

**STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN ASPAL BERONGGA
YANG MENGGUNAKAN ASPAL BUTON SEBAGAI BAHAN
PENGIKAT**

TUGAS AKHIR

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

Oleh

JAINAL NDOUT

1520121027



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

**STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN ASPAL BERONGGA YANG
MENGUNAKAN ASPAL BUTON SEBAGAI BAHAN PENGIKAT**

Oleh:

Jainal Ndout

NIM: 1520121027

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Tanggal, 12 September 2019

Dosen pembimbing I

(Dr. Sri Gusti, S.T., M.T)

NIDN: 0908088504

Dosen pembimbing II

(Andi Ibrahim Yunus, S.T., M.T)

NIDN: 0931127804

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

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

NIDN: 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil

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

NIDN: 0919117903

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

Studi Eksperimental Campuran Aspal Berongga Yang Menggunakan Aspal Buton Sebagai Bahan Pengikat, Ini adalah karya orisinalitas saya dan serta seluruh sumber acuan akan di tulus sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 12 September 2019

Yang menyatakan



Jainal Ndout

ABSTRAK

Studi ekperimental campuran aspal berongga yang menggunakan aspal buton sebagai bahan pengikat, Jainal Ndout. Jalan merupakan salah satu konstruksi bangunan sipil yang memiliki peranan penting untuk keberlangsungan hidup masyarakat. Fungsinya untuk menghubungkan pergerakan arus lalu lintas, orang maupun barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Pemelihan campuran pada pelaksanaan konstruksi jalan merupakan solusi untuk memberikan kenyamanan pengendara dengan tingkat keselamatan yang tinggi. Salah satu tipe campuran aspal adalah campuran aspal berongga. Aspal berongga adalah aspal perkerasan lentur dimana air dapat meresap kedalam lapisan aus (*wearing course*) secara vertical dan mengalir secara horizontal. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh nilai karakteristik marshall dan nilai abrasi yang menggunakan Aspal Buton sebagai bahan pengikat dengan menggunakan 18 sampel dengan variasi kadar LGA 6%, 7%, 8% dan limbah oli sebanyak 2%. Dari hasil penelitian yang diperoleh oli bekas sangat berpengaruh terhadap nilai karakteristik marshall dan nilai abrasi dengan rata-rata berat kehilangan untuk LGA 6% sebesar 15,64%, LGA 7% sebesar,16,79% dan 8% sebesar 9,95%

Kata kunci: Aspal Buton, Aspal Porus, Karakteristik Marshall, Abrasi

ABSTRACT

An experimental study of a hollow asphalt mixture using Buton asphalt as a binding material, Jainal Ndout. Roads are one of the construction of civil buildings that have an important role in the survival of the community. Its function is to connect the movement of traffic flow, people and goods from one place to another. Mixing on road construction is a solution to provide driver comfort with a high level of safety. One type of asphalt mixture is hollow asphalt mixture. Hollow asphalt is flexible pavement asphalt where water can seep into the wear layer (wearing course) vertically and flow horizontally. The purpose of this study was to determine the effect of Marshall characteristic values and abrasion values using Buton Asphalt as a binder by using 18 samples with variations in LGA levels of 6%, 7%, 8% and oil waste of 2%. From the research results obtained used oil is very influential on the characteristic value of Marshall and abrasion value with an average weight loss for LGA 6% by 15.64%, LGA 7% for, 16.79% and 8% for 9.95%

Keywords: Buton Asphalt, Porous Asphalt, Marshall Characteristics, Abrasion

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadapan Allah SWT, yang berkat rahmat dan karunianya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu memenuhi salah satu syarat mendapat gelas Sarjana Teknik Program Studi Strata satu Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar

Penulisan skripsi ini dengan judul "Studi Eksperimental Campuran Aspal Berongga Yang Menggunakan Aspal Alam Buton Sebagai Bahan Pengikat"

Dengan keterbatasan pengetahuan, pengalaman dan kemampuan yang di miliki, skripsi ini belum sempurna. Namun, diharap skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Pada proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak, saya menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar, Dr. Erniati ST., MT
2. Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, Fatmawati Rachim, ST., MT
3. Dosen Pembimbing Dr. Sri Gusty, ST., MT dan Andi Ibrahim Yunus, ST., MT
4. Orang Tua serta keluarga besar saya yang senantiasa mendoakan agar saya selalu diberi kekuatan dan kesabaran.
5. Saudara saudaraku di Program studi Teknik Sipil yang tidak sempat disebut namanya satu per satu, telah banyak memberikan bantuan dalam menyusun tugas akhir ini, penulis selalu mengenang dan takan pernah melupakan kebersamaannya selama di jurusan Teknik Sipil Universitas Fajar.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan proposal ini masih jauh dari kesempurnaan, dengan kerendahan hati penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Ataupun peneliti lebih lanjut mengenai proposal

ini. Mudah-mudahan proposal ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Semoga amal ibadah, dan dorongan serta doanya yang diberikan kepada penulis dengan tulus dan ikhlas mendapatkan rahmat dan karunia dari Allah SWT

Terimakasih.

Makassar, September 2019

Penulis

Jainal Ndout

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan Penelitian	4
I.4 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	5
II.2 Komponen penyusun perkerasan lentur	7
II.3 Agregat	9
II.4 Gradasi Agregat	11
II.5 Aspal Berongga (berongga)	13
II.6 Aspal Buton (Asbuton)	16
II.7 Aspal Minyak	18
II.8 Bahan Peremaja (Limbah Oli Bekas)	19
II.9 <i>Marshall Asphalt Test</i>	21
II.10 Pengujian cantabro	23
II.11 Studi Kajian Terdahulu	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30

III.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Bahan	31
III.3 Pemeriksaan Kinerja Aspal Berongga.....	33
III.4 Kerangka Pikir Penelitian	36
III.5 Bagan Alir penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
IV.1. Hasil Uji karakteristik material	39
IV.2. Gradasi Gabungan Agregat.....	40
IV.3 Pengujian Campuran Aspal Berongga	44
BAB V PENUTUP	54
V.1. Kesimpulan	54
V.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1	Ketentuan Agregat Kasar..... 10
Tabel II.2	Ketentuan Agregat Halus 10
Tabel II.3	Ketentuan Campuran Aspal 12
Tabel II.4	Batas Gradasi Agregat Campuran Aspal 12
Tabel II.5	Perkembangan Pemanfaatan Karakteristik Dasar Aspal Buton... 18
Tabel II.6	Hasil Pengujian Oli Bekas..... 20
Tabel II.7	Matriks Relevansi Penelitian Terdahulu..... 24
Tabel III.1	Perencanaan Jumlah Benda Uji..... 31
Tabel III.2	Metode Pengujian Karakteristik Agregat 32
Tabel III.3	Metode Pengujian Asbuton..... 33
Tabel III.4	Gradasi Agregat Campuran Aspal 33
Tabel III.5	Pengujian dan Metode Pengujian Karakteristik Aspal 34
Tabel IV.1	Hasil Pengujian Agregat kasar 39
Tabel IV.2	Hasil Pengujian Agregat Halus 40
Tabel IV.3	Gradasi Gabungan <i>REAM</i> 41
Tabel IV.4	Penentuan Komposisi Agregat pada penambahan LGA 6% 42
Tabel IV.5	Penentuan Komposisi Agregat pada Penambahan LGA 7% 43
Tabel IV.6	Penentuan Komposisi Agregat pada Penambahan LGA 8% 43
Tabel IV.7	Kadar Aspal Minyak Setelah Penambahan Agregat 43
Tabel IV.8	Hasil <i>Marshall Test</i> 44
Tabel IV.9	Hasil <i>Cantabro Test</i> 52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Struktur Perkerasan Lentur	7
Gambar II.2 Sistem Aspal Berongga	13
Gambar II 3 Aliran air Pada Aspal Padat dan Aspal	14
Gambar II.4 Sistem Drainase Aspal	16
Gambar III.1 Lokasi Penelitian	30
Gambar III.2 Kerangka Pikir Penelitian	37
Gambar III.3 Bagan Alir Penelitian	38
Gambar IV.1 Kurva Gradasi Gabungan Agregat	41
Gambar IV.2 <i>Marshall Test</i>	44
Gambar IV.3 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai VIM	45
Gambar IV.4 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai VMA	46
Gambar IV.5 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai VFB.....	47
Gambar IV.6 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai Stabilitas	48
Gambar IV.7 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai <i>FLOW</i>	49
Gambar IV.8 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai MQ.....	50
Gambar IV. 9 Benda Uji Sebelum uji Cantabro	51
Gambar IV.10 Benda Uji Setelah Uji Cantabro	51
Gambar IV.11 Hasil Pengujian Cantabro	52

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ASTM	<i>American Society Of Testing And Materials</i>	9
AASHTO	<i>American Association of State</i>	9
ASBUTON	<i>Aspal Buton</i>	16
BGA	<i>Buton Granular Asphalt</i>	18
BMA	<i>Butonite Mastic Asphalt</i>	18
KAO	<i>Kadar Aspal Optimum</i>	28
LASTON	<i>Lapisan Aspal Beton</i>	21
MFO	<i>Marine Fuel Oil</i>	
MQ	<i>Marshall Quotient</i>	21
REAM	<i>Road Enggineering Association of Malaysia</i>	12
SNI	<i>Standar Nasional Indonesia</i>	20
VIM	<i>Voids In Mix</i>	32
VMA	<i>Voids In Mineral Aggregate</i>	21
VFB	<i>Voids Filler In Bitument</i>	
VFA	<i>Voids Filler With Asphalt</i>	20

LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Daftar Penggunaan Standar Nasional Indonesia dalam penelitian ..	57
Lampiran 2 Pemeriksaan Absorpsi Dan Berat Jenis Agregat Kasar.....	58
Lampiran 3 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus	59
Lampiran 4 Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar.....	60
Lampiran 5 Pemeriksaan Indeks Kepipihan Agregat Kasar.....	61
Lampiran 6 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	62
Lampiran 7 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	63
Lampiran 8 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/ Pasir	64
Lampiran 9 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus/ Abu Batu	65
Lampiran 10 Analisa Data Bricket Variasi Lga 6% Gradasi <i>REAM</i>	66
Lampiran 11 <i>Analisa Data Bricket Variasi Lga 7% Gradasi REAM</i>	67
Lampiran 12 Analisa Data Bricket Variasi Lga 8% Gradasi <i>REAM</i>	68
Lampiran 13 Analisa Data Bricket Penambahan Aspal Minyak Pen 60/70	69
Lampiran 14 Analisa Data Pengujian <i>Marshall Test</i>	70
Lampiran 15 Analisa Data Pengujian <i>Cantabro Test</i>	71

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu konstruksi bangunan sipil yang memiliki peranan penting untuk keberlangsungan hidup masyarakat. Fungsinya untuk menghubungkan pergerakan arus lalu lintas, orang, maupun barang dari satu tempat ketempat yang lain. Kondisi fisik dari jalan seperti tingkat kekesatan aspal, percikan air, dan membuat permukaan jalan tidak licin sehingga roda kendaraan tidak mudah tergelincir dan dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas ketika musim hujan, mengurangi suara kendaraan sehingga dapat menurunkan tingkat polusi udara (Danang Pasc Karyo No 2010).

Perkerasan lentur terletak di bagian atas atau diatas lapis pondasi. Karena letaknya dibagian atas, maka permukaan aspal tidak cepat mengalami pengausan akibat beban roda kendaraan dan pengaruh lingkungan (panas matahari dan air hujan). Proses pencampuran aspal merupakan bagian yang penting dan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan mutu campuran). Di samping itu, campuran aspal memiliki kekuatan yang baik sehingga dapat mengeliminasi tegangan vertikal yang terjadi pada lapisan pondasi sampai ke tanah dasar, sehingga tidak menimbulkan deformasi berlebih.

Pemilihan tipe campuran aspal pada pelaksanaan konstruksi jalan merupakan solusi untuk memberikan kenyamanan pengendara dengan tingkat keselamatan yang tinggi. Salah satu tipe campuran aspal adalah campuran aspal berongga. Aspal berongga adalah campuran aspal perkerasan lentur, di mana air dapat meresap kedalam lapisan aus (*wearing course*) secara *vertical* dan mengalirkan secara *horizontal*. Aspal berongga adalah jenis campuran aspal yang

komposisi agregatnya menggunakan gradasi seragam, yaitu gradasi yang memiliki presentase agregat kasar lebih besar dibandingkan agregat halus. Gradasi ini mempunyai rongga/ pori yang besar dan menyebabkan ikatan antar agregat (*interlocking*) menjadi sangat lemah dan mudah lepas, sehingga memiliki umur pelayanan lebih singkat dibandingkan campuran aspal konvensional. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang di hamparkan diatas lapisan kedap air. Kapasitas drainase aspal berongga tergantung dari persentase dan jenis rongga di dalam aspal berongga. Persentase rongga menerus yang besar sangat efektif untuk menyerap dan mengalirkan air hujan dengan cepat ke drainase. (Alfriady 2011)

Salah satu kelemahan aspal berongga adalah adanya rongga dalam perkerasan yang menyebabkan aspal dapat keropos. Lapisan aspal berongga dapat mengurangi kebisingan dan meningkatkan gesekan antara permukaan jalan dengan ban kendaraan sehingga cepat mengalami proses keausan. Untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan perlu adanya penggunaan campuran aspal dengan pemilihan jenis material yang baik dapat pula memodifikasi dengan menggunakan bahan tambahan seperti oli sehingga diharapkan bisa meningkatkan kinerja nilai stabilitas campuran aspal

Indonesia memiliki deposit aspal buton yang merupakan material alam yang terdapat di Pulau Buton. Asbuton belum dapat di manfaatkan secara optimal karena masih kalah bersaing dengan aspal minyak. Hal ini di sebabkan karena Asbuton melalui pemurnian terlebih dahulu sebelum di manfaatkan untuk campuran perkerasan. Selain itu kadar bitumen yang terdapat pada Asbuton relatif

rendah berkisar antara 15% – 45% dari total berat (Tjitjik, S dan Sastra mihardja, 1998).

Penelitian yang terkait dengan hal ini pada penggunaan Asbuton yang berkontribusi untuk di gunakan sebagai bahan pengikat aspal berongga. Asbuton tersebut masih mengandung batu kapur meskipun di lakukan ekstraksi. Dengan adanya mineral yang terkandung dalam Asbuton menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori aspal berongga sehingga fungsi drainasenya dapat menurun. Asbuton yang digunakan dalam penelitian terdahulu berupa Asbuton campuran panas hampar dingin (*hotmix cold laid Asbuton*) tipe 50/30 sebagai bahan pengikat pada campuran aspal berongga.

Penelitian yang di lakukan oleh Merkurius, dkk menyatakan bahwa penggunaan Asbuton dengan bahan tambahan berupa oli bekas kendaraan dapat meningkatkan nilai stabilitas .

Sri Gusty, dkk., 2016. Dalam penelitiannya berjudul ”Kajian Komposisi Asbuton Lawele dengan penambahan *Hux Oil* sebagai Aspal Berongga, menyatakan bahwa penambahan Asbuton dalam campuran aspal berongga dapat meningkatkan nilai stabilitas

Berdasarkan uraian diatas maka saya tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Studi Eksperimental Campuran Aspal Berongga Yang Menggunakan Aspal Alam Buton Sebagai Bahan Pengikat”**

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan Asbuton sebagai bahan pengikat pada campuran aspal berongga terhadap nilai karakteristik *marshall*?

2. Bagaimana nilai ketahanan campuran aspal berongga yang menggunakan Asbuton sebagai bahan pengikat terhadap nilai abrasi?

I.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan Asbuton sebagai pengikat pada campuran aspal berongga terhadap nilai karakteristik *marshall*
2. Untuk mengetahui nilai ketahanan campuran aspal berongga yang menggunakan Asbuton sebagai bahan pengikat terhadap nilai abrasi

I.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Menggunakan limbah oli sebanyak 2%
2. Menggunakan Asbuton tipe 50/30
3. Variasi LGA yaitu 6%, 7% dan 8%
4. Menggunakan Gradasi *REAM*

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran agregat dan bahan ikat (*binder*) yang diletakkan di atas tanah dasar dengan pemadatan untuk melayani beban lalu - lintas. Tujuan utama pembuatan struktur perkerasan jalan untuk mengurangi tegangan atau

tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong beban tersebut.

II.1.1 Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat perkerasan sehingga sifat perkerasan lebih lentur, memiliki deformasi yang lebih besar dan berdasarkan perencanaan dapat bertahan sampai 20 tahun dengan mempertimbangkan pertumbuhan lalu – lintas tiap tahun, bahkan umur perkerasan dapat lebih dari 20 tahun jika konstruksi perkerasan dikerjakan dengan baik dan penggunaan material yang sesuai standar spesifikasi dan spesifikasi *design* digunakan secara benar. Demikian pula perbaikan/pemeliharaan secara periodik harus selalu dilakukan sebelum dilaksanakan rekonstruksi yang lebih besar (Mentari C.P,2014).

Pada umumnya perkerasan lentur digunakan pada jalan yang mempunyai beban lalu – lintas ringan, sedang sampai berat, seperti: jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, dan perkerasan dengan konstruksi bertahap. Perkerasan lentur memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. Menggunakan bahan pengikat aspal,
2. Sifat dari perkerasan ini yaitu memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar.
3. Berpengaruh terhadap repitisi beban yaitu timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda), dan
4. Berpengaruh terhadap penurunan tanah dasar, pada jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

5. Bila dibebani akan melendut dan kembali Normal jika bebannya tidak ada, lenturan kembali.
6. Fungsi utama sebagai penyebar tegangan.
7. Beban dari roda kendaraan menyebar ke setiap lapisan bawah dan berakhir di lapisan tanah dasar.

Kerugian dalam penggunaan perkerasan lentur sebagai berikut :

- a. Biaya pemeliharaan relatif lebih mahal di mana kegiatan pemeliharaan harus teratur dan kontinyu secara berkala.
- b. Bahan aspal dan material lapis pondasi akan mudah rusak jika konstruksi jalan tergenang air (banjir).
- c. Lapisan perkerasan dapat menerima perbedaan penurunan (*differential settlement*) yang agak besar dari tanah dasar.

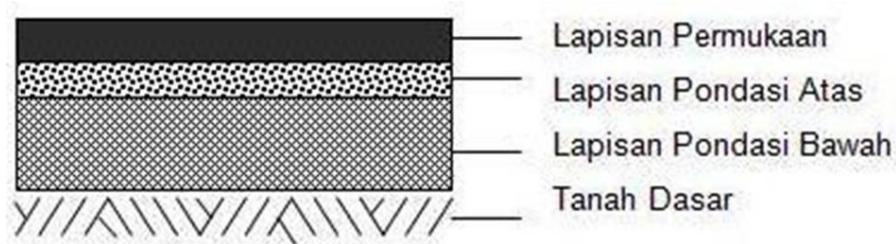
Keuntungan menggunakan perkerasan lentur, yaitu :

- a. Biaya pelaksanaan pekerjaan relatif lebih murah dibanding dengan perkerasan kaku.
- b. Dapat digunakan pada daerah yang memiliki perbedaan penurunan (*differential settlement*) secara terbatas.
- c. Pelaksanaannya lebih mudah jika terjadi kerusakan.
- d. Penambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan setiap saat.

- e. Memiliki tahanan geser yang baik.

II.2 Komponen Penyusun Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis untuk menerima beban kendaraan dan meneruskan ke lapisan bawahnya



Gambar II.1 Struktur Perkerasan Lentur

Pada Gambar II.1 Struktur Perkerasan lentur di atas berdasarkan fungsinya terdiri dari:

1. Tanah Dasar

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian – bagian perkerasan lainnya.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat - sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.

2. Lapisan Pondasi Bawah

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

3. Lapisan Pondasi Atas

Lapis Pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi lapis pondasi antara lain:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda,
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

4. Lapisan permukaan

Lapis Permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan antara lain:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
- b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*).

II.3 Agregat

Agregat adalah butir – butir batu pecah, kerikil, pasir, ataupun mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan. 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, beronggasitas, 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).

Tabel II.1 Ketentuan Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1969:2008	Min 2.5
3	Penyerapan Air	SNI 1969:2008	Mak 3%
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Mak 40%
5	Indeks Kepipihan dan Kelonjongan	ASTM D-4791	Mak 10%
6	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439:2011	Min 95

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

Tabel II.2 Ketentuan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1969:2008	min 2,5 %
3	Penyerapan Air	SNI 1969: 2008	mak 3 %

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

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).

II.4 Gradasi Agregat

Bukhari (2007) dalam penelitian M. Sofyan dkk menyebutkan gradasi adalah distribusi partikel – partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Menurut Sukirman (2003) gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir, kadar aspal dan akan menentukan stabilitas serta kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu gradasi rapat, gradasi seragam dan gradasi timpang.

1. Gradasi Rapat (*Dense Graded / Well Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase tidak sesuai dan berat volume besar.

2. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka.

Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

3. Gradasi Timpang/Senjang (*Poorly Graded/ Gap Graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas.

Campuran aspal berongga didominasi oleh agregat kasar untuk memperoleh pori yang cukup tinggi agar didapat permeabilitas yang tinggi, dimana permeabilitas difungsikan untuk *subsurface drain*. Beberapa kelebihan campuran aspal berongga yaitu dapat meminimalisasi genangan, mengurangi percikan air, bahaya slip pada roda kendaraan, kesilauan akibat sinar lampu lalu lintas pada malam hari, serta dapat mereduksi kebisingan. Syarat dan ketentuan campuran aspal berongga dapat terlihat pada Tabel II.3

Tabel II.3 Ketentuan Campuran Aspal Berongga

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji Cantabro Loss (%)	Maks. 15
2	Uji Aliran Aspal Kebawah (%)	Maks. 0,3
3	Kadar Rongga di Dalam Campuran (VIM %)	18 – 25
4	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 350
5	Kelelehan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 4
6	Kekakuan <i>Marshall</i> (kg/mm)	Maks. 200
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

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

Tabel. II.4 Batas Gradasi Agregat Campuran Aspal Berongga

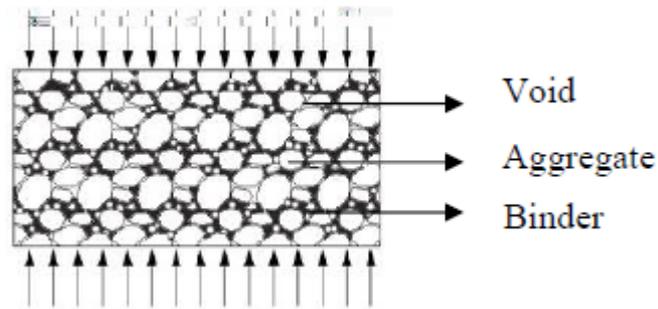
No. Ayakan	Ukuran Ayakan (mm)	Presentaase agregat lolos (%)	
		Grading A	Grading B
3/4	20.0	-	100
1/2	14.0	100	85 – 100
3/8	10.0	95 – 100	55 – 75
4	5.0	30 – 50	10 – 25
8	2.36	5 – 15	5 – 10
200	0.075	2 – 5	2 – 4

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

II.5 Aspal Berongga

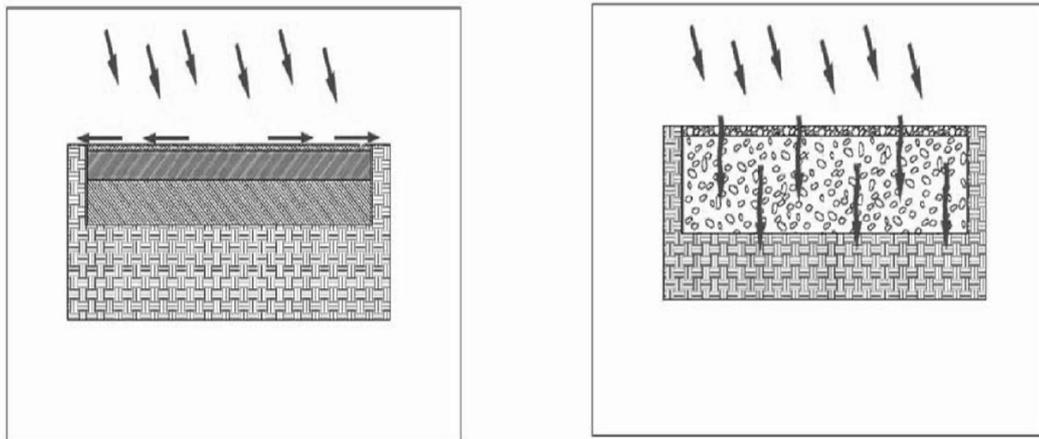
Aspal berongga adalah campuran aspal dengan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan kadar rongga udara yang tinggi. Aspal berongga dipergunakan untuk lapisan permukaan jalan dan selalu dihampar di atas lapisan kedap air. Efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu – lintas pada musim hujan, mengurangi percikan air dan mempunyai kekesatan permukaan yang baik pada kecepatan tinggi (*I Wayan Diana, 2000*).

Penggunaan nama Aspal Berongga sangat terkait dengan perilaku atau sifat-sifat campuran aspal 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 (Cabrer,et.al1996).



Gambar II.2 Sistem Aspal Berongga

Aspal berongga adalah jenis perkerasan untuk lapis permukaan yang diletakkan di atas lapisan *base* atau *surface* yang *permeable* dan didominasi oleh agregat kasar (85%) sehingga gradasinya adalah gradasi terbuka (*open graded*) dan berfungsi sebagai drainase di bawah permukaan jalan. Untuk membedakan aliran air lapis perkerasan aspal berongga dengan lapis perkerasan aspal padat dapat terlihat pada Gambar II.3



Gambar II.3 Aliran Air Pada Aspal Padat (Kiri) dan Aspal berongga (Kanan)

Campuran aspal berongga menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), sehingga campuran aspal berongga dinamakan *open graded asphalt*. Gradasi terbuka terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung sedikit agregat halus, sehingga terdapat banyak rongga/ruang. Campuran aspal yang

dibuat dengan gradasi ini bersifat berongga atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

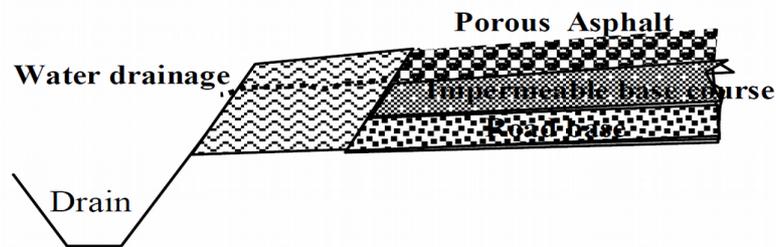
Penggunaan aspal berongga dapat memberikan manfaat, antara lain :

1. Dapat mengurangi *aquaplaning* apabila permukaan aspal basah akibat tingginya kadar pori dalam aspal berongga.
2. Permukaan aspal berongga sangat kasar dan kesat, 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 jejeran pori yang membentuk saluran drainase, yang mampu meresapkan air pada arah vertical dan mengalirkannya ke saluran samping jalan secara horizontal 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 berongga.

Kekurangan penggunaan aspal berongga sebagai berikut:

1. Tingginya kadar rongga di dalam aspal berongga menyebabkan stabilitas aspal berongga rendah sehingga perlu mempertimbangkan penggunaannya lebih cermat pada lalu lintas tinggi.
2. 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 karena oksigen dapat memasuki rongga aspal berongga, sehingga terjadi proses oksidasi pada aspal yang menyebabkan aspal menjadi lapuk.
4. Bahaya *desintegrasi* perkerasan akan terjadi akibat kurangnya peristiwa *interlocking* karena penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang besar dan dibatasainya agregat halus yang memiliki fungsi memperkuat *interlocking*, untuk mempertahankan rongga yang besar dalam perkerasan.



Gambar II.4 Sistem Drainase Aspal Berongga

II.6 Aspal Buton (Asbuton)

Asbuton yang berada di Pulau Buton merupakan cadangan aspal alam yang sangat besar. Asbuton terbentuk secara alami akibat proses geologi, yaitu berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup diantara batuan. 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.

Material alam mengandung aspal yang tersedia di Pulau Buton mempunyai cadangan yang sangat besar terdapat sampai 650 juta ton material alam

mengandung aspal dengan kadar aspal bervariasi antara 10 % sampai dengan 50% dengan lokasi tersebar dari Teluk Sampolawa sampai dengan Teluk Lawele sepanjang 75 kilometer di Wilayah Kabupaten Muna.

Bitumen Asbuton berasal dari endapan minyak bumi yang berada dekat dengan permukaan bumi yang mengalami destilasi alam dalam waktu yang lama dan terus menerus. Perbandingan berat aspal yang terkandung dalam Asbuton terhadap berat total Asbuton (kandungan Asbuton terdiri dari aspal dan mineral) dalam satuan persen.

Asbuton adalah sumber daya Indonesia berupa aspal alam yang terkandung dalam deposit bantuan yang terdapat di Pulau Buton dan sekitarnya. Sifat – sifat Asbuton adalah sebagai berikut:

1. Tambang Kabungka

Penetrasi aspal rendah (<10), kadar air tinggi (> 10%), kadar aspal 12% – 20%.

2. Tambang Lawale

Penetrasi aspal Normal, kadar air rendah, kadar aspal 25 % – 30 %.

Sifat teknis Aspal Buton berdasarkan lokasi penambangannya disajikan pada Tabel II.5. Aspal Buton ini mempunyai variasi kandungan berat aspal antara 20% – 30% dengan nilai penetrasi yang bervariasi. Aspal yang berasal dari lokasi penambangan Lawele mempunyai nilai penetrasi jauh lebih tinggi dibandingkan aspal yang berasal dari lokasi penambangan Kabungka.

Bahan ini memiliki sifat agregat yang mengaglomerasi selama masa penyimpanan. Proses aglomerasi ini diperburuk oleh kondisi alam di Indonesia

yang lembab, yang selain menyebabkan terjadinya aglomerasi cenderung menjadikan bahan ini lebih lengket.

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).

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.

Tabel II.5 Perkembangan Pemanfaatan Karakteristik Dasar Aspal Buton

Tahun	Tipe Produk	Ukuran Butir Maks	Kadar Bitumen (%)	Kadar Air (%)	Kemasan	Metode Campuran
1929	Asbuton Konvensional	½" (12,7 Mm)	18-22	15 – 20	Curah Karung Plastik	Dingin
1993	Asbuton Halus	¼" (6,35 Mm)	<6	2+2	Kurang Plastik @40 Kg	Dingin
1993-1996	Asbuton Mikro Plus	No. 8 (2,36 Mm)	25 ± ½	<2	Kurang Plastik Kedap Air @40 Kg	Panas
1995	<i>BMA (Butonite Mastic Asphalt)</i>	Mineral < 600 µm	50	<2	Bahan Dasar Asbuton	Panas
1997	Retona (Ekstraksi Aspal Buton) + Aspal Minyak (20% + 80%)		90	<2	Block/Curah	Panas

2002	BGA (Buton Granular Asphalt)	Mineral < 1,16 Mm	20 – 25	<2	Kurang Plastik 2 Lapis @ 40 Kg	Panas
------	------------------------------	-------------------	---------	----	--------------------------------	-------

II.7 Aspal Minyak

Aspal minyak adalah cairan yang bersifat *adesive* (melekat), memiliki warna yang hitam maupun cokelat, visioelastis, tahan terhadap air dan sebagian besar tersusun dari hidrokarbon. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung paraffin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara paraffin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*

Tabel II. 1 Hasil pengujian karakteristik Aspal Minyak pen 6070

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

Sumber : PT. Summitama Intinusa

- AC Pen 4050, yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 40-50
- AC Pen 60/70, yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 60-70
- AC Pen 85/100, yaitu aspal keras dengan penetrasi antara 85-100

II.8 Bahan Peremaja (Limbah Oli Bekas)

Penggunaan Asbuton di Indonesia masih belum optimal karena banyaknya penggunaan aspal minyak, hal ini menyebabkan melimpahnya Asbuton di Indonesia. Selain melimpahnya ketersediaan Asbuton di Indonesia terdapat pula bahan perkerasan yang dapat di daur ulang yaitu dengan menggunakan oli bekas sebagai bahan peremaja. Hal ini aspal yang mempunyai viskositas tinggi memerlukan bahan pelarut yang viskositasnya lebih rendah sehingga bahan peremaja dapat menyebar dengan merata pada agregat aspal daur ulang. Selain itu, untuk mengisi rongga yang kosong dalam aspal daur ulang dibutuhkan Asbuton sebagai bahan pengganti agregat.

Iqbal dan Rizaldy (2013) melakukan penelitian mengenai bahan peremaja oli bekas mobil sebagai bahan peremaja aspal. Dari hasil penelitian tersebut, disarankan penggunaan oli bekas pada aspal daur ulang sebaiknya ditambahkan dengan bahan lain yang lebih mampu melunakkan aspal agar agregat dapat terikat dengan baik. Percobaan yang dilakukan oleh peneliti menjadi dasar penelitian untuk mengetahui pengaruh dari penambahan oli bekas sebagai peremaja Asbuton Butir.

Secara ekonomis penggunaan oli bekas sebagai bahan peremaja pada campuran aspal memiliki nilai tambah dan berguna dalam pemanfaatannya serta mudah untuk didapat. Seiring dengan pesatnya perkembangan laju kendaraan di kota maupun di daerah menyebabkan bertambah banyaknya oli bekas di Indonesia.

Suatu sifat penting dari bahan modifier adalah menghasilkan campuran aspal yang stabil, tidak mudah menguap, dapat menaikkan mutu perkerasan, mudah penyimpanannya, sehingga dapat menghasilkan mutu aspal yang sama atau mendekati aslinya (Tjitjik, 2002). Oli bekas mempunyai titik didih tinggi setara dengan aspal, sehingga penambahan oli bekas ke dalam aspal diperkirakan dapat menutupi kelemahan Asbuton.

Tabel II.6 Hasil Pengujian Oli Bekas

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Menggunakan Oli Bekas
1	Viskositas pada 50°F, (eST)	≥ 40
2	Titik Nyala, °c	≥ 220
3	Berat Jenis	$\geq 0,850$
4	Penurunan Berat, %	$\geq 1,5$
5	Kadar Parafin, %	$\geq 0,15$

Sumber : Jurnal Litbang Jalan, volume 19 No. 3 Desember, 134-142

II.9 *Marshall Asphalt Test*

Pengujian Alat *Marshall* dilakukan sesuai dengan prosedur *REAM (Road Engineering Association Of Malaysia)*. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) yaitu berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula *flow*nya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi, semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Jika *flow* semakin tinggi, maka aspal semakin mampu menahan beban.

Hasil pengamatan pada Pengujian Alat *Marshall* kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal (VFA), presentase rongga dalam campuran (VIM), kelelahan (*flow*), stabilitas, dan

perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (MQ). Berikut ini penjelasan dari kata-kata di atas :

1. VFA (*Void Filled With Asphalt*) adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Faktor – faktor yang mempengaruhi VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energi pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan), dan absorpsi agregat. Mengecilnya nilai VMA pada kadar aspal yang tetap, berakibat memperbesar presentase rongga terisi aspal.
2. VIM (*Void in the Mix*) menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat berongga.
3. Kelelahan (*flow*) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai *flow* dinyatakan dalam mm atau 0,01. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, *viskositas* aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.
4. Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding*. Nilai

stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (*internalfriction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

5. MQ (*MarshallQuotient*). Nilai MQ menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil.

Dari hasil yang telah didapatkan dapat diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan kriteria di batas, untuk kemampuan campuran yang sesuai dengan Standar Bina Marga.

Persyaratan campuran lapis aspal untuk lalu lintas berat berdasarkan buku petunjuk Pelaksanaan LASTON (Lapis Aspal Beton), untuk jalan raya sebagai berikut:

Rongga terisi aspal	: > 75%
Rongga dalam campuran	: 3% – 5%
Kelelehan	: 2mm – 4mm
Stabilitas + kelelehan	: 200 kg/mm – 350 kg/mm

Dalam perencanaan campuran aspal yang ideal maka harus memenuhi syarat antara stabilitas yang tinggi, fleksibilitas yang rendah, rongga pori yang kecil, dan rongga dalam campuran yang kecil.

II.10 Pengujian Cantabro

Pengujian cantabro merupakan pengujian untuk mengetahui berat sampel yang hilang setelah dilakukan *test* abrasi

menggunakan alat mesin *Los Angeles*. Benda uji dibuat dengan diameter 101.6 mm dan dipadatkan kedua sisinya 2x50 tumbukan. Benda uji Campuran aspal AC-BC dicampuran pada temperatur + 150°C. Sampel diletakkan dalam drum *Los Angeles* tanpa bola dan diputar sebanyak 300 putaran.

Nilai *Cantabro Test* menggambarkan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan Mesin *Los Angeles*. *Cantabro Test* ini memberikan gambaran sejauh mana ketahanan permukaan aspal terhadap menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan.

Keawetan dari campuran dapat diketahui dengan menggunakan *test cantabro*. Pelaksanaan pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, di mana sampel briket yang telah ada dimasukkan dalam mesin *Los Angeles* tanpa bola baja dan di putar sebanyak 300 putaran dengan kecepatan 30 - 33 rpm (TxDOT Designation: TEX-245-F, 2005). Berat sampel sebelum dan setelah pengujian di catat hingga diperoleh presentase kehilangan berat. Kehilangan berat dapat di hitung dengan (II.1)
persamaan

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100$$

di mana:

M_o = berat sebelum di abrasi (gram)

M_i = berat setelah di abrasi (gram), dan

L = Presentase Kehilangan Berat

II. 11 Studi Kajian Terdahulu

Charles Kamba, Herman Parung, M. Wihardi Tjaronge melakukan penelitian dengan judul “Karakteristik Aspal Porus Gradasi Australia dengan Bahan Pengikat Substitusi Parsial Liquid Asbuton”. Dari hasil penelitian karakteristik agregat, aspal minyak, dan aspal buton cair memenuhi standar bina marga sebagai bahan perkerasan aspal porus, dimana permeabilitas campuran yang menggunakan liquid Asbuton lebih baik dibandingkan yang menggunakan aspal minyak, sedangkan untuk ketahanan campuran (kehilangan berat) lebih baik yang menggunakan aspal minyak dengan hasil komposisi aspal minyak dan liquid Asbuton yang terbaik adalah 50%-50%. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan gradasi terbuka spesifikasi *REAM*

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 variasi 6% dengan oli bekas 2% sebagai bahan peremaja.

Salah satu kajian yang di lakukan oleh Sofyan M. Saleh, Renni Anggraini, Hesty Aquina, dengan judul “ karakteristik campuran aspal berongga dengan substitusi *Styrofoam* pada aspal penetrasi 60/70” bahwa Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah gondorukem. Gondorukem merupakan hasil

destilasi/penyulingan getah dari pohon pinus merkusii yang berbentuk padat berwarna kuning jernih sampai kuning tua. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal berongga dengan substitusi gondorukem ke dalam aspal penetrasi 60/70. Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5 %; 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% tanpa variasi penggunaan gondorukem. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan *Marshall*, CL, dan AFD untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi $\pm 0,5$ dari nilai KAO dengan variasi substitusi gondorukem sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8%. Perbedaan menggunakan benda uji batu karang sebagai pengganti agregat, persamaannya pada penelitian saya yaitu sama – sama menggunakan metode *marshall*.

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%.

Bambang Sumantri, Hermawan Santiko, Ludfi Djakfar, Hendi Bowoputro melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar Terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang dengan Asbuton”. Penelitian ini menghasilkan kadar peremaja optimum pada kadar 2,93% proporsi peremajanya dengan komposisi 75 : 25 (oli bekas : solar) dengan hasil nilai

stabilitas maksimumnya 236,17 kg namun nilai stabilitasnya rata-rata dari komposisi peremaja 25 : 75 mengalami penurunan nilai stabilitas 81,93\$ dari hasil core drill. Sehingga benda uji pada penelitian ini tidak memenuhi kriteria stabilitas untuk lalulintas berat yaitu 800 kg. sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan kadar oli 2% dan variasi kadar Asbuton Yaitu 6%, 7% dan 8%.

Mirza Ghulam R.1, Wahyu Nariswari¹, Enes Ariyanto S.1, Tri Gunawan² melakukan penelitian dengan judul “Nilai Stabilitas Porus Aspal Menggunakan Material Lokal”. Hasil penelitian didapat kadar aspal optimum 5,0 % pada campuran asphalt porus. Stabilitas asphalt porus dari lima variasi kadar aspal rata-rata yaitu 1.123,61 Kg. Untuk nilai rata-rata VIM pada lima variasi kadar aspal yaitu 23,22 %. Nilai rata-rata *flow* pada lima variasi kadar aspal 4,68 mm. Dan untuk nilai *marshall question* 241,82 Kg/mm. Semakin besarnya rongga udara pada *open graded asphalt* (OGA) maka semakin kecil nilai stabilitas-nya. Hasil penelitian permeabilitas asphalt porus pada lima variasi kadar aspal rata-rata yaitu 0,367 cm/s. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan Asbuton tipe LGA.

Hendrik, Arief Setiawan dan Mashuri melakukan penelitian dengan judul “Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Agregat dari Loli dan Taipa”. Penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan karakteristik campuran aspal porus agregat Taipa lebih unggul dibandingkan agregat lainnya dan ketiga sumber agregat dapat digunakan sebagai campuran aspal porus. Penelitian dilakukan menguji kelayakan material kemudian dilakukan pengujian campuran sesuai dengan spesifikasinya yaitu uji cantabro, permeabilitas, drain down dan uji Marshall. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan Asbuton

tipe LGA.

Heddy R. Agah dan Sigit P. Handiwardoyo melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh penambahan Buton *Granular Asphalt* pada campuran Beton Aspal terhadap modulus *Resilien* dan Gradasi”. Pada penelitian ini disajikan hasil penelitian campuran beton aspal yang menggunakan bahan *Buton Granular Agregate* (BGA) sebagai bahan tambah, dengan memperlakukan BGA sebagai agregat dengan kandungan 5% dan 7%. Campuran dan benda uji dianalisis untuk mempelajari pengaruh BGA terhadap kinerja beton aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Indirect tensile strength untuk campuran dengan kandungan BGA 5% lebih tinggi daripada yang didapat pada benda uji dengan kandungan BGA 7%. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan Yaitu 6%, 7% dan 8%.

Hendy Ardhan, Cyprianus Welarana, Paravita Sri Wulandari, Harry Patmadjaja melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penggunaan Asbuton Butir pada Campuran Laston”. Penelitian ini menggunakan aspal minyak pen 60 dengan kadar 5,5%, 6%, 6,5%, 7% sesuai dengan ketentuan Binamarga dan campuran laston dengan Asbuton butir dan aspal pen 60. Kadar aspal pen 60 dan Asbuton butir yang digunakan adalah 65%–35%, 70%–30%, 75%–25%, 80%–20%. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan variasi aspal minya penetrasi 60/70 sebanyak 2%.

Sri Nurul Jauhari melakukan penelitian dengan judul “Karakteristik *Test Marshal* l pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang dan Buton *Natural Asphalt*”. Pada penelitian karakteristik dari aspal porus

diperoleh nilai cantabro berkisar antara 9,7 % sampai 77,1%, porositas dari 15,60% sampai 19,65%, koefisien permeabilitas dari 0,09 cm / detik sampai 0, 16 cm / detik Stabilitas *Marshall* mulai dari 1.031 kg sampai 1.249 kg. Sedangkan untuk penelitian yang saya lakukan menggunakan Asbuton tipe LGA dan menggunakan oli bekas sebagai peremaja.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan yaitu pengkajian dan eksperimen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, Makassar Jalan Prof. Abdurrahman Basalamah (ex Recing Center) No. 101, Karampuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia. Studi Pustaka/Literatur penelitian terdahulu dapat dilihat pada Gambar III.4 dan bagan alur penelitian penelitian akan disajikan pada Gambar III.5. Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan yang serupa pada penelitian sebelumnya terkait pemanfaatan limbah oli sebagai bahan peremaja.



Gambar III.1 Lokasi Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian dilaboratorium, dengan mengacu pada:

1. SNI (Standar Nasional Indonesia)
2. ASTM (*American Association for Testing and Material*),
3. REAM,2008 (*Road Engineering Association of Malaysia*)

Sebelum pembuatan sampel sebaiknya dilakukan pengadaan agregat sesuai langkah prosedur penelitian. Material uji yang baik yaitu material yang lolos spesifikasi *REAM* 2008 sesuai prosedur perencanaan. Selanjutnya, pembuatan sampel (*briket*) untuk mendapatkan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum). Dibuat sampel perkerasan aspal dengan bahan pengikat BGA (*Buton Granular Asphalt*) tipe 50/30. Selanjutnya dilakukan dengan *Marshall Test* dan *Cantabro Test*, setelah mendapatkan nilai KAO, langkah berikutnya yaitu pembuatan sampel dengan kandungan BGA 6 %, 7% dan 8 % dengan tambahan variasi bahan peremaja oli bekas 2%

Berikut ini Tabel jumlah perencanaan benda uji BGA dan kadar limbah oli bekas.

Tabel III.1. Perencanaan Jumlah Benda Uji

Kadar LGA %	Kadar Limbah Oli 2%	
	Pengujian <i>Marshall Test</i>	Pengujian <i>Cantabro Test</i>
6	3	3
7	3	3
8	3	3
Jumlah	9	9
Total	18	

III.2 Pemeriksaan sifat-sifat fisik bahan

III.2.1 Pengujian Material Agregat

Tujuan dilakukannya pengujian agregat adalah untuk mengetahui sifat-sifat fisik agregat yang digunakan pada Asbuton. Pengujian – pengujian pada material agregat yang akan dilakukan terlihat pada Tabel III.2. Sedangkan bahan pengisi

yang digunakan mengacu pada SNI 03- 4142-1996, yaitu harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200.

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

Tabel III.2 Metode Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian	Metode Pengujian	
	Agregat Kasar	Agregat Halus
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990
Berat Jenis Dan Penyerapan	SNI 03-1969-2008	SNI 03-1970-2008
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	SNI 03-4142-1996
Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	SNI 2417-2008
Indeks Kepipihan	SNI 03-4137-1996	SNI 03-4137-1996
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	SNI 03-4428-1997

III.2.2 Pengujian Asbuton Butir

Pada pengujian ini Asbuton Butir yang digunakan ialah Asbuton Lawele tipe 50/30. Asbuton ini memiliki kelas penetrasi 50% (40% – 60%) dan kadar bitumen 30% (25% – 30%) (Pusjatan PU, 2006). Pengujian Asbuton butir dapat dilihat pada Tabel III.3

Tabel III.3 Metode pengujian Asbuton Butir

Sifat – sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Type
Kadar bitumen Asbuton, %	SNI 03-3640-1994	25 – 30
Lolos ayakan 3/8” (9,5 mm)	SNI 03-1968-1990	100
Kadar air, %	SNI 06-2490-1991	Maks 2

Bahan peremaja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peremaja oli bekas. Oli bekas merupakan bahan peremaja yang diharapkan dapat memberikan pengaruh yang besar dalam pemisahan antara bitumen dan mineral dari Asbuton

III.2.3 Pemilihan tipe gradasi

Tipe gradasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan spesifikasi REAM 2008 (*Road Engineering Association of Malaysia*) Tipe tersebut dapat terlihat pada Tabel 3.4 berikut:

Tabel III. 4 Gradasi Agregat Campuran Aspal Berongga

N o	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
4	Stabilitas <i>Marshall</i>	Min 350
5	Kelelahan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 4
6	<i>Marshall Qoutient</i> (Kg/mm)	min 200
7	Jumlah Tubukan Perbidang	50

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

III.3 Pemeriksaan Kinerja Aspal Berongga

II.3.1 Pengujian Karakteristik Aspal Berongga

Pada pengujian berikutnya yang akan di lakukan pada aspal berongga meliputi pengujian campuran Aspal Berongga (*mix asphalt*) dan pengujian briket Aspal Berongga.

1. Pengujian Campuran Aspal Berongga

Pada pembuatan benda uji, komposisi pembuatan Aspal berongga harus memenuhi spesifikasi mulai dari komposisi agregat dan pemeriksaan Asbuton butir. Komposisi campuran yang akan di gunakan pada penelitian ini mengacu pada spesifikasi *REAM, 2008 (Road Engineering Association Of Malaysia)* dan menggunakan gradasi terbuka (*Open Grade*). Dalam penelitian ini variasi jumlah aspal dalam campuran merupakan variabel bebas (*independent variabel*) dengan variasi jumlah adalah 6% dari berat total campuran aspal.

2. Pengujian Briket Aspal Berongga

Pengujian yang dilakukan terhadap campuran aspal berongga meliputi pengujian *Marshall, Cantabro, ITS, permeabilitas* dan kuat tarik tidak langsung. Pengujian dan metode pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3.2. Pengujian yang dilakukan terhadap briket aspal berongga merupakan pengujian sifat-sifat mekanis dalam menerima beban statis yang diberikan.

Tabel III. 5 Pengujian dan metode pengujian karakteristik aspal berongga

Pengujian	Metode Pengujian
1. <i>Marshall Test</i>	SNI 06-2489-1991
2. <i>Cantabro Test</i>	<i>REAM (Road Engineering Association Of Malaysia)2008</i>

1. Pengujian *Marshall*

Pengujian stabilitas *Marshall* (SNI-06-2489-1991) merupakan salah satu cara untuk mengetahui karakteristik benda uji campuran aspal. Melalui pengujian stabilitas *Marshall* didapat beberapa nilai karakteristik yaitu :

1. Rongga didalam campuran (*Void in mix*) VIM.
2. Stabilitas.
3. Kelehan (*flow*).
4. Hasil bagi *Marshall* MQ (*Marshall Quetiont*).

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* mengacupada SNI 06-2489-1991 dalam penelitian ini adalah dengan mengadakan kegiatan percobaan di laboratorium.

Cara pengujian *Marshall* dilakukan, sebagai berikut:

- a. Benda uji berupa briket campuran aspal direndam dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60°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.
- g. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai.
- h. Mencatat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai (SNI 06-2489-1991)

2. Pengujian *Cantabro*

Setelah pengujian material dan memenuhi spesifikasi untuk campuran Aspal , maka dibuat komposisi campuran untuk pembuatan benda uji. Komposisi campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposisi campuran sistem gradasi terbuka (*open graded*) yang mengacu pada ketentuan campuran Aspal gradasi, 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 halus yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200 sebanyak 10%. Komposisi agregat tersebut merupakan variabel terikat. Dalam penelitian ini variasi jumlah aspal dalam campuran merupakan variabel bebas (*independent variabel*). dengan variasi jumlah adalah 6%, 7 %, dan 8 % dari berat total campuran aspal.

Kehilangan abrasi dapat dihitung berdasarkan persamaan III.1

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100 \dots\dots\dots (III .$$

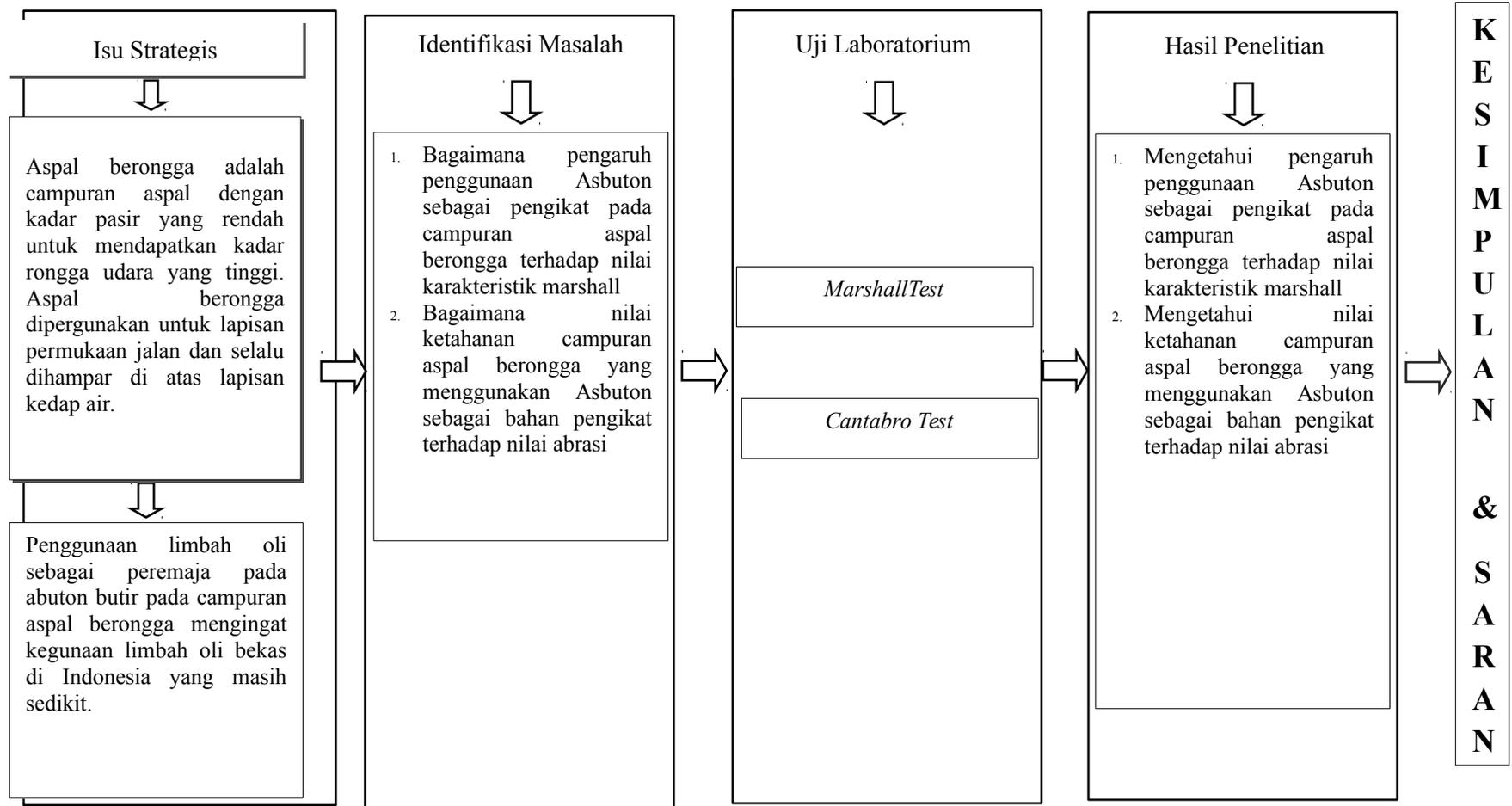
di mana:

M_o = berat sebelum di abrasi (gram)

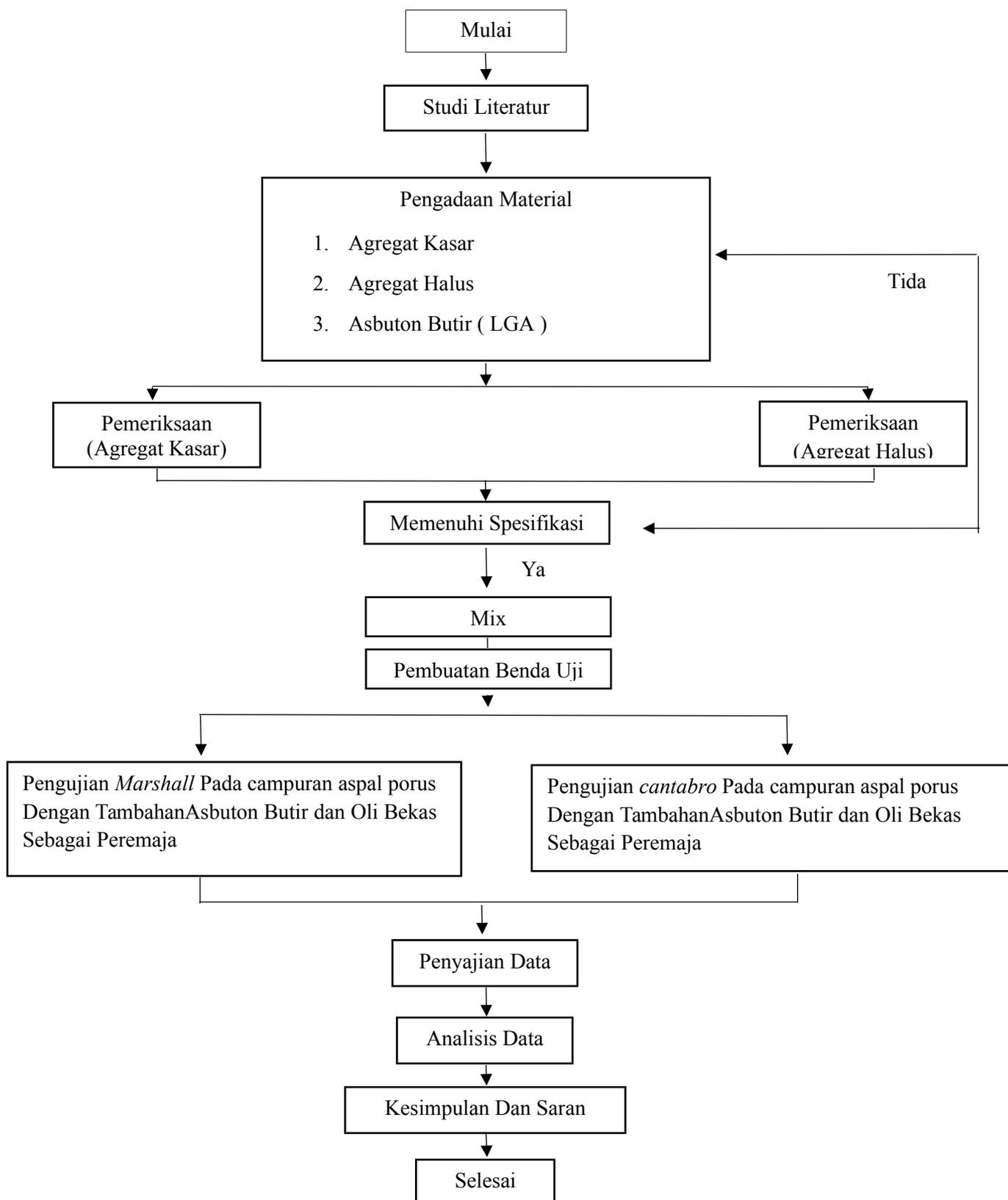
M_i = berat setelah di abrasi (gram), dan

L = Presentase Kehilangan Berat

III.4 Kerangka Pikir Penelitian



Gambar III. 2 Kerangka pikir



Gambar III.3 Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. I. Hasil Uji Karakteristik Material

IV. I. I. Hasil pengujian sifat fisik agregat

Hasil pengujian sifat fisik agregat yang ada dalam penelitian ini memenuhi mutu SNI pengujian agregat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Fajar

A. Sifat fisik agregat kasar

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berupa agregat lolos saringan No. 4 (4,75mm) yang berasal dari (PT Agung Persada) perusahaan pemecah batu yang terletak di Bili – Bili, Kecamatan Parangloe, Kab. Gowa. Rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar terlihat pada Tabel IV.1

Tabel IV. 1 Hasil pengujian agregat kasar

No.	Pengujian	Nilai interval	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan %	Maks.3	1,68	Memenuhi
2	Berat jenis spesifikasi			
	a. Berat jenis bulk	Maks. 3	2,75	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	Maks. 3	2,82	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. Pemeriksaan Fisik Agregat Halus

Agregat yang di gunakan dalam penelitian ini berupa agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan pada saringan No. 200 (0.075 mm) yang berasal dari perusahaan pemecah batu yang terletak di Bili – Bili, Kecamatan Parangloe, Kab. Gowa (PT Agung Persada)

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi pengujian karakteristik agregat halus, yang dapat di lihat pada Tabel IV. 2

Tabel IV. 2 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Nilai interval	Hasil	Keterangan
1	Penyerapan %	Maks.3	2,04	Memenuhi
2	Berat jenis spesifikasi			
	a. Berat jenis bulk	Maks. 3	2,18	Memenuhi
	b. Berat jenis SSD	Maks. 3	2,27	Memenuhi
	c. Berat jenis semu	Maks. 3	2,40	Memenuhi
3	Kadar lumpur (%)	Maks. 5	4	Memenuhi

IV. 2 Gradasi Gabungan Agregat

Gradasi campuran dan *mix design* dalam penelitian ini mengacu pada standar gradasi terbuka (gradasi seragam) yang disyaratkan oleh *Road Engineering Association of Malaysia* (REAM).

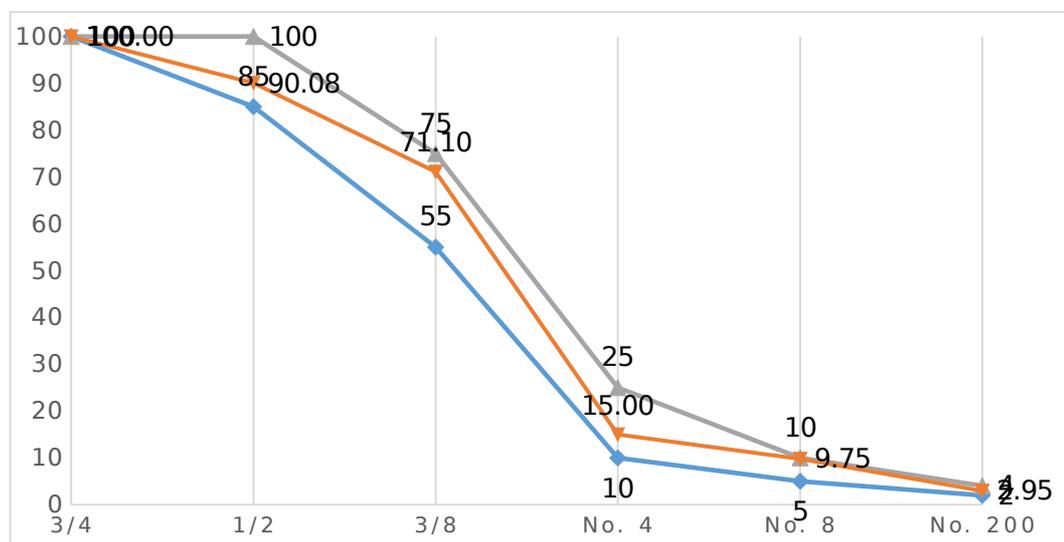
Adapun perbandingan persentase dari masing – masing agregat yang digunakan dalam penelitian ini berupa agregat kasar : agregat halus : *filler* sebesar 85% : 5% : 10% kemudian dikalikan dengan nilai persen lolos agregat dari pengujian analisa saringan agregat yang telah dilakukan sebelumnya. Setelah itu hasil dari perkalian tersebut dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran atau *mix design* .

Gambar IV.1 terlihat bahwa agregat gabungan yang diperoleh dalam penelitian ini dalam interval spesifikasi yang telah disyaratkan oleh *Road Engineering Association of Malaysia* (REAM), sehingga akan diperoleh campuran yang optimal.

Komposisi agregat, digunakan *by sieve* (dilakukan penimbangan berdasarkan ukuran saringan). Metode penentuan proposi agregat ini tidak dikelompokkan menurut fraksi agregat (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) seperti pada metode *by portion*. Penentuan komposisi agregat dengan metode gradasi *by sieve*, terlihat pada Tabel IV.3 :

Tabel IV.3 Gradasi Gabungan Agregat, REAM

SIEVE NOMOR		3/4	1/2	3/8	No.4	No.8	No.20
BATU PECAH	% PASS	100.00	88.33	66	0.00	0,00	0,00
85	% BATCH	85	75.08	56.1	0.00	0,00	0,00
PASIR	% PASS	100.00	100.00	100.00	100.00	78,00	15,00
5	% BATCH	5	5	5	5	3,9	0,75
FILLER	% PASS	100.00	100.00	100.00	100.00	58,50	22,00
10	% BATCH	10.00	10.00	10.00	10.00	5.85	2,20
AGREGAT GABUNGAN		100.00	90.08	71.10	15.00	9,75	2,95
SPESIFIKASI		100	85-100	55-57	10-25	5-10	2-4



Gambar IV.1 Kurva Gradasi Gabungan Agregat, Spesifikasi REAM

Campuran agregat setelah dilakukan penambahan *Lawele Granular Asphalt* (LGA) sebesar 6%, 7% dan 8% kedalam campuran aspal dapat mensubtitusi kandungan filler agregat dan aspal minyak dengan penetrasi 60/70

ke dalam campuran (*mix design*) yang diperoleh. Perhitungan komposisi campuran (*mix design*) dengan kadar 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 berongga LGA 6% sebesar 1,528%, 7% sebesar 1,783% dan 8% sebesar 2,038% sehingga memperoleh aspal minyak yang tersisa 4,472% untuk LGA 6%, dan 5,2171 untuk LGA 7% serta 5,9624 untuk LGA 8% sehingga dalam campuran aspal berongga substitusi LGA 6%, 7%, dan 8% terlihat pada Tabel IV.2 kadar aspal pada campuran aspal berongga setelah penambahan LGA dimana dengan substitusi LGA kedalam campuran aspal berongga perlu diperhitungkan persentase berat dari mineral LGA dimana kadar LGA yang terkandung dalam LGA harus diperhitungkan sebagai bagian mineral dari agregat.

IV.2.1. Komposisi campuran pada penambahan 6% Asbuton dalam campuran gradasi REAM.

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

IV.2.2. Komposisi campuran pada penambahan 7% Asbuton dalam campuran gradasi Spesifikasi REAM.

Tabel IV. 5 Penentuan Komposisi Agregat pada Penambahan LGA 7%

Saringan	Bukaan	Spek Gradasi	% Lolos	%	Total
----------	--------	--------------	---------	---	-------

No.	(mm)	Min	Max		Tertahan	(gr)
3/4"	19,00	100	100	100,00	0,00	0,00
1/2"	12,50	85	100	90,08	9,92	109,70
3/8"	9,50	55	75	71,10	18,98	209,51
no. 4	4,75	10	25	15,00	56,10	619,34
no. 8	2,36	5	10	9,75	5,25	57,96
no. 200	0,08	2	4	2,95	6,80	75,07
PAN	BGA Filler	0	0	0	2,95	71,36 57,21
Total					100,00	1200

IV.2.3. Komposisi campuran pada penambahan 8% Asbuton dalam campuran gradasi REAM.

Tabel IV. 6 Penentuan Komposisi Agregat pada Penambahan LGA 8%

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	109,51
3/8"	9,50	55	75	71,10	18,98	209,54
no. 4	4,75	10	25	15,00	56,10	619,34
no. 8	2,36	5	10	9,75	5,25	57,96
no. 200	0,08	2	4	2,95	6,80	75,07
PAN	BGA Filler	0	0	0	2,95	71,36 57,21
Total					100,00	1200

Tabel IV. 7 Kadar Aspal Minyak Setelah Penambahan LGA

No.	Kadar Aspal	Bitumen BGA	Aspal Minyak Pen.
1	6	1,528	4,472
2	7	1,7829	5,2171
3	8	2,0376	5,9624

IV.3. Pengujian Campuran Aspal Berongga

IV.3.1. Marshall Test

Pengujian *Marshall* berupa VIM, VMA, VFB, stabilitas, *flow*, dan *Marshall* Quetiont (MQ) pada benda uji campuran aspal berongga yang mengandung LGA 6%, 7%, 8% dengan spesifikasi REAM terlihat pada Tabel IV.8



Gambar IV.2 *Marshall* Test

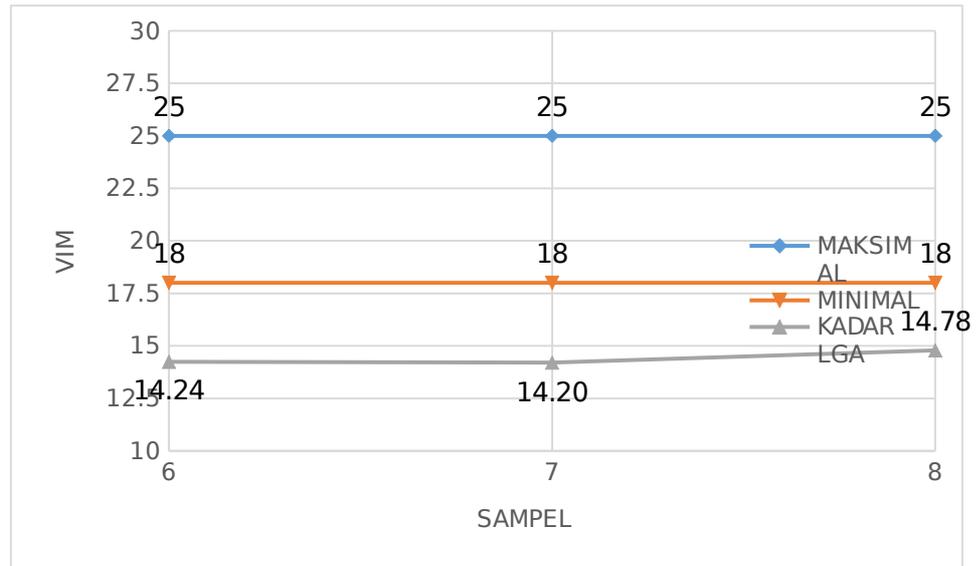
Tabel IV.8 Hasil *Marshall* Test

Grad Asi	Sampel	Kadar LGA	Nilai Hasil Pengujian <i>Marshall</i>					
			VIM	VMA	VFB	Stabilitas	Flow	MQ
Tipe	no	%	%	%	%	Kg	Mm	kg/mm
REAM	1	6%	14.96	27.72	46.02	178.90	1.10	123.61
	2		13.57	26.54	48.87	171.75	1.30	100.41
	3		14.19	27.07	47.56	178.90	1.35	100.72
	1	7%	14.06	26.95	47.85	114.50	1.12	77.70
	2		13.79	26.73	48.40	107.34	1.50	54.39
	3		14.76	27.55	46.43	107.34	1.20	67.98
	1	8%	14.31	27.17	47.32	121.65	1.15	80.40
	2		14.55	27.37	46.84	114.50	1.14	76.33
	3		15.49	28.17	45.01	114.50	1.16	75.02

a. VIM

VIM adalah volume total udara yang berada antara partikel agregat yang terselimuti dalam campuran aspal berongga yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen volume *bulk* (% *bulk*)

Berdasarkan Spesifikasi *REAM, 2008* nilai VIM yang di syaratkan sebesar 18% – 25%. Terlihat pada gambar IV.3



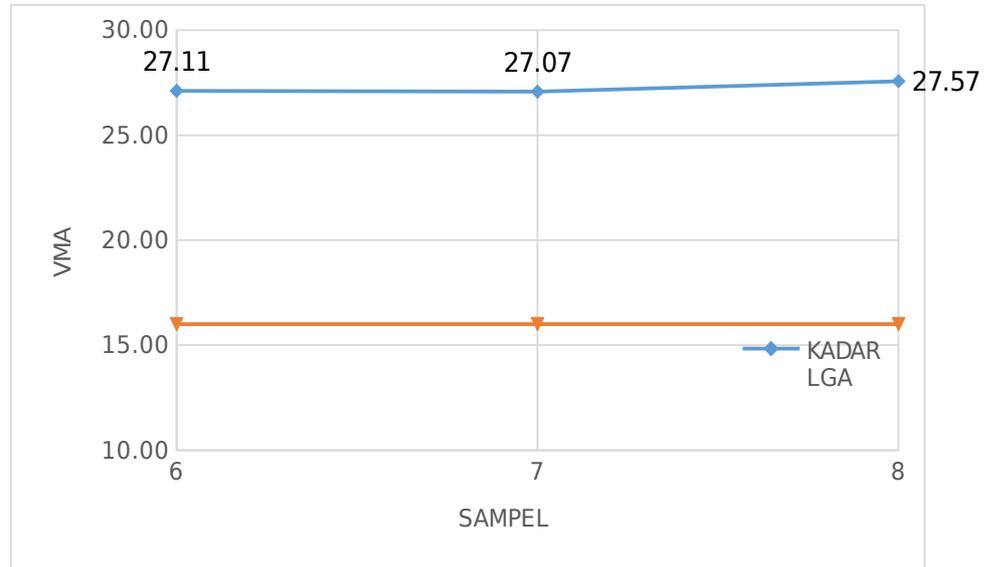
Gambar IV.3 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai VIM

Berdasarkan hasil *Marshall Test* yang terlihat pada Gambar IV.3, hubungan antara kadar LGA dengan nilai VIM pada spesifikasi REAM, menghasilkan nilai VIM terendah pada campuran kadar LGA 6% dan oli bekas 2% dengan nilai rata – rata sebesar 14,24% serta nilai tertinggi pada campuran kadar LGA 8% dan oli bekas 2% dengan nilai rata – rata sebesar 14,78%.

b. VMA

VMA adalah rongga antara butiran agregat dalam campuran yang telah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam presentase volume.

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai spesifikasi VIM yang disyaratkan yaitu minimal 16%.



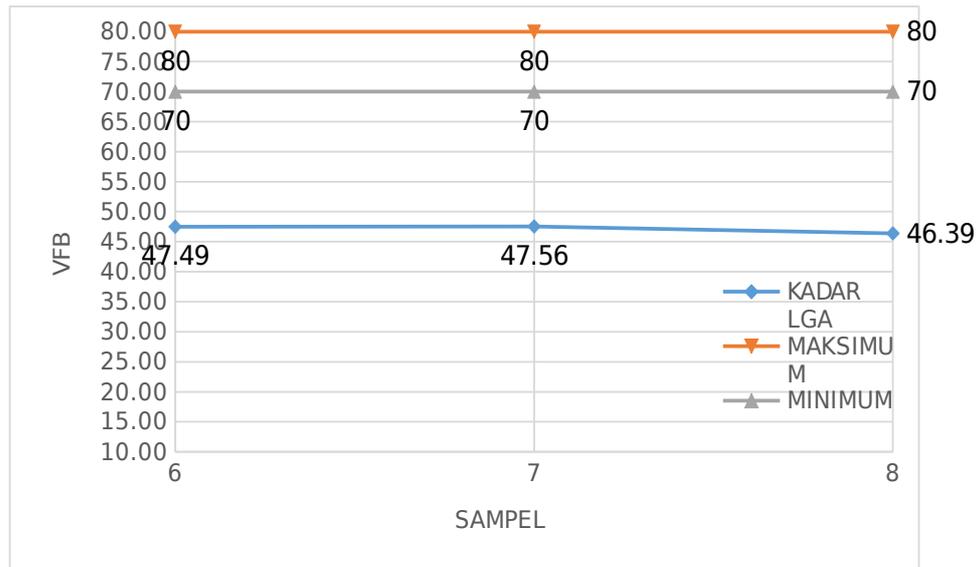
Gambar IV.4 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai VMA

Berdasarkan hasil *marshall test* pada Gambar IV.4 terlihat bahwa nilai VMA menunjukkan banyaknya presentasi rongga antara butir agregat dalam campuran aspal berongga. Nilai VMA umumnya mengalami penurunan sampai batas maksimum dan mengalami kenaikan berdasarkan kadar aspal. Nilai VMA dapat dipengaruhi oleh kadar aspal, jumlah tumbukan dan gradasi agregat.

c. VFB

VFB adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam persen.

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai VIM yang disyaratkan yaitu 70 – 80%. Terlihat pada Gambar IV.5

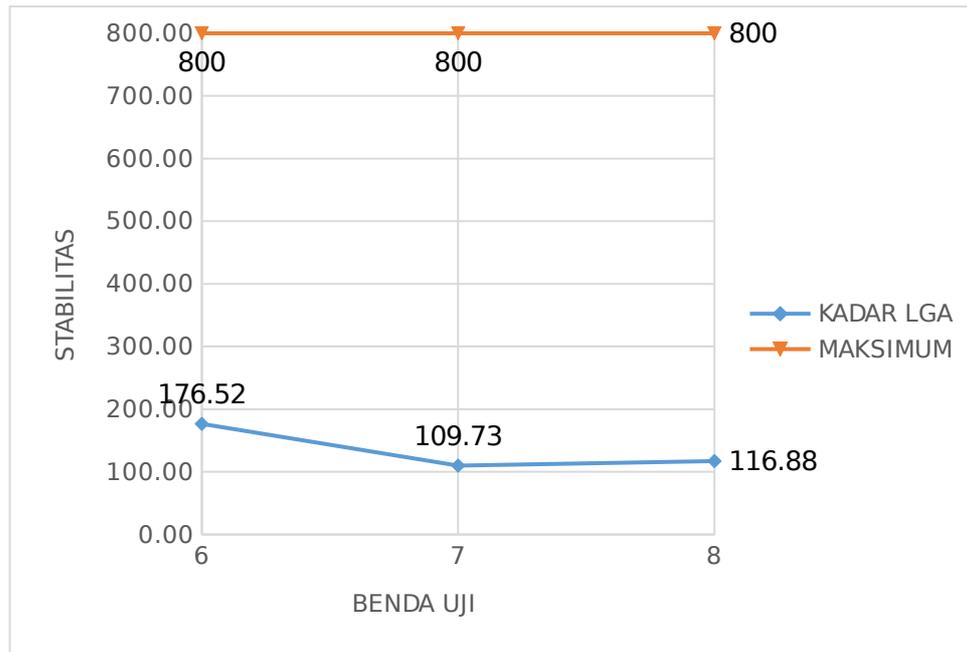


Gambar IV.5 Perbandingan kadar LGA Terhadap nilai VFB

Berdasarkan hasil pengujian marshall, terlihat pada gambar IV.5 menunjukkan nilai rata – rata VFB pada kadar LGA 6% dan oli bekas 2% sebesar 47,49%, LGA 7% dan oli 2% sebesar 47,56% dan LGA 8% dan oli 2% sebesar 46,39%. Dari gambar IV.5 variasi LGA 6%, 7%, 8% tidak memenuhi spesifikasi REAM. Nilai VFB dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu pemadatan, jenis dan kadar aspal serta gradasi agregat.

d. Stabilitas

Berdasarkan spesifikasi REAM nilai stabilitas yang disyaratkan minimum 350-800 kg. Pada Gambar IV.6 Berdasarkan hasil pengujian marshall, terlihat Pada Gambar IV.6



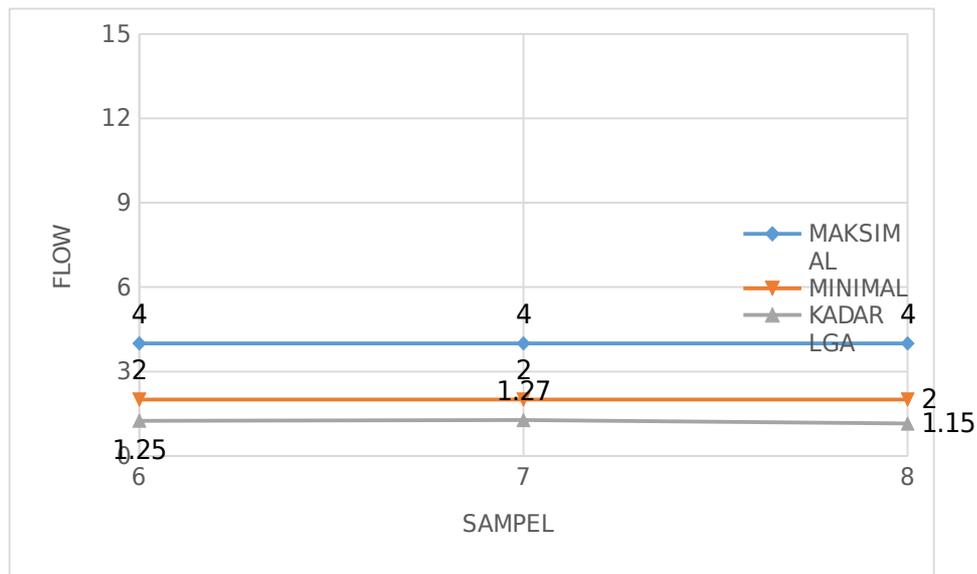
Gambar IV.6 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai Stabilitas

Terlihat pada Gambar IV.6 perbandingan kadar LGA terhadap nilai stabilitas rendah dan tidak memenuhi spesifikasi yang telah disyaratkan dimana terjadi perubahan terhadap daya ikat antara agregat dan bahan pengikat, serta terjadi perubahan pada saat perendaman dalam *waterbath* dengan suhu yang disyaratkan 60°C dengan durasi waktu 30 – 40 menit

e. FLOW

FLOW adalah angka yang menunjukkan penurunan dalam benda uji yang dinyatakan dalam millimeter (mm)

Berdasarkan spesifikasi REAM (2008), nilai *flow* yang disyaratkan sebesar 2.0 – 4.0 mm.

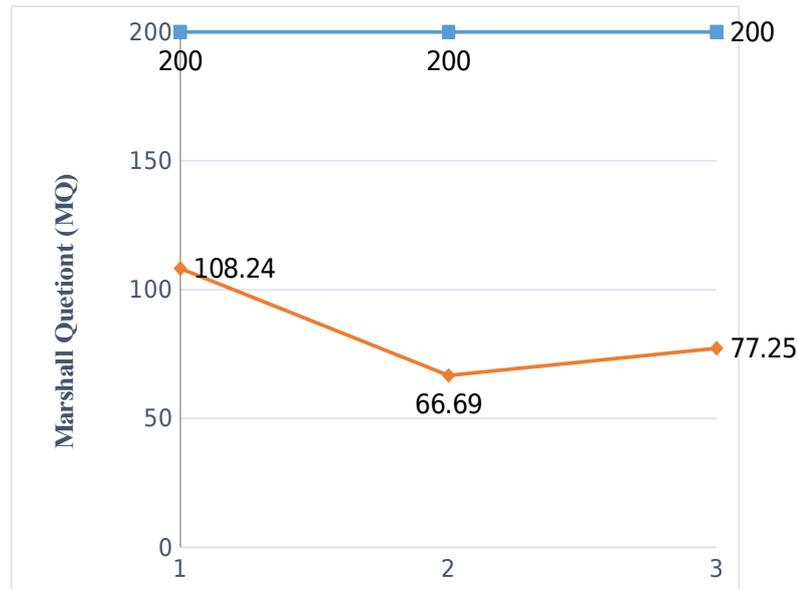


Gambar IV.7 Perbandingan Kadar LGA Terhadap Nilai *FLOW*

Dari gambar IV.7 diatas dapat di ketahui bahwa hubungan antara variasi kadar LGA dengan nilai *flow* telah memenuhi spesifikasi REAM 2008 yaitu di antara nilai rata – rata kadar LGA 6% dan oli 2% = 1,03 mm, dan kadar LGA 7% dan oli 2% dengan nilai rata – rata = 1, 16 mm serta kadar LGA 8% dan oli 2% = 0,00 mm dan dapat di ketahui bahwa semakin tinggi kadar aspal maka semakin tinggi pula nilai kelelahan pada campuran aspal (*FLOW*)

f. *Marshall Qoetiont* (MQ)

Adalah angka yang menunjukkan nilai kelunturan (*flexibikity*) suatu campuran. MQ merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow*. Rendahnya nilai *Marshall question* campuran Asbuton dikarenakan stabilitas yang terjadi 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 terjadinya *bleeding*. Berkurangnya ikatan antar agregat dan bahan pengikat akan mengurangi stabilitas campuran yang mengarah pada nilai *flow* yang naik.



Gambar IV.8 perbandingan Nilai LGA terhadap MQ

Berdasarkan gambar IV.7 diatas MQ mengalami penurunan, di sebabkan karena stabilitas semakin kecil dan flow semakin besar dan agregat yang terselimuti dan perubahan mudah terjadi yang akan mengurangi daya ikat antara agregat dan bahan pengikat dalam campuran pada saat dibebani. Perubahan yang dimaksud adalah terjadinya *bleeding*. Berkurangnya ikatan antar agregat dan bahan pengikat akan mengurangi stabilitas campuran yang mengarah pada nilai *flow* yang naik.

IV.3.2 Cantabro Test

Pengujian cantabro di lakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah di lakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*. Makin kecil kehilangan benda uji makin besar nilai abrasi. Terlihat pada gambar IV.8 dan gambar IV.9



Gambar IV.9 benda uji sebelum pengujian cantabro



Gambar IV.10 benda uji setelah pengujian cantabro

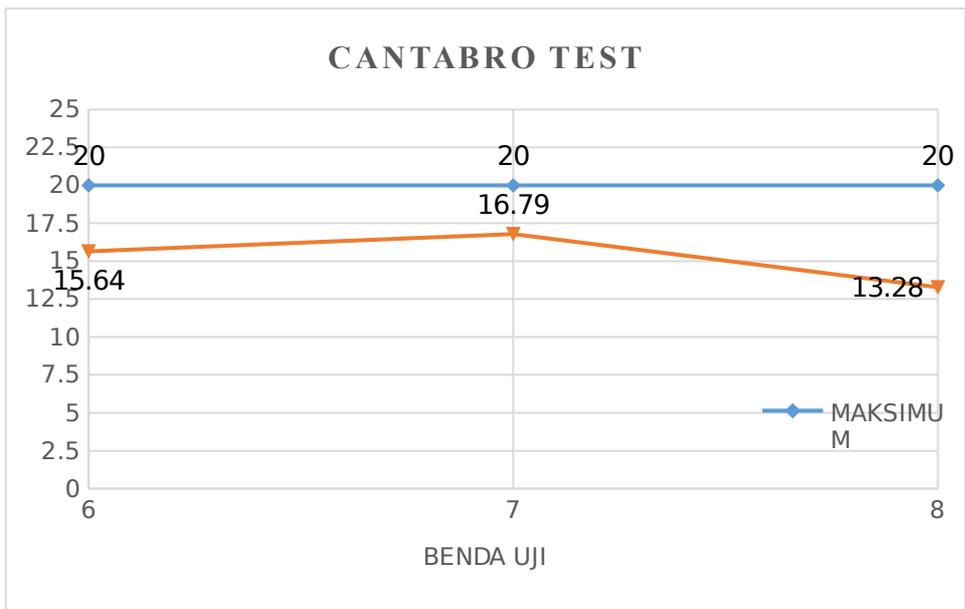
Hasil pengujian cantabro untuk gradasi REAM memiliki nilai kehilangan berat terkecil yaitu dengan rata-rata kehilangan berat untuk kadar LGA 6% dan oli bekas 2% adalah 15,64%, Untuk kadar LGA 7% dan oli 2% dengan rata – rata

berat kehilangan sebesar 16,79% dan untuk kadar LGA 8% dan oli 2% dengan rata – rata kehilangan berat sebesar 9,95%.

Berdasarkan hasil di atas, spesifikasi yang telah disyaratkan oleh REAM, telah memenuhi batas nilai kehilangan berat (*cantabro test*) campuran aspal berongga adalah tidak boleh lebih dari 20%. Sehingga dengan gradasi REAM telah memenuhi spesifikasi.

Tabel IV.9 Hasil *Cantabro Test*

Kadar Aspal	Kadar LGA	Sample	Rata-Rata Kehilangan Berat
Tipe	%	No.	(%)
Ream	6	1	19,38
		2	12,70
		3	14,83
Rata-rata			15,64
REAM	7	1	14,74
		2	17,00
		3	18,62
Rata-rata			16,79
Ream	8	1	13,57
		2	11,69
		3	14,58
Rata-rata			9,95



Gambar IV.11 Hasil Pengujian Cantabro

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pengujian data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai karakteristik Marshall pada LGA 6%, 7%, 8% tidak memenuhi spesifikasi yang di syartkan REAM, 2008
2. Nilai abrasi (cantabro) dapat memenuhi spesifikasi yang telah di syartkan REAM, 2008 dengan maksimal berat kehilangan sebesar 20%

V.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk meningkatkan nilai karakteristik marshall
2. Perlu memperhatikan alat yang digunakan untuk membuat benda uji, karena alat yang rusak dapat berpengaruh pada benda uji
3. Perlu dilakukan penelitian dengan tipe LGA yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1995. "Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting." In.: American Society for Testing and Materials.
- Bambang Sumantri, H. S. (2014). Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar terhadap Karakteristik *Marshall* Perkerasan Daur Ulang Dengan Asbuton. <https://www.neliti.com/id/publications/117082/pengaruh-peremaja-oli-bekas-dan-solar-terhadap-karakteristik-marshall-perkerasan>, 1 April 2019.
- Hendrik, A. S. (2014). *Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Agregat dari Loli dan Taipa*. The¹⁷th FSTPT International Symposium, Jember University, 22 – 24 August 2014
- Heddy R. Agah, S. P. (2014). *Pengaruh Penambahan Buton Granular Asphalt pada Campuran Beton Aspal Terhadap Modulus Resilien dan Gradasi*. The 17th FSTPT International Symposium, Jember University, 22-24 August 2014.
- Hendy Ardhian, C. W. (2016). Pengaruh Penggunaan Asbuton Butir Pada Campuran Laston. <https://media.neliti.com/media/publications/80273-ID-pengaruh-penggunaan-Asbuton-butir-pada-c.pdf>, 1 April 2019.
- Jauhari, S. N. (2013). Karakteristik Test *Marshall* pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang dan Buton Natural Asphalt, *Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal* Mirza Ghulam R., Wahyu Nariswari, Enes Ariyanto S., Tri Gunawan.
- Khamba, C., Parung, H., & Tjongre, M. W. (2013). Karakteristik Aspal Porus Gradasi Australia Dengan Bahan Pengikat Substitusi Parsial Liquid Asbuton. <https://id.scribd.com/doc/305575176/KARAKTERISTIK-ASPAL-PORUS-GRADASI-AUSTRALIA-DENGAN-BAHAN-PENGIKAT-SUBSTITUSI-PARSIAL-LIQUID-ASBUTON-pdf>
- Mirza Ghulam R, W. N. (2018). Mirza Ghulam, W. N. (2017). *Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal* <https://jurnal.polban.ac.id/index.php/potensi/article/view/531/402>
- Road of Engineering Association of Malaysia. 2008. "Specification for Porous Asphalt." In.
- Saleh, S. M., anggraini, r., & Aquina, H. (2014). karakteristik campuran aspal berongga dengan substitusi *styrofoam* pada aspal penetrasi 60/70 . <http://journals.itb.ac.id/index.php/jts/article/view/2885>
- Sanam Mercurius, R. Y. (2013). Penggunaan Asbuton Lawela Dengan Bahan Additif Oli Bekas Kendaraan Untuk Meningkatkan Stabilitas Beton Aspal, *Widya Teknika Vol.21 No.2; Oktober 2013 ISSN 1411 – 0660: 32 – 39*

Sri Gusty, dkk 2016. Kajian Komposisi Asbuton lawele dengan penambahan *hux oil* sebagai aspal berongga, *Journals TechNo Entrepreneur Acta Vol. 1 No. 2 Oktober ISSN: 2503-1767*.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Penggunaan Standar Nasional Indonesia dalam penelitian

SNI 2417:2008

SNI 2439:2011

SNI 03-1969-2008

SNI 03-4142-1996

SNI 03-4137-1996

SNI 03-4428-1997

SNI 03-3640-1994

SNI 03-1968-1990

SNI 06-2490-1991

SNI 06-2489-1991



Lampiran 2 PEMERIKSAAN ABSORPSI DAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Dikerjakan : Jainal Ndout
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 2500 gr
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

= 2,68
On Dry Basic = 2,49
SSD Basic = 2,56
Absortion = 2,875

Makassar, 10 juli 2019
Mengetahui,

Koordinator Laboratorium

Dr. Sri Kusy ST., MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Lampiran 3 PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT HALUS

Dikerjakan : Jainal Ndout
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 2500 gr
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

= 2,40

On Dry Basic = 2,18

SSD Basic = 2,27

Absortion = 2,04

Makassar, 10 juli 2019

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

Dr. Saiful ST.,MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Lampiran 4 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 6000 gr

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)

A = 5000

B = 3450

Perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat Sampel Semula (gram)

B = Berat Sampel Yang Tertahan (gram)

Makassar, 10 juli 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusti, ST., MT
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Lampiran 5 PEMERIKSAAN INDEKS KEPIPIHAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

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, 10 juli 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


UNIFA
DOSEN
Dr. Sri Gusti, ST., MT
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR



Lampiran 6 PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Agregat Kasar: Pasir

- Volume Lumpur = 8ml
- Volume Total (lumpur + pasir) = 200 ml

$$\text{Kadar Lumpur} = X \cdot 100 \% = 3.09 \%$$

Makassar, 10 juli 2019

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

D. N. Gusti, ST., MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL



Scanned with
CamScanner



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/
PASIR

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000gr

Agregat Halus: Pasir

No. Saringan	Berat Tertahan	Persen Tertahan	Σ Persen Tertahan	Persen Lolos
mm	gram	%	%	%
3/4	0	0	0.000	100.000
1/2	0	0.00	0.000	100.000
3/4	0	0.00	0.000	100.000
4	0	0.00	0.000	100.000
8	220	22.00	22.000	78.000
200	630	63.00	85.000	15.000
Pan	150	15.00	100.000	0.000
Jumlah	1000	100		

Makassar, 10 juli 2019

Mengetahui,

Koordinator Laboratorium


Dr. Sri Gusti ST., MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
REPARASI STRUKTUR VELOMOTOR



Lampiran 10 ANALISA DATA BRICKET VARIASI LGA 6% GRADASI REAM

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Analisa Data Bricket

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar BGA = 6%

⇒ Material Chipping	= (100% - 6%) × 55% × 1200	= 955.5 gram
3/4"	= (100% - 100%) × 955.5	= 0.00 gram
1/2"	= (100% - 55.33%) × 955.5	= 111.59 gram
3/5"	= (55.33% - 66.00%) × 955.5	= 214.10 gram
no. 4	= (66.00% - 0.00%) × 955.5	= 632.51 gram
no. 5	= (0.00% - 0.00%) × 955.5	= 0.00 gram
no. 200	= (0.00% - 0.00%) × 955.5	= 0.00 gram
PAN	= (0.00% - 0%) × 955.5	= 0.00 gram
⇒ Material Pasir	= (100% - 6%) × 5% × 1200	= 56.4 gram
3/4"	= (100% - 100%) × 56.4	= 0.00 gram
1/2"	= (100% - 100%) × 56.4	= 0.00 gram
3/5"	= (100% - 100%) × 56.4	= 0.00 gram
no. 4	= (100% - 100%) × 56.4	= 0.00 gram
no. 5	= (100% - 75.00%) × 56.4	= 12.41 gram
no. 200	= (75.00% - 15.00%) × 56.4	= 35.53 gram
PAN	= (15.00% - 0.00%) × 56.4	= 5.46 gram
⇒ Material Debu Batu	= (100% - 6%) × 10% × 1200	= 112.5 gram
3/4"	= (100% - 100%) × 112.5	= 0.00 gram
1/2"	= (100% - 100%) × 112.5	= 0.00 gram
3/5"	= (100% - 100%) × 112.5	= 0.00 gram
no. 4	= (100% - 100%) × 112.5	= 0.00 gram
no. 5	= (100% - 55.50%) × 112.5	= 46.51 gram
no. 200	= (55.50% - 22.00%) × 112.5	= 41.17 gram
PAN	= (22.00% - 0.00%) × 112.5	= 24.82 gram

Makassar, 10 juli 2019

Mengesahui,
Koordinator Laboratorium



Dr. Sri Gusti ST., MT



Lampiran 13 ANALISA DATA BRICKET PENAMBAHAN ASPAL MINYAK
PEN 60/70

Dikerjakan : Jainal Ndout

Diperiksa :

Pengujian : Analisa Data Bricket

Penelitian : Tugas Akhir

No.	Kadar Aspal Campuran (%)	Bitumen BGA (%)	Aspal Minyak Pen. 60/70 (%)
1	6%	1.528	4.472
2	7%	1.7829	5.2171
3	8%	2.0376	5.9624

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%

Makassar, 10 juli 2019
Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

Dr. Sri Cahya ST., MT
KOORDINATOR LABORATORIUM
PRODI SIPIL TEKNIK
UNIFA



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

Lampiran 14 ANALISA DATA PENGUJIAN *MARSHALL TEST*

Dikerjakan : Jainal Ndout

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 %

Variasi LGA	Kadar Aspal Pen	Kadar Aspal terhadap		Berat (Gram)			Volume	Bj. Bulk	Maksim	% Total Volume			Rongga Dalam	Rongga Terisi	Stabilitas - Kg				Celelehan	Quotient	
				Di udara	dlm air	Permukaan	Benda Uji	Campuran	Campuran	Eff. Aspal	Agregat	Rongga Udara	Camp.Agr (%)	Aspal (%)	Dibaca		Disesuaikan	mm	Marshall		
		(in air)	(in water)	(SSD)	cm ³	Unit Weight (Gmb)	(Gmm)			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 Korelasi	Pembacaan Arloji Stabilitas	Angka Kalibrasi	Stability	Koreksi Stability		Q/R	
6%	6	6.00	6.38	1250	678.3	1295	571.7	2.27	2.66	12.76	72.28	27.72	46.02	14.96	0.76	25.00	9.416	178.90	135.97	1.10	123.61
		6.00	6.38	1245	682.2	1295.8	562.8	2.30	2.66	12.97	73.46	26.54	48.87	13.57	0.76	24.00	9.416	171.75	130.53	1.30	100.41
		6.00	6.38	1090	597.5	1125.7	492.5	2.29	2.66	12.87	72.93	27.07	47.56	14.19	0.76	25.00	9.416	178.90	135.97	1.35	100.72
Rata-rata		6.00	6.38	1195	653	1239	542	2.28	2.66	12.87	72.89	27.11	47.49	14.24	0.76	24.67	9.42	176.52	134.15	1.25	108.24
7%	6	6.00	6.38	1220	666.1	1268.1	553.9	2.29	2.66	12.90	73.05	26.95	47.85	14.06	0.76	16.00	9.416	114.50	87.02	1.12	77.70
		6.00	6.38	1220	667.7	1268.3	552.3	2.30	2.66	12.93	73.27	26.73	48.40	13.79	0.76	15.00	9.416	107.34	81.58	1.50	54.39
		6.00	6.38	1245	677.3	1289.1	567.7	2.27	2.66	12.79	72.45	27.55	46.43	14.76	0.76	15.00	9.416	107.34	81.58	1.20	67.98
Rata-rata		6.00	6.38	1228	670	1275	558	2.29	2.66	12.87	72.93	27.07	47.56	14.20	0.76	15.33	9.42	109.73	83.39	1.27	66.69
8%	6	6.00	6.38	1245	679.5	1290.8	565.5	2.28	2.66	12.86	72.83	27.17	47.32	14.31	0.76	17.00	9.416	121.65	92.46	1.15	80.40
		6.00	6.38	1255	685.4	1296.5	569.6	2.28	2.66	12.82	72.63	27.37	46.84	14.55	0.76	16.00	9.416	114.50	87.02	1.14	76.33
		6.00	6.38	1225	662.9	1265.4	562.1	2.25	2.66	12.68	71.83	28.17	45.01	15.49	0.76	16.00	9.416	114.50	87.02	1.16	75.02
Rata-rata		6.00	6.38	1242	676	1284	566	2.27	2.66	12.79	72.43	27.57	46.39	14.78	0.76	16.33	9.42	116.88	88.83	1.15	77.25



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

Lampiran 15 ANALISA DATA PENGUJIAN CANTABRO

Dikerjakan : Jainal Ndout

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	%	%
Ream	6	1	6	1290	1040	250	19.380	Max. 20
		2		1260	1100	160	12.698	
		3		1180	1005	175	14.831	
Ream	7	1	6	1255	1070	185	14.741	Max. 20
		2		1265	1050	215	16.996	
		3		1235	1005	230	18.623	
Ream	8	1	6	1260	1215	45	3.571	Max. 20
		2		1240	1095	145	11.694	
		3		1200	1025	175	14.583	