peremaja akan segera pecah (*break*) dan aspal akan kembali ke sifat-sifat semula sebagai bahan pengikat. Bahan peremaja juga digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat fisik Asbuton didalam campuran, yaitu : meningkatkan kelengketan antara aspal dan agregat, meningkatkan elastisitas (kelenturan) meningkatkan daya tahan terhadap rutting dan stripping serta mencegah terjadinya penggumpalan pasca pencampuran.

II.7 Limbah Oli

Saat ini penggunaan asbuton di Indonesia belum optimal karena masih kalah bersaing dengan aspal minyak. Sehingga ketersediaan asbuton di Indonesia masih melimpah. Juga melimpahnya bahan perkerasan jalan yang dapat didaur ulang akan lebih bermanfaat dengan penambahan oli bekas dan solar sebagai bahan peremaja. Hal ini dikarenakan aspal yang mempunyai viskositas tinggi memerlukan bahan pelarut yang viskositasnya lebih rendah sehingga bahan peremaja dapat menyebar dengan merata pada agregat aspal daur ulang.

Pemerintah Indonesia melalui PP No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) telah menyerukan tentang bahaya limbah bahan berbahaya dan beracun terhadap lingkungan. Salah satu limbah B3 yaitu oli bekas kendaraan yang hingga saat ini pemamfaatannya masih minim. Oli bekas digunakan sebagai bahan peremaja karena oli bekas ketersediaannya yang melimpah seiring pesatnya pertumbuhan penduduk Indonesia, dan mudahnya mendapatkan ketersediaan oli bekas baik di kota besarmaupun di daerah dapat ditemukan pada bengkel-bengkel kendaraan. Banyaknya material perkerasan jalan yang dapat didaur ulang sebagai material perkerasan jalansalah satunya campuran oli bekas dapat menjadi salah satu alternatif dalam pembangunan jalan baru maupun untuk perbaikan lapisan perkerasan. Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal.

Dalam penelitian Mercurius Saman,dkk (2013) dengan judul “Penggunaan Asbuton Lawele dengan bahan oli bekas kendaraan untuk meningkatkan stabilitas aspal beton”. Mengatakan bahwa campuran beton aspal berasbuton lawele asli tambang dengan oli bekas kendaraan sebagai bahan tambahan (aditif) sebanyak 2% dan 3%, untuk mempelajari pengaruh penggunaan oli bekas kendaraan terhadap stabilitas dan lelehan plastis (*flow*).

II.8 Pemadatan

Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Pemadatan adalah proses dimana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis

sehingga volume rongga dalam campuran aspal mengecil dan kepadatan campuran meningkatkan dan mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan (Kiftheo Sanjaya Panungkelan,dkk 2017)

Pemadatan mempengaruhi kekuatan campuran aspal terutama dari nilai-nilai parameter *marshall* di stabilitas dan kadar plastis atau elastisnya suatu campuran, kedua parameter tersebut berpengaruh besar terhadap kekuatan dan keawetan suatu campuran aspal. Stabilitas adalah maksimum beban yang dapat ditahan oleh campuran beraspal sampai terjadi runtuh tanpa terjadi perubahan bentuk. Pengaruh pemadatan terhadap stabilitas dapat terlihat dimana semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar stabilitas yang terjadi hingga titik maksimal kemudian stabilitas turun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah tumbukan yang mengakibatkan gesekan antar butir agregat (*interlocking*) dan rongga dalam campuran mengecil sehingga campuran menjadi padat dan nilai stabilitas meningkat hingga titik maksimum dan stabilitas turun ketika pemadatan berlebih sehingga gesekan antar agregat membuat agregat hancur.

Antonius Situmorang dalam penelitiannya mengatakan Lapisan aspal memiliki karakteristik campuran yaitu *stability*, durabilitas, fleksibilitas, tahanan geser (*skid resistance*), kedap air, kemudahan pekerjaan (*workability*), ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*). Dalam pencampuran, jumlah tumbukan dalam pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal.

Pada penelitian yang dilakukan berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 6,75% dan batas bawah 7.1%. Dari hasil pengujian Marshall pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, 2x95 pada batas tengah tidak memenuhi semua parameter Marshall dikarenakan nilai Marshall Quotient (MQ) dan nilai *Voids Filled With Asphalt* (VFA) tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010. Sedangkan pengujian Marshall batas bawah pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 telah memenuhi semua parameter Marshall. Hanya pada tumbukan 2x95 yang tidak memenuhi parameter Marshall dikarenakan nilai *Marshall Quotient* (MQ) tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010. (Antonius Situmorang,dkk 2016).

Yuliansyah hadi ali, Priyo pratomo (2015) dalam penelitian dengan judul “kepadatan campuran dengan variasi tumbukan terhadap AC-WC gradasi halus Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tumbukan terhadap karakteristik lapisan aspal menggunakan metode marshall yang mengacu pada spesifikasi bina marga, dari hasil pengujian pada tumbukan 2x50,2x55,2x60,2x65,dan 2x75 Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tumbukan terhadap karakteristik lapisan aspal menggunakan metode Marshall yang mengacu pada spesifikasi bina marga 2010. Dari hasil pengujian Marshall pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70.

II.9 Pengujian Campuran Aspal

II.9.1 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam

hal ini dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Setelah diketahui estimasi kadar aspalnya maka dapat dibuat benda uji. *Marshall test* merupakan suatu metode empiris, meliputi penerapan sari suatu perubahan bentuk yang konstan suatu benda uji. Nilai empiris marshall ditunjukkan pada saat benda uji hancur yang dinyatakan dengan stabilitas dan flow (kelelehan). Volumetrik campuran juga sangat mempengaruhi sifat-sifat campuran beraspal yang meliputi nilai VIM (*Void In Mixture*), VMA (*Void In The Mineral Aggregate*) dan VFB (*Void Filled With Bitumen*). Parameter-parameter marshall tersebut sangat menentukan dalam penentuan kadar aspal optimum (KAO) (Suhardi, Pratomo, and Ali 2016). Pengujian campuran beraspal dengan alat marshall merujuk kepada SNI-062489-1991 atau spesifikasi Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008) dapat dilihat pada Tabel II.8.

Berikut merupakan metode pengujian *Marshall Test* sehingga mendapatkan sifat aspal yang awet dan tahan terhadap rutting (penurunan) serta fatigue (retak karena lelah) (David dan Darmansyah, 2011).

- a. Rongga Didalam Campuran / VIM (*Void In Mix*) VIM merupakan volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang berada dalam campuran aspal porus. Dalam hal ini perhitungan volume sampel tidak dilakukan dengan perendaman sampel dalam air dikarenakan berat kering permukaan jenuh (SSD) pada aspal porus tidak akan terjadi sebagai akibat dari porusnya campuran, sehingga nilai porositas/VIM dinyatakan dalam bilangan satu angka dibelakang koma atau dalam persen (%) terhadap campuran dan dihitung dengan persamaan:

$$P = \left(1 - \frac{D}{SG_{mix}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (II.5)$$

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_a}{SG_a} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}} \dots\dots\dots (II.6)$$

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 L} \dots\dots\dots (II.7)$$

Dimana:

P = Volume rongga udara dalam campuran (%);

SG_{mix} = Berat jenis maksimum campuran;

SG = *Spesific Grafity* komponen (gram/cm³);

D = Berat jenis efektif total agregat(gram/cm²);

% W = % berat tiap komponen.

- b. Rongga Diantara Mineral Agregat/VMA (*Voids in Mineral Agregat*) VMA merupakan volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat suatu campuran beraspal padat, termasuk di dalamnya rongga yang berisi aspal efektif dan menunjukkan persentase dari volume total benda uji. Asphalt Institute merekomendasikan bahwa harga VMA dari campuran beraspal padat dapat dikalkulasikan dalam hubungannya dengan berat jenis kering total agregat (*Agregat Bulk Spesific Gravity*). Pemakaian agregat bergradasi senjang dan kadar aspal yang rendah dapat memperbesar VMA.

Nilai VMA diperoleh dengan Persamaan (II.8) :

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

Dimana :

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

Gsb = Berat jenis kering total agregat;

Pb = Kadar aspal (%);

Gmb =Berat volume kering campuran (gram/cm³).

- c. Rongga Udara Yang Terisi Aspal/VFB (*Voids Filler in Bitument*) VFB adalah persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal, sehingga VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum.VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA. Nilai VFB diperoleh dengan rumus (David dan Darmansyah, 2011):

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

Dimana :

VFB = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal;

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

VIM = Volume rongga udara dalam campuran (%).

- d. *Stability* (Stabilitas) adalah kemampuan lapis aspal beton untuk menahan deformasi atau perubahan bentuk akibat beban lalu lintas yang bekerja pada lapis perkerasan tersebut. Nilai stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan campuran beton aspal terhadap terjadinya perubahan bentuk tetap

seperti gelombang, alur (*rutting*) maupun bleeding. Stabilitas dinyatakan dalam satuan kg dan diperoleh dari pembacaan arloji pada alat uji *Marshall* dengan Persamaan (II.9)

Selain itu pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. :

$$MS = O \times N \times P \dots\dots\dots(II.10)$$

Dimana :

MS = Stabilitas *Marshall* (kg);

O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf);

N = Angka korelasi volume benda uji;

P = Kalibrasi alat *Marshall*.

- e. *Flow* menunjukkan besarnya deformasi dari campuran beton aspal akibat beban yang bekerja pada perkerasan. *Flow* merupakan salah satu indikator terhadap lentur. Besarnya rongga antar campuran (VIM) dan penggunaan aspal yang tinggi dapat memperbesar nilai kelelahan plastis. Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan arloji kelelahan pada alat uji *Marshall* dan dinyatakan dalam satuan mm.
- f. Hasil bagi *Marshall / Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat *Marshall* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(II.11)$$

Keterangan : MQ = *Marshall Quotient*, (kg/mm)

MS = Stabilitas *Marshall* (kg)

MF = *Flow Marshall*, (mm)

II.9.2 Pengujian Cantabro

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *los angeles*. Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang. Sebelum benda uji dimasukkan ke dalam drum mesin *Los Angeles* terlebih dahulu ditimbang untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (M_o). Selanjutnya benda uji dimasukkan ke drum mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Mesin *Los Angeles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi (M_i). Kehilangan berat dapat dihitung sebagai berikut

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100 \dots\dots\dots (II.5)$$

Dimana :

M_o = Berat sebelum diabrasi (gr)

M_i = Berat setelah diabrasi (gr)

L = Persentase kehilangan berat (%)

II. 10. Study Kajian Terdahulu

Yuliansyah hadi ali, Priyo pratomo (2015) melakukan penelitian dengan judul “kepadatan campuran dengan variasi tumbukan terhadap AC-WC gradasi halus Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tumbukan terhadap karakteristik lapisan aspal menggunakan metode marshall yang mengacu pada spesifikasi bina marga, dari hasil pengujian pada tumbukan

2x50,2x55,2x60,2x65,dan 2x75 Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tumbukan terhadap karakteristik lapisan aspal menggunakan metode Marshall yang mengacu pada spesifikasi bina marga 2010. Dari hasil pengujian Marshall pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70. Tidak memenuhi parameter Marshall dikarenakan nilai Marshall Quotient (MQ) tidak masuk spesifikasi. Sedangkan nilai Voids In The Mix (VIM) pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70 juga tidak masuk dalam spesifikasi. Hanya pada tumbukan 2x75, 2x80 dan 2x85 yang memenuhi parameter Marshall. Sedangkan pada penelitian saya hanya menggunakan tumbukan 2x50,2x55,2x65, dan 2x75,dimana tidak semua tumbukan memenuhi spesifikasi karakteristik marshall mengacu pada SNI-062489-1991 dan pengujian cantabro dengan spesifikasi REAM hanya pada tumbukan 2x50 dan 2x55 yang memenuhi spesifikasi.

Sri Gusty (2017) melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Buton Granular Asphalt Pada Campuran Aspal Berongga Campur Panas Hampar Dingin Terhadap Stabilitas Marshall”. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan formula campuran agregat dengan asbuton butir lawele sehingga menghasilkan asbuton campuran panas hampar dingin pada aspal berongga yang memiliki nilai stabilitas tinggi sesuai spesifikasi REAM. Pada penelitiannya menggunakan variasi kadar BGA 4,5%, 5%,5,55%,6% dan 6,5% dengan *Flux oil* 3,5% sebagai bahan peremaja. Sedangkan penelitian yang saya lakukan menggunakan LGA dengan variasi 6% dengan oli bekas 2% sebagai bahan peremaja.

Teguh Dwi Istanto, Priyo Pratoma, Hadi Ali (2015) dengan judul “Perubahan Parameter Parameter Marshal Akibat Perbedaan Jumlah Tumbukan pada Aspal Concrete – Wearing Course (AC-WC) Gradasi Halus. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan nilai nilai parameter marshal setelah jumlah Tumbukan standar di variasikan jumlah tumbukannya kemudian dianalisa jumlah tumbukan yang paling efektif dinilai dari nilai karakteristik marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut jumlah tumbukan standar untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan Penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan nilai nilai parameter marshal setelah jumlah Tumbukan standar di variasikan jumlah tumbukannya kemudian dianalisa jumlah tumbukan yang paling efektif dinilai dari nilai karakteristik marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut jumlah tumbukan standar untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5%. Berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 5,7% dan batas atas 6,5%. Jumlah Tumbukan 2x75 dan 2x85 yang memenuhi semua parameter marshall. Untuk jumlah tumbukan 2x55 dan 2x65 diperoleh stabilitas kecil, *voids in the mix (VIM)* besar dan tidak masuk spesifikasi, untuk jumlah tumbukan 2x95, diperoleh stabilitas besar dan *voids in the mix (VIM)* kecil dan tidak masuk spesifikasi. Sedangkan pada penelitian saya hanya pada tumbukan 2x50 yang memenuhi spesifikasi marshall, sedangkan pada tumbukan yang lainnya memiliki nilai flow dan stabilitas yang rendah.

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Budiamin, M.W. Tjoronge dan S.H. Aly R Djamaluddin dengan judul penelitian “*Marshall Characteristik of Hotmix Cold Lain Containing Buton Granular Asphalt (BGA) With Modifier Oli base and Modifier Water Base*”. Bahwa *Buton Granular Asphalt* dan *cold modifier* diolah untuk menghasilkan campuran panas yang dapat diletakkan pada suhu dingin 50°C hingga 27°C. sedangkan dalam penelitian saya menggunakan LGA dengan campuran panas yang dapat diletakkan pada suhu 25°C.

Penelitian yang dilakukan oleh Mercurius Saman,dkk (2013) dengan judul “Penggunaan Asbuton Lawele dengan bahan oli bekas kendaraan untuk meningkatkan stabilitas aspal beton”. Bahwa campuran beton aspal berasbuton lawele asli tambang dengan oli bekas kendaraan sebagai bahan tambahan (aditif) sebanyak 2% dan 3%, untuk mempelajari pengaruh penggunaan oli bekas kendaraan terhadap stabilitas dan lelehan plastis (*flow*). Sedangkan saya hanya menggunakan oli bekas sebanyak 2% untuk peremaja pada LGA.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu Dan Lokasi

Lokasi penelitian pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah (ex Racing Centre) No. 101, Karampuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia. Penelitian ini dimulai pada bulan juli 2019 s/d agustus 2019.

Selanjutnya dilakukan pembuatan sampel (briket) untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Pembuatan aspel *Buton Granular Asphalt* (BGA) tipe 50/30 sebagai bahan pengikat. Selanjutnya dilakukan dengan Marshall, setelah mendapatkan nilai KAO, langkah berikutnya adalah pembuatan sampel dengan kandungan BGA 6 % dengan tambahan peremaja oli bekas 2%. Penelitian yang dilaksanakan di laboratorium.

Penelitian ini mengacu pada beberapa aturan yaitu:

- a. Standar Nasional Indonesia (SNI),
- b. *American Association for Testing and Material* (ASTM 1995)
- c. *Road Engineering Association of Malaysia* (REAM, 2008)

Bahan-bahan penelitian berupa agregat kasar dan agregat halus pengambilannya berasal dari Kecamatan Bili-Bili Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Asbuton Butir Lawele dan bahan peremaja oli bekas. Tabel III.1. memperlihatkan jumlah benda uji.

Tabel III. 1 Jumlah Benda Uji

Variasi Tumbukan	Pengujian Marshall	Pengujian Cantabro
50	3	3
55	3	3
65	3	3
75	3	3
Jumlah	12	12
Total	24	

III.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Bahan

III.2.1. Pengujian Material Agregat

Pengujian - pengujian pada material agregat yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel III.2.

Tabel III. 2 Metode Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 30%
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat jenis	SNI-03-1959-1990	Maks. 0,2 dari agregat halus
Penyerapan air	SNI-03-1959-1990	Maks. 3%

Sumber :Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010

Revisi I Divisi 6

Berdasarkan Tabel III.2 terlihat bahwa beberapa metode pengujian agregat kasar, salah satu diantaranya adalah Material lolos saringan No. 200 yang mengacu pada SNI 03-4142-1996.

Tabel III. 3 Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Mak. 0,2
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%
Berat isi	-	

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010

Revisi I Divisi

III.2.2 Pengujian Asbuton Butir

Asbuton butir yang digunakan pada penelitian ini adalah asbuton butir Lawele tipe 50/30. Asbuton butir tipe 50/30 adalah asbuton butir pada kelas penetrasi 50 (40-60) dan kadar bitumen 30 (25-30)% (Pusjatan PU, 2006).

Pengujian Asbuton butir dapat dilihat pada Tabel III.4

Tabel III. 4 Pengujian Asbuton Butir

Pemeriksaan	Metode Pengujian	Nilai
Kadar bitumen asbuton %	SNI 03-3640-1994	25-30
Lolos Ayakan 3/8" (9,5mm) %	SNI 03-1968-1990	100
Kadar Air, %	SNI 06-2490-1991	Maks 2

Sumber : Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil PU.(Umum 2013).

Bahan peremaja yang digunakan dalam penelitian ini adalah peremaja oli bekas. Oli bekas merupakan bahan peremaja yang diharapkan dapat

memberikan pengaruh yang besar dalam pemisahan antara bitumen dan mineral dari Asbuton. Dalam penelitian ini kadar oli yang digunakan ada 2%.

III.2.3 Pemilihan Tipe Gradasi

Tipe gradasi yang akan dipakai pada penelitian ini adalah gradasi aspal porus Malaysia yang diperlihatkan pada Tabel III.5.

Tabel III. 5 Batas Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus.

<i>No. Ayakan</i>	<i>Ukuran Ayakan (mm)</i>	<i>Presentase Agregat Lolos (%)</i>	
		<i>Grading A</i>	<i>Grading B</i>
¾	20.0		100
½	14.0	100	85 – 100
3/8	10.0	95 – 100	55 – 75
4	5.0	30 – 50	10 – 25
8	2.36	5 – 15	5 – 10
200	0.075	2 – 5	2 – 4

Sumber : Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008)

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

III.3 Pembuatan Campuran Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin

Prosedur pembuatan campuran Asbuton campur panas hampar dingin (*Hotmix Cold Laid Buton Asphalt*) adalah :

1. Asbuton di peram dengan oli dengan waktu 1x24 jam
2. Agregat dipanaskan sampai pada temperature 165 °C.

3. Asbuton butir ditambahkan kedalam campuran agregat dan oli bekas lalu diaduk secara merata.
4. Setelah itu campuran disimpan sampai pada temperature 25 °C untuk selanjutnya dipadatkan.
5. Setelah itu dilakukan tumbukan dengan variasi 2x50, 2x55, 2x65, 2x75.

III.4 Pemeriksaan Kinerja Campuran Aspal Porus

III.4.1. Pengujian Karakteristik Aspal Porus

Pengujian yang akan dilakukan terhadap aspal porus ini meliputi komposisi campuran aspal porus (*mix asphalt porous*) dan pengujian bricket aspal porus.

Campuran aspal porus

Setelah pengujian material dan memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal porus, maka dibuat komposisi campuran untuk pembuatan benda uji. Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposisi campuran sistem

Gradasi terbuka (*open graded*) yang mengacu pada ketentuan campuran aspal porus gradasi malaysia (REAM 2008) yang menggunakan agregat lolos saringan 3/4" tertahan saringan 1/2" dan lolos saringan 1/2" tertahan saringan 3/8" dengan perbandingan 50 : 50 terhadap komposisi agregat kasar serta menggunakan agregat yang lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 200 sebanyak 10%. Komposisi agregat tersebut merupakan variabel terikat (*dependent variable*). Dalam penelitian jumlah aspal dalam campuran merupakan variabel bebas (*independent variabel*) dengan jumlah adalah 6% dari berat total campuran aspal.

III.5 Pengujian Benda Uji

Dalam penelitian ini pengetasan benda uji aspal porus digunakan dua macam pengetasan yaitu:

1. Pengujian stabilitas benda uji yang dilakukan dengan menggunakan alat *Marshall* dengan mengacu pada SNI-06-2489-1991 dan *Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008)*..
2. Pengujian *cantabro* dilakukan dengan menggunakan alat *Los Angeles* dengan mengacu pada *Road Engineering Association Of Malaysia (REAM, 2008)*.

III.5.1 Pengaruh Aspal Porus Terhadap Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* mengacu pada SNI 06-2489-1991 dalam penelitian ini adalah dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium. Cara untuk mengetahui karakteristik benda uji campuran aspal. Melalui pengujian stabilitas *Marshall* didapat beberapa nilai karakteristik.

Untuk mendapatkan hasil pada penelitian variasi jumlah tumbukan pada aspal porus dapat dilihat pada nilai :

- a. Rongga didalam campuran (*Void in mix. VIM*)
- b. Rongga Diantara Mineral Agregat/VMA (*Voids in Mineral Agregat*)
- c. Rongga Udara Yang Terisi Aspal/VFB (*Voids Filler in Bitument*)
- d. Stabilitas
- e. Kelehan (*flow*)
- f. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall quotient*)

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. *Flow* (Kelelahan) adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Metode eksperimen *Marshall* mengacu pada SNI 06-2489-1991 dalam penelitian

ini adalah dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium. Alat uji marshall ditunjukkan pada Gambar III.2.

Cara pengujian Marshall dilakukan, adalah :

- a. Benda uji berupa briket campuran aspal direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$.
- b. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan (waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik).
- c. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- d. Memasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- e. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
- f. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.

Berikut adalah alat dari *Marshall Test* ditunjukkan pada Gambar III.1.



Arloji pengukur stabilitas

Cincin penguji

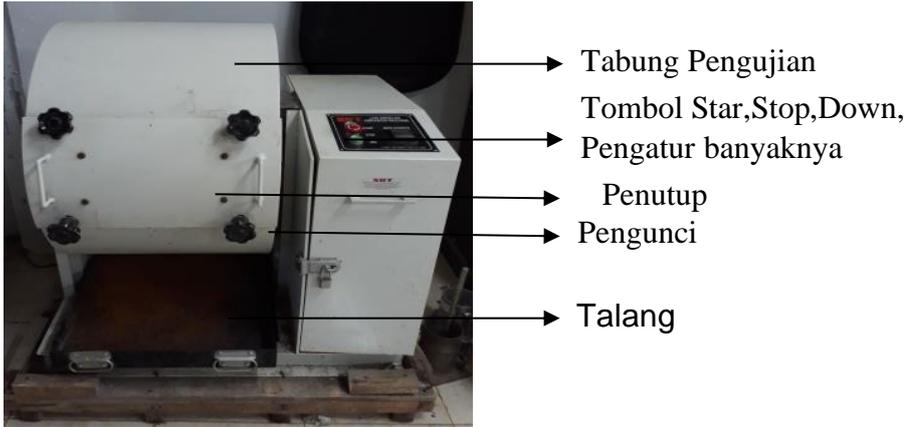
Arloji pengukur flow

Kepala penekan

Gambar III. 1 Alat Pengujian Marshall

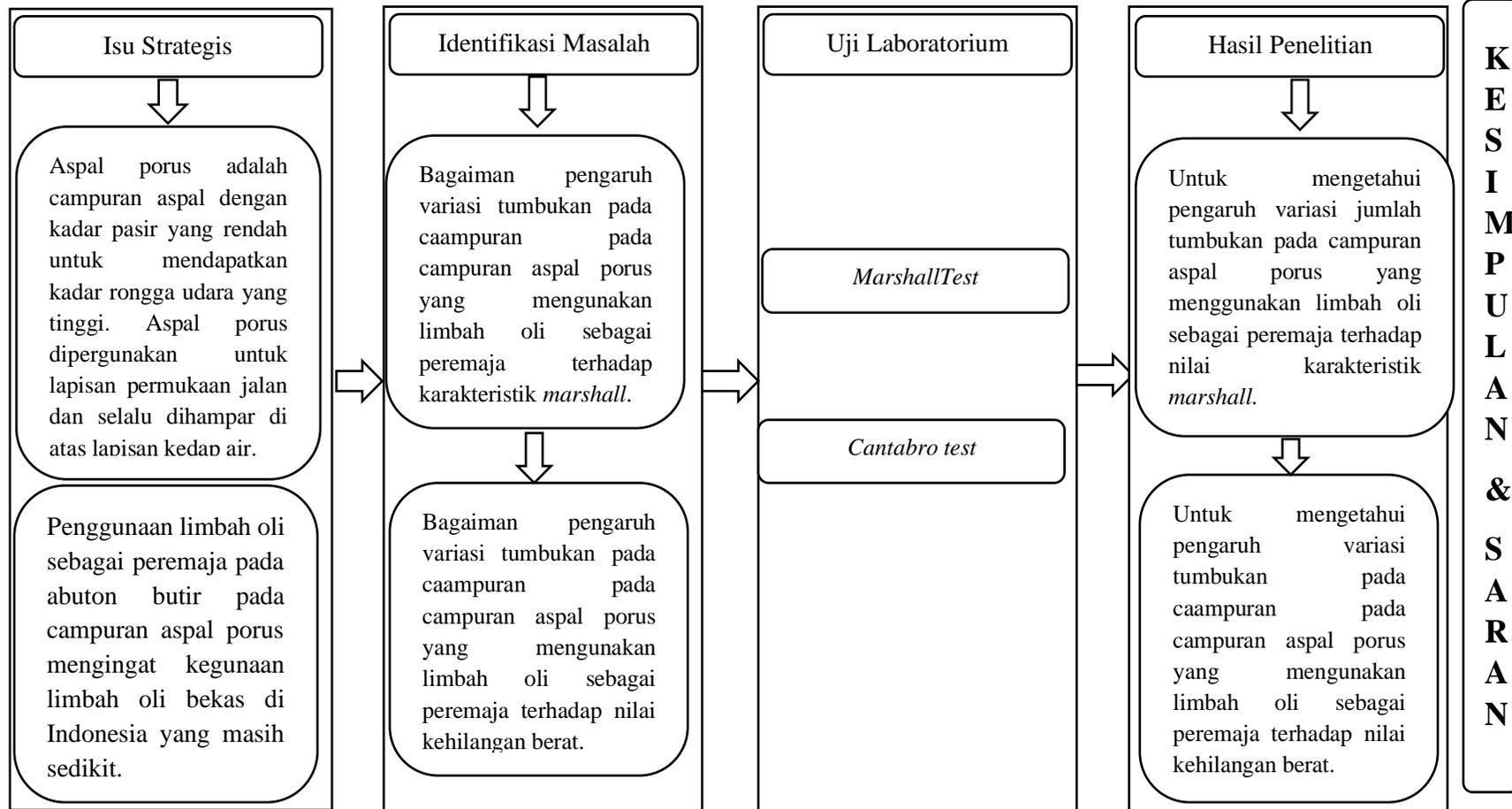
III.5.2 Ketahanan Aspal Porus Terhadap Pengujian *Cantabro*

Metode pengujian *Cantabro* mengacu pada (Road of Engineering Association of Malaysia 2008) Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan benda uji pada variasi jumlah tumbukan dengan menggunakan mesin *los angeles*. Dengan cara Benda uji yang didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang dan minimal 6 (enam) jam sebelum pengujian suhu harus dijaga berada pada suhu ruang, setelah itu di timbang sebelum dimasukkan dalam mesin *los angeles* Mesin *Los Angeles* kemudian dijalankan dengan kecepatan antara 30-33 rpm sebanyak 300 putaran. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi untuk mengetahui nilai Kehilangan berat dapat dihitung.

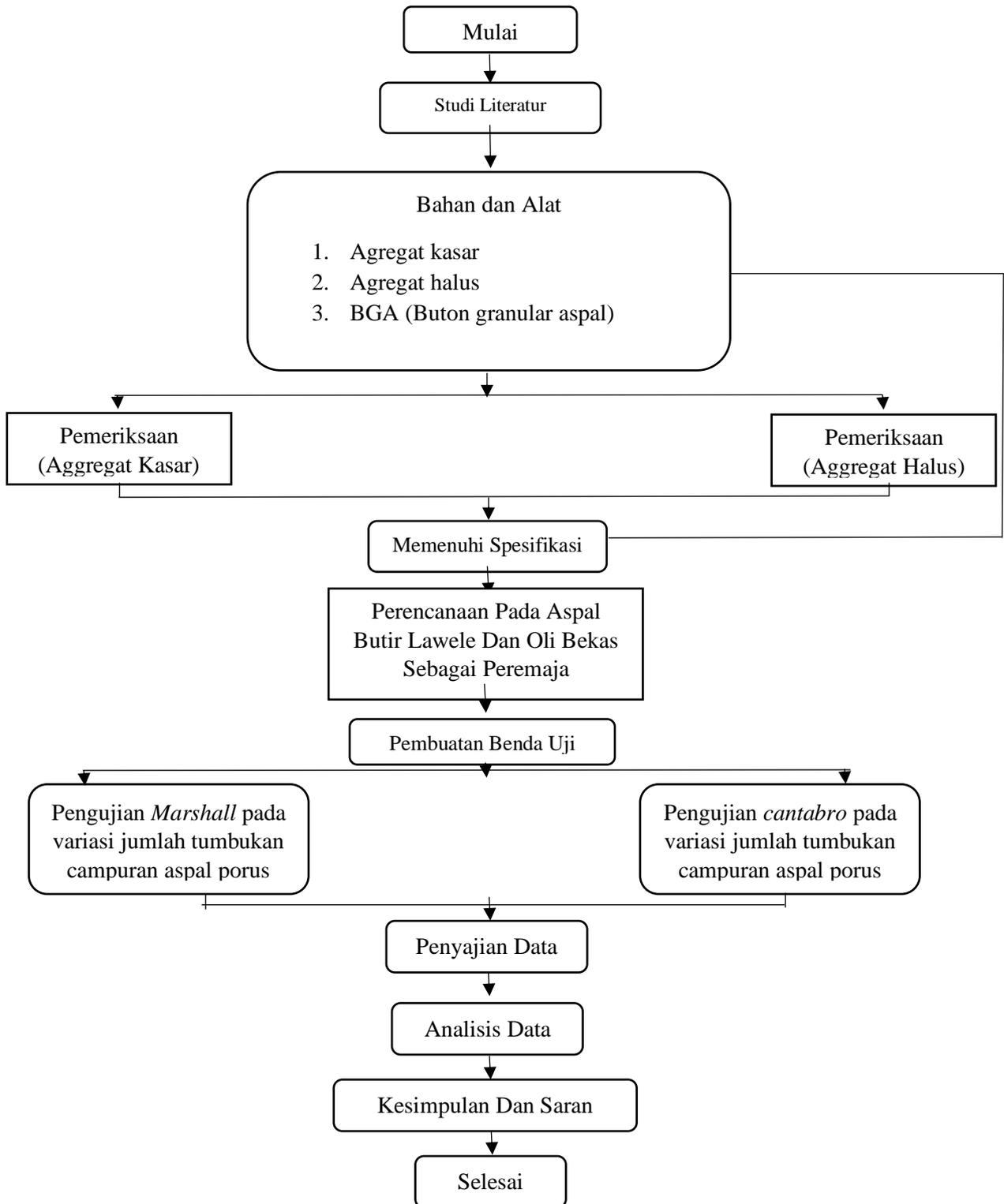


Gambar III. 2 Alat Penguji Cantabro

III.6 Kerangka Pikir Penelitian



III.7 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Uji Karakteristik Material

IV.1.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Serangkaian hasil pengujian sifat fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini, secara keseluruhan memenuhi standar yang diisyaratkan dalam pengujian mutu agregat. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Fajar.

a. Sifat Fisik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) yang berasal dari perusahaan pemecah batu yang terletak di Bilibili Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa. Adapun hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV. 1 Karakteristik sifat fisik agregat kasar

No.	Pengujian	Nilai interval	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan %	Maks.3	2,8	Memenuhi
2	Berat jenis spesifik			
	a. Berat jenis bulk	Maks. 3	2,4	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	Maks. 3	2,56	Memenuhi
	c. Berat jenis semu	Maks. 3	2,91	Memenuhi
3	Keausan (%)	Maks. 40	31	Memenuhi
4	Indeks kepipihan (%)	Maks. 25	24,12	Memenuhi

b. Sifat Fisik Agregat Halus

Pada penelitian ini agregat halus yang digunakan adalah agregat yang lolos pada saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 200. Lokasi pengambilan

agregat halus berasal dari perusahaan pemecah batu yang terletak di daerah Bili-bili Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa. Adapun hasil pemeriksaan pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel IV.2. yang menunjukkan karakteristik sifat fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel IV. 2 Karakteristik sifat sifat agregat halus

No.	Pengujian	Nilai interval	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan %	Maks.3	2,04	Memenuhi
2	Berat jenis spesifikasin			
	a. Berat jenis bulk	Maks. 3	2,72	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	Maks. 3	2,78	Memenuhi
	c. Berat jenis semu	Maks. 3	2,88	Memenuhi
3	Kadar lumpur (%)	Maks. 5	4	Memenuhi

IV.2. Penentuan Gradasi Campuran

Dalam penelitian ini penentuan gradasi campuran dan *mix design* dilakukan dengan *system trial gradation* yang mengacu pada standar gradasi terbuka disyarkan pada REAM (*Road Engineering Association Of Malaysia*).

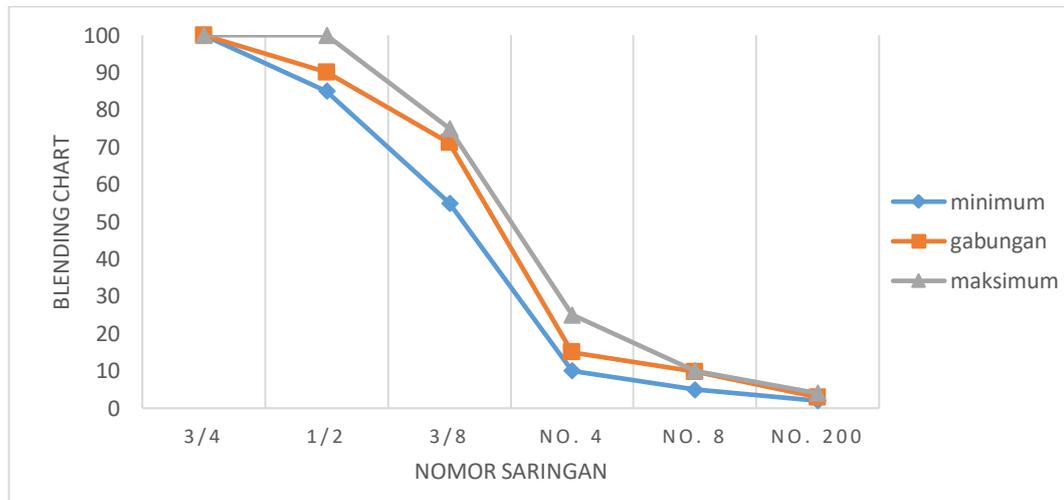
Perbandingan persentase yang digunakan dari masing-masing agregat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat kasar (85%) : agregat halus (5%) : *filler* (10%) setelah itu Analisa saringan agregat yang telah dilakukan dikalikan dengan nilai persen lolos. Hasil dari perkalian tersebut dijumlahkan sehingga menghasil nilai komposisi campuran atau *mix design*.

Interval spesifikasi yang telah disyaratkan oleh REAM (*Road Engineering Association Of Malaysia*) terdapat pada Gambar IV.1. yaitu rancangan agregat gabungan yang dibuat dan diperoleh dalam penelitian ini, sehingga diharapkan akan diperoleh campuran yang optimal.

Penentuan proporsi agregat tidak dikelompokkan menurut fraksi agregat (agregat kasar,halus dan *filler*), melainkan penentuan komposisi agregat pada penelitian ini dilakukan penimbangan berdasarkan ukuran saringan masing masing. Komposisi agregat dengan metode gradasi *by sieve*, terdapat pada Tabel.IV.3

Tabel IV. 3 Gradasi gabungan

Sieve Nomor		3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	No. 200
Batu Pecah	% Pass	100.00	88.33	66.00	0.00	0.00	0.00
	BATCH	85	75.08	56.10	0.00	0	0.00
Pasir 85	% Pass	100	100.00	100.00	100.00	78.00	15.00
	BATCH	5	5	5	5	3.9	0.75
Filler 10	% Pass	100.00	100.00	100.00	100.00	58.50	22.00
	BATCH	10.00	10	10.00	10	5.85	2.2
Agregat Gabungan		100.00	90.08	71.10	15.00	9.75	2.95
Spesifikasi		100	85-100	55-75	10-25	5-10	2-4



Gambar. IV. 1 Gradasi gabungan agregat

Dalam penelitian ini campuran dapat mengeliminasi *filler* agregat terhadap kandungan mineral yang terdapat di Asbuton. Perhitungan komposisi campuran

(*mix design*) dengan memperhitungkan mineral *filler* yang terkandung dalam Asbuton dapat dilihat pada Tabel IV.3.

Adapun komposisi agregat setelah dilakukan penambahan *Lawele Granular Asphalt* (LGA) sebesar 6% kedalam campuran aspal dalam penelitian ini dapat mensubstitusi kandungan filler agregat dan aspal minyak dengan penetrasi 60/70 ke dalam komposisi campuran (*mix design*) yang diperoleh. Perhitungan komposisi campuran (*mix design*) dengan persentase aspal minyak pen. 60/70 akan berubah dan bahan pengikat terhadap campuran aspal yaitu LGA dan aspal minyak pen. 60/70 berjumlah 6%. Dalam LGA terdapat bitumen yang berjumlah 25,47% sehingga persentase bitumen diperoleh dalam campuran aspal porus 6% LGA adalah sebesar 1,528% sehingga persentase aspal minyak hanya tinggal 4,472% dalam campuran aspal porus substitusi LGA 6%. Tabel IV.4 memperlihatkan kadar aspal campuran setelah penambahan LGA dimana dengan substitusi LGA kedalam campuran aspal porus perlu diperhitungkan persentase berat dari mineral LGA dimana kadar LGA yang terkandung dalam LGA harus diperhitungkan sebagai bagian mineral dari agregat (Affandi, F., 2011).

Tabel IV. 4 Penentuan Komposisi Agregat pada penambahan LGA 6%

Saringan No.	Bukaan (mm)	Spek Gradasi		% Lolos	% Tertahan	Total (gr)
		Min	Max			
3/4"	19.00	100	100	100.00	0.00	0.00
1/2"	12.50	85	100	90,08	9.92	111,89
3/8"	9.50	55	75	71,10	18.98	214,10
no. 4	4.75	10	25	15,00	56.10	632,81
no. 8	2.36	5	10	9,75	5.25	59,22
no. 200	0.08	2	4	2,95	6.80	76,70
PAN	BGA	0	0	0	2.95	53.52
	Filler					51.76
Total					100.00	1200.00

Tabel IV. 5 Kadar Aspal Minyak Setelah Penambahan LGA

No.	Kadar LGA (%)	Bitumen LGA (%)	Aspal Minyak Pen. 60/70 (%)
Penambahan 6%			
1	6	1,528	4,472

IV.3. Pengujian Campuran Aspal

IV.3. Pengujian Apal Porus Terhadap *Karakteristi Marshall*

Hasil pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai parameter Marshall menggunakan gradasi REAM (*Road Engineering Association Of Malaysia*). Terlihat pada Tabel IV.6.

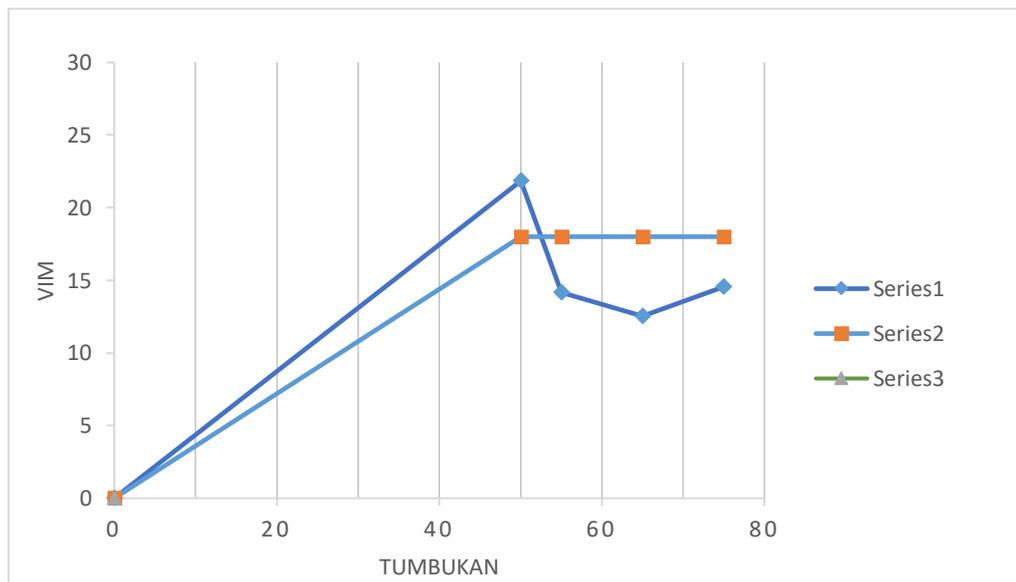
Tabel IV. 6 Hasil pengujian marshall

Gradasi	Sampel	Kadar LGA	Nilai Hasil Pengujian Marshall					
			VIM	VMA	VFB	Stabilitas	Flow	MQ
Type	No.	%	%	%	%	Kg	Mm	kg/mm
2x50	1	6	22,10	33,79	34,60	300,56	2,05	143,26
	2	6	22,34	33,99	34,28	336,34	2,24	128,68
	3	6	22,08	33,92	35,97	236,15	2,20	138,44
2x55	1	6	12,88	25,95	50,37	0	0	0
	2	6	14,76	27,55	46,42	0	0	0
	3	6	14,85	27,63	46,42	0	0	0
2x65	1	6	12,36	25,51	51,55	0	0	0
	2	6	13,08	26,13	49,92	0	0	0
	3	6	12,13	25,32	52,09	0	0	0
2x75	1	6	14,84	27,62	46,28	0	0	0
	2	6	13,97	26,88	48,03	0	0	0
	3	6	14,86	27,63	46,24	0	0	0

a. VIM

VIM, *Voids in Mixture* (Rongga didalam campuran) adalah volume rongga yang berisi udara didalam campuran aspal, dan dinyatakan dalam % terhadap campuran.

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai spesifikasi VIM yang disyaratkan yaitu minimal 18-25%. Terlihat pada gambar IV.2 hanya pada sampel 2x50 yang memenuhi spesifikasi.

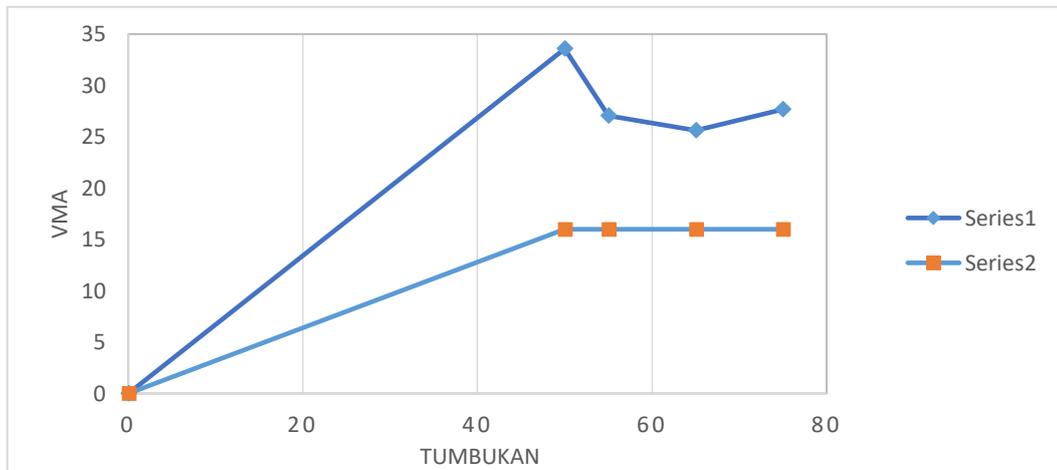


Gambar. IV. 2 Nilai VIM tumbukan 2x50, 2x55, 2x65, 2x75

Berdasarkan hasil pengujian, perbandingan nilai rata rata nilai VIM yaitu pada tumbukan 2x50 = 21,28%, tumbukan 2x55 = 14,16% 2x65 = 12,52% dan 2x75 = 14.55% dari 4 variasi tumbukan tersebut semakin tinggi nilai tumbukan nilai rata rata VIM semakin turun, sehingga hanya tumbukan 2x50 yang memenuhi spesifikasi ini disebabkan rongga yang terdapat pada benda uji semakin rapat dan mengalami *over load*.

b. VMA

VMA, Voids in Material Agregat (Rongga didalam agregat), adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran aspal yang telah dipadatkan. Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai spesifikasi VMA yang disyaratkan yaitu minimal 16%. Terlihat pada Gambar IV.3 tidak ada yang memenuhi spesifikasi.



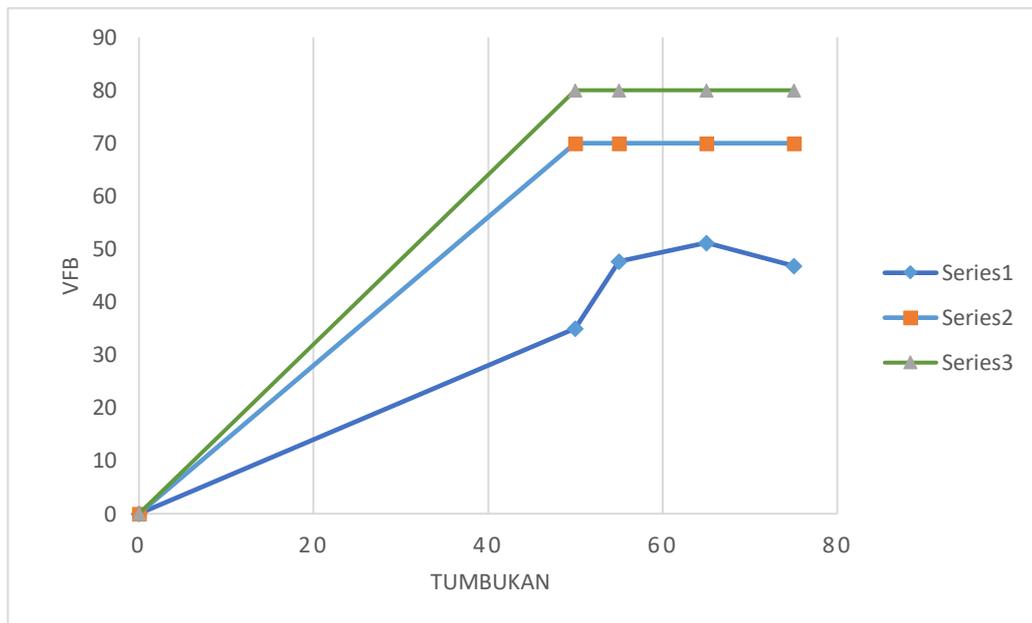
Gambar. IV. 3 Nilai VMA tumbukan 2x50, 2x55, 2x65, 2x75

Berdasarkan hasil pengujian nilai rata rata VMA pada tumbukan 2x50 = 33,57%, tumbukan 2x55 = 27,04%, tumbukan 2x65 = 25,65%, tumbukan 2x75 = 27,38% . Dari hasil rata rata variasi jumlah tumbukan diperoleh hasil, semakin tinggi jumlah tumbukan maka nilai rata rata VMA semakin kecil.

c. VFB

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

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai spesifikasi VIM yang disyaratkan yaitu 70-80%. Terlihat pada gambar IV.4 tidak ada yang memenuhi spesifikasi.

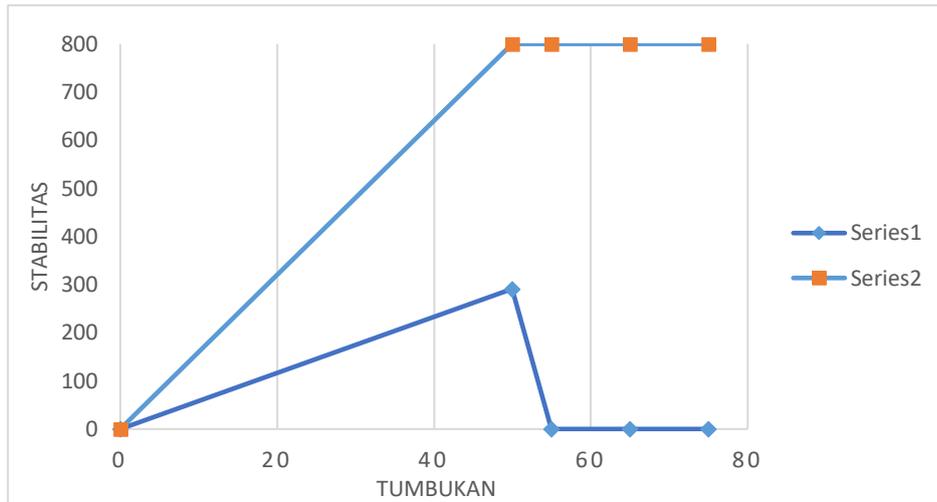


Gambar. IV. 4 Nilai VFB tumbukan 2x50, 2x55, 2x65, 2x75

Berdasarkan gambar diatas nilai rata rata VFB pada tumbukan 2x50 = 34,95%, tumbukan 2x55 = 47,68%, tumbukan 2x65 = 51,19%, tumbukan 2x75 = 46,24%. Pada setiap variasi jumlah tumbukan untuk nilai VFB tidak ada yang memenuhi spesifikasi karena jumlah pori antar butir agregat rendah

d. Stabilitas

Berdasarkan spesifikasi REAM nilai stabilitas yang disyaratkan minimum 350-800 kg. Terlihat bahwa Pada Gambar IV.5 tidak ada yang memenuhi spesifikasi.

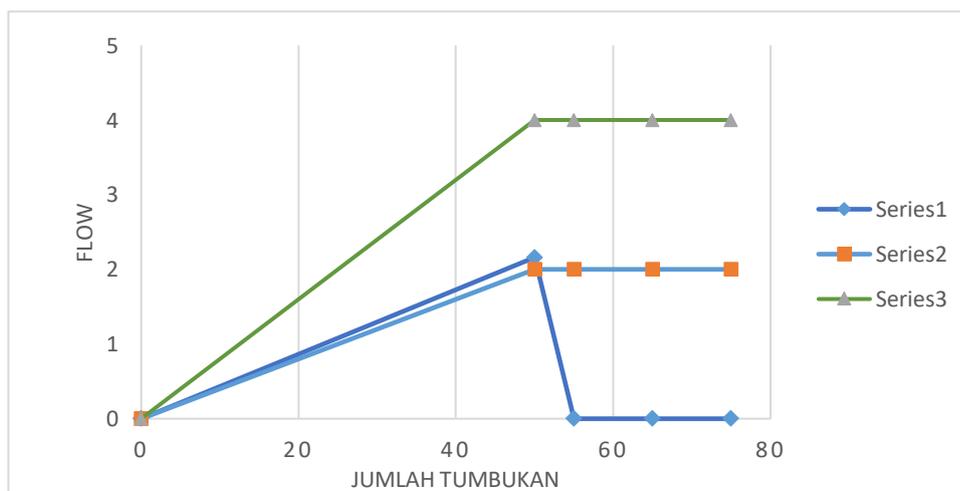


Gambar. IV. 5 Nilai Stabilitas tumbukan 2x50, 2x55, 2x65 2x75

Terlihat pada Gambar IV.5 rata rata nilai Stabilitas pada tumbukan 2x50 = 291,05%, tumbukan 2x55 = 0,00%, tumbukan 2x65 = 0,00%, tumbukan 2x75 = 0,00%. Pada saat perendaman dalam *water bath* dengan suhu yang disyarat kan 60°C terjadi perubahan terhadap daya ikat agergat dan bahan pengikat dalam campuran.

e. Flow

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai spesifikasi flow yang disyaratkan yaitu 2.0-4.0 mm.

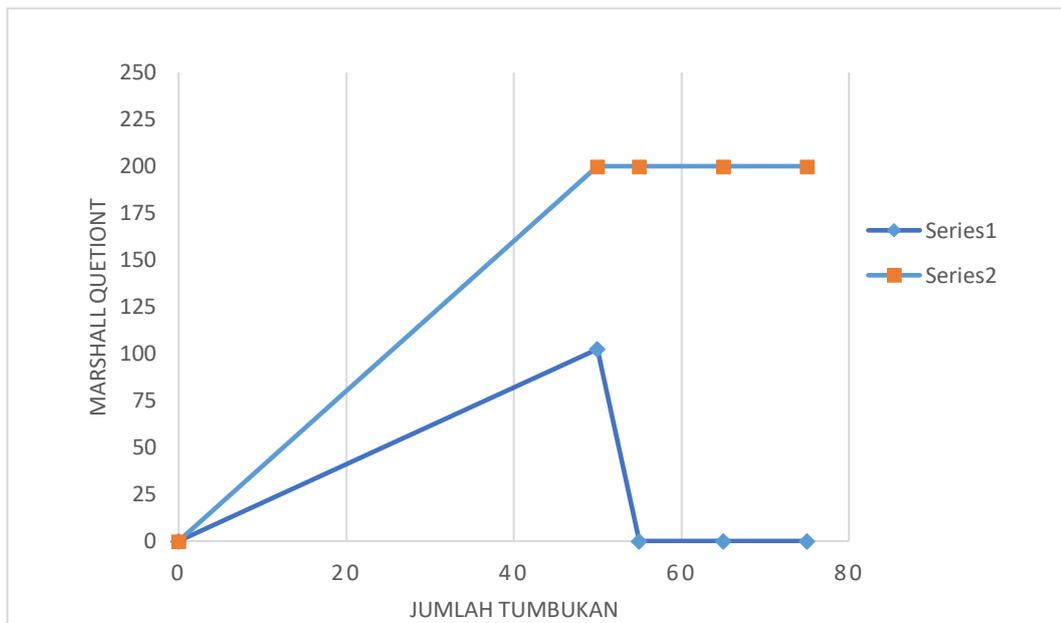


Gambar. IV. 6 Nilai flow tumbukan 2x50, 2x55, 2x65, 2x75

Terlihat pada Gambar IV.6 nilai *flow* pada tumbukan 2x50 = 2,16%, yang memenuhi spesifikasi, sedangkan tumbukan 2x55, 2x65, dan 2x75 tidak memenuhi spesifikasi REAM (2008). Di karenakan pada saat perendaman dalam *water bath* dengan suhu 60°C terjadi perubahan yaitu agregat yang terselimuti menjadi tebal. Perubahan yang dimaksud adalah terjadinya *bleeding*.

f. *Marshall Quetiont* (MQ)

Pengujian *marshall quetiont* (MQ) Berdasarkan nilai spesifikasi marshall quetiont yang disyaratkan yaitu minimal 200 kg/mm. Terlihat pada Gambar IV.7 pada setiap variasi tumbukan tidak ada yang memenuhi spesifikasi.



Gambar. IV. 7. Nilai (MQ) tumbukan 2x50, 2x55, 2x6, 2x75

Nilai rata rata pada benda uji tumbukan 2x50 = 111,7%, tumbukan 2x55 = 0,00%, tumbukan 2x65 = 0,00%, tumbukan 2x75 = 0,00%. nilai stabilitas yang kecil serta *flow* yang besar dan agregat yang terselimuti menjadi tebal dan perubahan mudah terjadi pada akhirnya akan mengurangi daya ikat antar agregat

dan bahan pengikat dalam campuran pada saat dibebani. Perubahan yang dimaksud adalah perubahan *bleeding*. Ikatan antar agregat dan bahan pengikat yang berkurang akan mengurangi stabilitas campuran yang mengarah pada nilai flow yang naik.

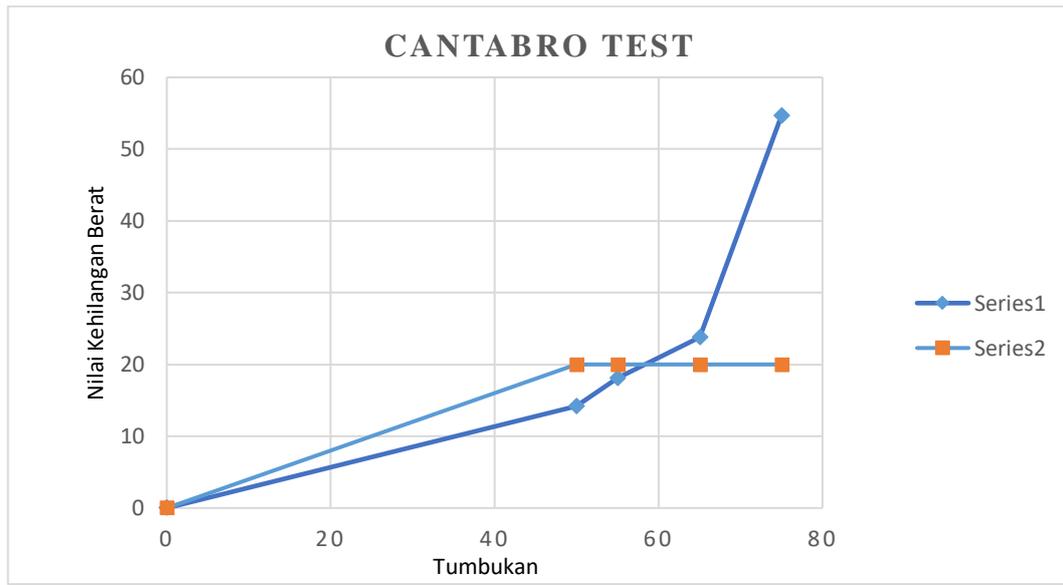
IV.3.2. Pengujian Apal Porus Terhadap Cantabro Test

Dari hasil pengujian, berdasarkan spesifikasi yang telah disyaratkan oleh REAM, 2008 bahwa batas nilai kehilangan berat (cantabro) yang dapat terjadi dari campuran aspal porus adalah tidak boleh lebih dari 20%. Pengujian Cantabro menunjukkan ketahanan suatu benda uji. Makin kecil kehilangan berat yang terjadi pada benda uji berarti makin tahan benda uji tersebut.

Tabel IV. 7 Hasil rata rata pengujian Cantabro

Variasi Tumbukan	Kadar LGA & Aspal Pen.	Sample	Rata-Rata Kehilangan Berat
Tipe	%	No.	(%)
2x50	6	1	12.60
		2	15.54
		3	14.47
Rata-rata			14.20
2x55	6	1	18.11
		2	18.18
		3	17.89
Rata-rata			18.06
2x65	6	1	24.11
		2	26.61
		3	20.56
Rata-rata			23.76
2x75	6	1	54.62
		2	57.03
		3	52.34
Rata-rata			54.66

Terlihat pada Gambar IV.8 Nilai rata rata kehilangan berat benda uji tumbukan $2 \times 50 = 14,20$ dan $2 \times 55 = 18,06$ memenuhi spesifikasi, sedangkan pada tumbukan 2×65 dan tumbukan 2×75 tidak memenuhi spesifikasi, hal ini dikarenakan benda uji mengalami *over load* atau kelebihan beban.



Gambar. IV. 8 Nilai kehilangan berat pada tumbukan 2×50 , 2×55 , 2×65 , 2×75

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan nilai karakteristik Marshall dan kehilangan berat pada cantabro test yaitu :

1. Pada benda uji tumbukan 2x50 yang memenuhi nilai VIM yang disyaratkan yaitu 18-25% . Dan juga pada nilai *flow* benda uji dengan tumbukan 2x50 yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu 2,0-4,0 mm. Sedangkan pada nilai VMA, VFB, Stabilitas dan marshall quotient benda uji pada setiap variasi tumbukan tidak ada yang memenuhi spesifikasi. Sehingga semakin tinggi nilai tumbukan maka nilai marshall semakin menurun.
2. Pada benda uji tumbukan 2x50 dan 2x55 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dengan nilai rata-rata 15,30% dan 17,28 % sedangkan pada benda uji tumbukan 2x65, dan 2x75 memperoleh nilai rata-rata 24,49% dan 53,89% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 20% kehilangan berat. Semakin tinggi nilai kehilangan berat maka ketahanan aspal semakin buruk.

V.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan dengan variasi tumbukan yang berbeda di bawah 50 tumbukan
2. Tidak menggunakan tumbukan diatas 55 tumbukan pada aspal pous.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1995 “standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting.”
In American society for Testing and Materials.
- Bambang Sumantri, Hermawan Santiko, Ludfi Djakfar, Hendi Bowoputro. 2014.
Pengaruh peremaja oli bekas dan solar terhadap karakteristik marshall
perkerasan daur ulang dengan asbuton. Jurnal mahasiswa teknik jurusan
teknik sipil [internet]. [diunduh 2014]; vol 1, no.2.
- Baskara Angga K.M., Muh. Isran Ramli, Amiruddin Basir. 2009. Analisis Kinerja
Indeks Kekuatan Sisa Campuran Aspal Berongga Bebas Buton (BGA). Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Fajar Makassar.
- Budiamin, Tjaronge M. W., Sumarni Hamid Aly and Rudy Djamaluddin. 2015.
Mechanical Characteristics Of Hotmix Cold Laid Containing Buton
Granular Asphat (Bga) And Flux Oil As Wearing Course. ARPN Journal of
Engineering and Applied Sciences. ISSN 1819-6608.
- Departemen Pekerjaan Umum (2007): *Spesifikasi Umum Jalandan Jembatan*, Pusat
Litbang Jalan dan Jembatan, Jakarta.
- Djumari, Djoko Sarwono. 2019. Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan
Material Lokal Dengan Metode Pemampatan Kering. Media Teknik Sipil,
Volume IX, Januari 2009. ISSN 1412-0976.
- Dicky pratama. 2011. Analysis of the influence of number blows variation on hot
mix asphalt compaction process. 9997/FT.01/SKRIP/01/2011.
- Kiftheo Sanjaya, Panungkelan, Oscar H. Kaseke, Mecky R. E. Manoppo. 2017.
Pengaruh Jumlah Tumbukan Pematatan Benda Uji Terhadap Besaran
Marshall Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Jenis Asphalt
Concrete (Ac). Jurnal sipil statik vol. 5 No.8 Oktober 2017 (541-548) ISSN:
2337-6732.
- Marga, Direktorat Jenderal Bina. 2010. "Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga
Edisi 2010 Revisi 2 Divisi 6." In.: Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia.
- Merkurius Saman, Richard F. Litelnoni, Yohanes M Punuf, Aji Suraji. 2013.
Penggunaan Asbuton Lawele Dengan Bahan Oli Bekas Kendaraan Untuk
Meningkatkan Stabilitas Beton Aspal: Widya Teknika Vol.21 No.2;
Oktober 2013 ISSN 1411-0660:32-39.
- Road of Engineering Association of Malaysia.2008. “Specification for Porous
Asphalt”. In.
- Sry Gusty, M.W. Tjaronge, Nur Ali, Rudy Djamaluddin.2017. Pengaruh
Penambahan Buton Granular Asphalt Pada Campuran Aspal Berongga
Campuran Panas Hapar Dingin Terhadap Stabilitas Marshall. Pekanbaru :

Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Perencanaan (KNTSP) 2017.

Teguh Dwi Istanto, Priyo Pratomo, Hadi Ali. 2015. Perubahan Parameter Parameter Marshal Akibat Perbedaan Jumlah Tumbukan pada Aspal Concrete – Wearing Course (ACWC) Gradasi Halus. JRSDD. Edisi Juni 2015. Vol. 3, No. 2. Hal:171 - 184 (ISSN:2303-0011).

Yuliansyah Hadi Ali Priyo Pratomo. 2015. Kepadatan Campuran dengan Variasi Tumbukkan Terhadap AC-WC Gradasi Halus. JRSDD, Edisi Juni 2015, Vol. 3, No. 2, Hal:249 – 260 (ISSN:2303-0011).

LAMPIRAN



Lampiran 1 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 2500gr

Agregat Kasar: Chipping

KODE	URAIAN	PEMERIKSAAN
A	Berat keranjang kosong	540 gram
B	Berat keranjang + benda uji SSD udara	3868 gram
C	Berat keranjang + benda uji didalam air	2503 gram
D	Berat keranjang dalam air	474 gram
E	Berat Benda Uji Kering Oven	3235 gram

$$\text{Apparent SG} = \frac{E}{E-C-D} = 2,68$$

$$\text{On Dry Basic} = \frac{E}{B-A-C-D} = 2,49$$



$$\text{SSD Basic} = \frac{B-A}{B-A-C-D} = 2,56$$

$$\text{Absortion} = \frac{(B-A)-E}{E} \times 100\% = 2,875$$

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Sri Gusty ST.,MT



Lampiran 2 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 2500gr

Agregat Halus: pasir

KODE	URAIAN	PEMERIKSAAN
A	Berat Picnometer	165 gram
B	Berat Contoh Kondisi SSD di Udara	250 gram
C	Berat Pikno + air + Contoh SSD	820 gram
D	Berat Talam	80 gram
E	Berat picno + air	660 gram
F	Berat setelah dioven + Talam	325 gram
G	Berat Benda Uji Kering Oven(F-D)	245 gram

$$\text{Apparent SG} = \frac{G}{G+E-C} = 2,40$$

$$\text{On Dry Basic} = \frac{G}{B+E-C} = 2,18$$



$$\text{SSD Basic} = \frac{B}{B+E-C} = 2,27$$

$$\text{Absortion} = \frac{B-G}{G} \times 100\% = 2,04$$

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusty ST., MT



Lampiran 3 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 6000gr

Agregat Kasar: Chipping

Keterangan : Agregat kasar yang lolos saringan nomor $\frac{3}{4}$ tertahan pada saringan no. $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{4}$ (masing-masing 3000 gram)

Kode	Uraian	Pemeriksaan
A	Berat Benda Uji Semula	5000gram
B	Berat Benda Uji Setelah Di Abrasi	3450gram

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} = \% \text{keausan} &= \frac{A-B}{A} \times 100\% \\ &= 31\end{aligned}$$

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusti ST., MT



Lampiran 4 Pemeriksaan Indeks Kepipihan Agregat Kasar

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr

Agregat Kasar: Chipping

Nomor	Gradasi Saringan	Ukuran Thickness Gauge		Berat Lolos Slot (Gram) A	Berat Tertahan Slot (Gram) B	Total Berat (Gram) C
		Lebar (mm)	Panjang (mm)			
I	3/4" 1/2"	6.67	38.2	105	395	500
II	1/2" 3/8"	4.8	25.4	136.2	363.8	500
Total				241.2	758.8	1000
Indeks Kepipihan = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100\%$				$\frac{241.2}{1000} \times 100\% = 24.12\%$		

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Sri Gusty ST., MT



Lampiran 5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Agregat Kasar: Pasir

Kode	Uraian	Pemeriksaan
A	Volume lumpur	8ml
B	Volume total (lumpur + pasir)	200ml

$$\text{Kadar Lumpur} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \% = 3.09 \%$$

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusti ST.,MT



Lampiran 6 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1500gr

Agregat Kasar: Chipping

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
Mm	gram	%	%	%
3/4'	0	0.00	0.000	100.00
1/2'	175	11.67	11.667	88.33
3/8'	335	22.33	34.000	66.00
4	990	66.00	100.000	0.00
8	0	0.00	100.000	0.00
200	0	0.00	100.000	0.00
Pan	0	0.00	100.000	0.00
Jumlah	1500	100.00	445.66667	

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusty ST., MT



Lampiran 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/ Pasir

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr

Agregat Kasar: Pasir

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
Mm	gram	%	%	%
3/4'	0	0.00	0.000	100.00
1/2'	0	0.00	0.000	100.00
3/8'	0	0.00	0.000	100.00
4	0	0.00	0.000	100.00
8	220	22.00	22.000	78.00
200	630	63.00	85.000	15.00
Pan	150	15.00	100.000	0.00
Jumlah	1000	100	207	

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusty 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 : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr

Agregat Kasar: Abu Batu

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	Σ PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
Mm	gram	%	%	%
3/4'	0	0.00	0.000	100.00
1/2'	0	0.00	0.000	100.00
3/8'	0	0.00	0.000	100.00
4	0	0.00	0.000	100.00
8	415	41.50	41.500	58.50
200	365	36.50	78.000	22.00
Pan	220	22.00	100.000	0.00
Jumlah	1000	100	219.5	

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Dr. Sri Gusti ST., MT

Lampiran 9 Analisa Data Bricket Gradasi Ream

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Analisa Data Bricket

Penelitian : Tugas Akhir

$$\begin{aligned} \text{Material Chipping} &= (100\% - 6\%) \times 85\% \times 0 = 0 \text{ gram} \\ 3/4" &= (100\% - 100\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 1/2" &= (100\% - 88.33\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 3/8" &= (88.33\% - 66.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 4} &= (66.00\% - 0.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 8} &= (0.00\% - 0.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 200} &= (0.00\% - 0.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{PAN} &= (0.00\% - 0\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material Pasir} &= (100\% - 6\%) \times 5\% \times 0 = 0 \text{ gram} \\ 3/4" &= (100\% - 100\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 1/2" &= (100\% - 100\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 3/8" &= (100\% - 100\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 4} &= (100\% - 100\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 8} &= (100\% - 78.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 200} &= (78.00\% - 15.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{PAN} &= (15.00\% - 0.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Material Debu Batu} &= (100\% - 6\%) \times 10\% \times 0 = 0 \text{ gram} \\ 3/4" &= (100\% - 0\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 1/2" &= (0\% - 0\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ 3/8" &= (0\% - 0\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 4} &= (0\% - 0\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 8} &= (0\% - 58.50\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{no. 200} &= (58.50\% - 22.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \\ \text{PAN} &= (22.00\% - 0.00\%) \times 0 = 0.00 \text{ gram} \end{aligned}$$

Makassar 4 september, 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium



Dr. Sri Gusty ST.,MT



Lampiran 10 Analisa Data Bricket Penambahan Aspal Minyak Pen 60/70

Dikerjakan : Octaviana

Diperiksa :

Pengujian : Analisa Data Bricket

Penelitian : Tugas Akhir

No.	Kadar Aspal Campuran (%)	Bitumen LGA (%)	Aspal Minyak Pen. 60/70 (%)
Penambahan 6%			
1	6	1.528	4.472

Kandungan Aspal Hasil Ekstraksi (A) = 25.47

Penambahan Aspal Minyak (B) = 6 %

Bitumen LGA (A) x (B) = (C) = 1.528 %

Aspal Minyak pen 60/70 (B)-(C) = 4.472%



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR
Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 11 Analisa Data Pengujian Marshall Test

Dikerjakan : Octaviana

Tipe Perkerasan	=	Aspal Porus
Jenis Campuran	=	Aspal Berongga
Berat Jenis Aspal (Gb)	=	1.065
Bj.Bulk Total Agregat (Gsb)	=	2.946
Bj.Eff Total Agregat (Gse)	=	3.04
Penyerapan Aspal (Pba)	=	1.126 %

Gradasi	Kadar BGA	Berat (Gram)					Volume Benda Uji	Bj. Bulk Campuran	Maksimum Campuran	% Total Volume			Rongga Dalam	Rongga Terisi	Stabilitas - Kg				Kelelahan	Quotient Marshall	
		Kadar Aspal terhadap		Di udara	dlm air	K.permukaan				Eff. Aspal	Agregat	Rongga Udara	Camp.Agr (%)	Aspal (%)	Dibaca	Disesuaikan	mm				
		(in air)	(in water)	(SSD)	cm ³	Unit Weight (Gmb)	(Gmm)		VMA	VFB	VIM	Stability		Flow	(Kg/mm)						
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
		Berat Campuran	Berat agregat											Angka Koreksi	Pembacaan Arloji Stabilitas	Angka Kalibrasi	Stability	Koreksi Stability		$\frac{Q}{R}$	
2x50	6	6.00	6.38	1305	665	1328	640	2.08	2.66	11.69	66.21	33.79	34.60	22.10	0.76	42.00	9.42	300.56	228.42	2.05	111.43
		6.00	6.38	1215	592	1235	597	2.07	2.66	11.65	66.01	33.99	34.28	22.34	0.76	47.00	9.42	336.34	255.62	2.24	114.12
		6.00	6.38	1200	603	1255	597	2.10	2.66	11.84	67.08	32.92	35.97	21.08	0.76	33.00	9.42	236.15	179.48	2.20	81.58
Rata-rata		6.00	6.38	1240	620	1273	611	2.08	2.66	11.73	66.43	33.57	34.95	21.84	0.76	40.67	9.42	291.02	221.17	2.16	102.37
2x55	6	6.00	6.38	1241.1	690.3	1278.2	550.8	2.32	2.66	13.07	74.05	25.95	50.37	12.88	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1281.3	701.6	1316.2	579.7	2.27	2.66	12.79	72.45	27.55	46.42	14.76	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1264.5	691.9	1298.8	572.6	2.27	2.66	12.78	72.37	27.63	46.26	14.85	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata-rata		6.00	6.38	1262.3	695	1298	568	2.29	2.66	12.88	72.96	27.04	47.68	14.16	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
2x65	6	6.00	6.38	1247.1	699.4	1278.6	547.7	2.33	2.66	13.15	74.49	25.51	51.55	12.36	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1235.9	684.2	1277.3	551.7	2.32	2.66	13.04	73.87	26.13	49.92	13.08	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1245.3	690.4	1298.8	554.9	2.34	2.66	13.19	74.68	25.32	52.09	12.13	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata-rata		6.00	6.38	1242.8	691	1285	551	2.33	2.66	13.13	74.35	25.65	51.19	12.52	0.76	0.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
2x75	6	6.00	6.38	1254.3	697.5	1263.1	556.8	2.27	2.66	12.78	72.38	27.62	46.28	14.84	0.76	33.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1268.9	704.4	1293.6	564.5	2.29	2.66	12.91	73.12	26.88	48.03	13.97	0.76	28.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
		6.00	6.38	1250.1	689.6	1271.2	560.5	2.27	2.66	12.78	72.37	27.63	46.24	14.86	0.76	37.00	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00
Rata-rata		6.00	6.38	1257.8	697	1276	561	2.28	2.66	12.82	72.62	27.38	46.85	14.55	0.76	32.67	9.42	0.00	0.00	0.00	0.00



**LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR**

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 12 Analisa Data Pengujian Cantabro

Dikerjakan : Octaviana

Gradasi	Kadar BGA	Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat		Spesifikasi
						Mo-Mi	$\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100$		
Type	%	No.	%	Kg	Kg	Kg	%		%
2x50	6	1	6	1270	1110	160	12.598		Max. 20
		2		1255	1060	195	15.538		
		3		1175	1005	170	14.468		
2x55	6	1	6	1270	1040	230	18.110		Max. 20
		2		1265	1035	230	18.182		
		3		1230	1010	220	17.886		
2x65	6	1	6	1265	960	305	24.111		Max. 20
		2		1240	910	330	26.613		
		3		1240	985	255	20.565		
2x75	6	1	6	1190	540	650	54.622		Max. 20
		2		1245	535	710	57.028		
		3		1175	560	615	52.340		

Lampiran 13 Dokumentasi Penelitian

Lawale Granular Asphalt



Agergat kasar yang telah dipisahkan



BENDA UJI MARSHALL



BENDA UJI CANTABRO



PENGUJIAN MARSHALL



PENGUJIAN CANTABRO

