

**KINERJA ASBUTON CAMPUR PANAS HAMPAR DINGIN
SEBAGAI ASPAL BERONGGA**

**(PERFORMANCE OF HOTMIX COLD LAID BUTON
ASPHALT AS POROUS ASPHALT)**

DISERTASI

**SRI GUSTY
P0800312409**



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2019**



DISERTASI

**KINERJA ASBUTON CAMPUR PANAS HAMPAR DINGIN
SEBAGAI ASPAL BERONGGA**

Disusun dan Diajukan Oleh

**SRI GUSTY
P0800312409**

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Promotor

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng

Co-Promotor

Co-Promotor

Dr. Ir. H. Nur Ali, MT

Prof. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng

Ketua Program S3
Program Studi Teknik Sipil

Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS., M.Eng.Sc., Ph.D



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan ini yakni **“Kinerja Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Sebagai Aspal Berongga”** dapat terselesaikan. Dalam melaksanakan penelitian ini upaya dan perjuangan keras kami lakukan dalam menyelesaikannya.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada Bapak **Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng**, atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik. Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada **Dr. Ir. H. Nur Ali, MT** dan **Prof. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng** selaku Co-Promotor yang banyak memberikan waktu, arahan dan bimbingannya kepada kami. Kepada bapak kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Ucapan dan penghargaan juga kami sampaikan kepada **Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Saleh Pallu, M.Eng**, **Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS., M.Eng.Sc., Ph.D**, **Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc., Ph.D** dan **Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT** selaku tim penguji yang banyak memberikan arahan dan masukan kepada kami. Kepada Bapak/Ibu kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas masukan dan arahan demi kelengkapan disertasi ini.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada; Rektor Universitas Hasanuddin (Ibu **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**), Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** (Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin), Bapak **Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT** (Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin), Bapak **Prof. Dr. H. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng** (Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin), Bapak **Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, MS., M.Eng.Sc., Ph.D** (Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil



Universitas Hasanuddin) dan Bapak/Ibu dosen Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah mengarahkan dan membimbing dalam proses perkuliahan. Bapak/Ibu staf Pascasarjana Unhas dan staf Prodi S3 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terimakasih yang setinggi tingginya kepada Bapak/Ibu yang telah membantu dalam semua aktivitas, sehingga disertai ini dapat selesai, atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah SWT, dapat membalasnya. Akhirnya kami ucapkan salam sejahtera buat kita semua.

Makassar, Februari 2019
Salam

Sri Gusty



DISERTASI

KINERJA ASBUTON CAMPUR PANAS HAMPAR DINGIN
SEBAGAI ASPAL BERONGGA

Disusun dan diajukan oleh

SRI GUSTY

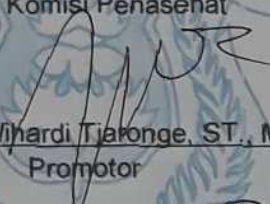
Nomor Pokok P0800312409


Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi


Pada tanggal 21 Desember 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat




Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng
Promotor


Dr. Ir. H. Nur Ali, MT
Kopromotor


Prof. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng
Kopromotor

Ketua Program Studi
S3 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Prof. Ir. Saku Adji Adisasmitha, MS., M.Eng.Sc., Ph.D 
Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



ABSTRAK

SRI GUSTY. Kinerja Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Sebagai Aspal Berongga (dibimbing oleh **H. M. Wihardi Tjaronge, H. Nur Ali dan Rudy Djamaluddin**).

Penelitian ini bertujuan (1) Menganalisis pengaruh penambahan bahan peremaja yang menyebabkan asbuton campuran panas hampar dingin, sehingga dapat dipadatkan pada suhu dingin (50°C), (2) Mengetahui kinerja asbuton campuran panas hampar dingin sebagai aspal berongga. Penelitian ini berbasis penelitian eksperimental di laboratorium. Jenis gradasi campuran aspal porus yang digunakan adalah gradasi Malaysia REAM (2008). Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 48 briket yang diklasifikasikan dalam 5 variasi kadar BGA (4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%) dengan melakukan pengujian *SEM*, *indirect tensile strength*, *marshall*, *cantabro*, dan *permeabilitas*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Asbuton Campuran Panas hampar Dingin sebagai Aspal berongga dapat disimpan terlebih dahulu dan dipadatkan pada suhu 50°C . Nilai kuat tarik tidak langsung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya BGA. Pada kadar aspal optimum untuk kadar BGA 6% nilai *cantabro* dan *permeabilitas* memenuhi spesifikasi REAM 2008.

Kata kunci : Campuran panas hampar dingin, Asbuton, aspal berongga, ITS, Cantabro, Permeabilitas

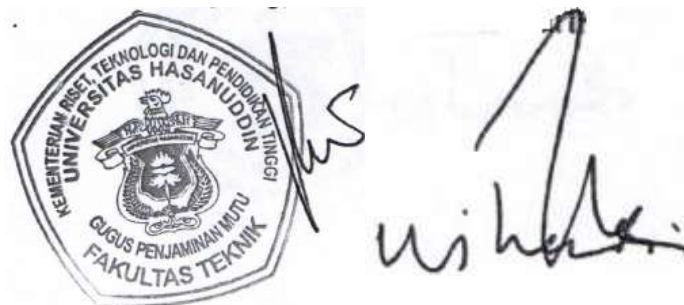


ABSTRACT

SRI GUSTY. *Performance of Hotmix Cold Laid Buton Asphalt as Porous Asphalt (supervised by H. M. Wihardi Tjaronge, H. Nur Ali and Rudy Djamaluddin).*

This study aims (1) to analyze the effect of additional modified material for forming Hotmix Cold Laid Buton Asphalt as Porous Asphalt which can be compacted in temperatures of 50°C, (2) to determine the performance of Hotmix Cold Laid Buton Asphalt as Porous Asphalt. This research is based on experimental research in the laboratory. Type of porous asphalt mix gradations used was Malaysian gradations - REAM (2008). Total specimens used were 48 samples divided into 5 Buton Granural Asphalt (BGA) content levels i.e. 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, and 6.5%, respectively. Scanning Electron Microscopic (SEM), Indirect Tensile Strength (ITS), Marshall Stability, Cantabro, and permeability test were conducted to determine the performance of Hotmix Cold Laid Buton Asphalt as Porous Asphalt. This research results revealed that a good compaction can be achieved when Hotmix Cold Laid Buton Asphalt as Porous Asphalt kept until temperature of 50°C, subsequently Indirect tensile strength increased with additional of BGA content. The values of cantabro and permeability meet the specifications of REAM 2008 at optimum asphalt content of 6% BGA.

Keywords : Hot mix cold laid asphalt, BGA, porous asphalt, ITS, Cantabro, permeability



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Batasan Masalah.....	5
E. Manfaat Penelitian	6
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Deposit Asbuton.....	9
B. Karakteristik Asbuton	10
C. Aspal Porus.....	11
D. Bahan Peremaja (<i>Modifier</i>).....	15
E. Pengujian Marshall.....	16
F. Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> (ITS).....	21



G. Pengujian <i>Cantabro</i>	22
H. Pengujian Permeabilitas Aspal Porus.....	23
I. Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu	24
J. Kerangka Pikir Penelitian	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Rancangan Penelitian	29
B. Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisik Bahan	31
C. Pembuatan Campuran Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin.....	33
D. Pemereiksaan Kinerja Campuran Aspal Porus.....	33
E. Bagan Alir Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Sifat-Sifat Fisik Agregat dan Asbuton Butir	43
B. Parameter Marshall Penentuan Kadar Aspal Optimum	50
C. Karakteristik Marshall Campuran Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Sebagai Aspal Porus Pada Kadar Aspal Optimum.....	60
D. Mikrostruktur Peremaja dan Asbuton Campur Panas Hampar Dingin	62
E. Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung Asbuton Campur Panas Hampar Dingin	66



F. Hasil Pengujian Abrasi (<i>Cantabro Test</i>) Asbuton Campur Panas Hampar Dingin	73
G. Hasil Pengujian Permeabilitas Asbuton Campur Panas Hampar Dingin	75
H. Capaian Kinerja Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Terhadap Campuran Aspal Berongga	76
I. Temuan Empirik	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	79
B. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA.....	81



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Perkiraan Deposit Asbuton	9
2.	Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton Lawele	10
3.	Sifat-Sifat Kimia Bitumen Asbuton Lawele	11
4.	Gradasi Aspal Porus Malaysia	13
5.	Ketentuan Campuran Aspal Porus	15
6.	Jumlah Benda Uji	30
7.	Metode Pengujian Agregat Kasar	31
8.	Metode Pengujian Agregat Halus	32
9.	Metode Pengujian Asbuton Butir	32
10.	Gradasi Aspal Porus Malaysia	33
11.	Pengujian dan Metode Pengujian Karakteristik Aspal Porus	35
12.	Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar	43
13.	Sifat-Sifat Fisik Agregat Halus	44
14.	Sifat-Sifat Fisik Asbuton Butir	44
15.	Gradasi Agregat Gabungan	46
16.	Komposisi Campuran (Mix Design) Kapasitas Mould 1200 gram	47
17.	Parameter Marshall Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin	51

Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran

Asbuton Panas Hampar Dingin Sebagai Aspal Berongga 60



19.	Parameter Marshall Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)	61
20.	Komposisi Kimia Peremaja	62
21.	Struktur Kimia Asbuton dan Parameter Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Dalam Kondisi KAO 6,0%	63
22.	Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung	67
23.	Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	74
24.	Hasil Pengujian Permeabilitas	75
25.	Capaian Kinerja Asbuton Campuran Panas Hampr Dingin	77



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Jenis Gradasi Agregat.....	12
2.	Sistem Aspal Porus.....	14
3.	Volumetrik Campuran Beraspal.....	18
4.	Skema Pengujian Permeabilitas.....	24
5.	Kerangka Pikir Penelitian.....	28
6.	Alat Uji Marshall.....	37
7.	Alat Uji Mikrostruktur (SEM).....	38
8.	Alat Uji Kuat Tarik Tidak Langsung.....	39
9.	Alat Pengujian Abrasi.....	40
10.	Pengujian Permeabilitas.....	41
11.	Bagan Alir Penelitian.....	42
12.	Gradasi Gabungan Versi <i>Road Engineering Association of Malaysia, 2008</i>	46
13.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai Stabilitas.....	52
14.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai Flow.....	54
15.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai MQ.....	55
16.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai VIM.....	56
17.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai VMA.....	57
	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Terhadap Nilai VFB.....	58
	Mikrostruktur Asbuton Campur Panas Hampar Dingin.....	64



20.	Grafik Hubungan Antara Nilai ITS dan Kadar Asbuton	68
21.	Hubungan ITS dan Regangan Sampel Kadar Asbuton 4,5%....	70
22.	Hubungan ITS dan Regangan Sampel Kadar Asbuton 5,0%....	71
23.	Hubungan ITS dan Regangan Sampel Kadar Asbuton 5,5%....	71
24.	Hubungan ITS dan Regangan Sampel Kadar Asbuton 6,0%....	72
25.	Hubungan ITS dan Regangan Sampel Kadar Asbuton 6,5%....	73
26.	Grafik Hubungan Antara Nilai <i>Cantabro</i> dan Kadar Asbuton	74
27.	Grafik Hubungan Antara Nilai Koefisien Permeabilitas dan Kadar Asbuton.....	75



DAFTAR NOTASI

°C	= Derajat celcius
%	= Persen
cm	= Centimeter
mm	= Milimeter
Pen	= Penetrasi
AC	= Asphalt Concrete
AC WC	= Asphalt Concrete Wearing Course
BGA	= Buton Granular Asphalt
XRF	= X-ray Flourence Spectrofotometer
MQ	= Marshall Quotient
VIM	= Void in Mix
VMA	= Void Mineral in Agregat
ASTM	= American Society for Testing Materials
AASHTO	= American Association of State Highway and Transportation Officials
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SEM	= Scanning Electron Microscope
KAO	= Kadar Aspal Optimum
PA	= Kadar Aspal Efektif Perkiraan Terhadap Berat Agregat
AK	= Persentase Agregat Kasar Tertahan Saringan No. 8
AH	= Persentase Agregat Halus Lolos Saringan No. 8 Tertahan No. 200
F	= Persentase Agregat Lolos Saringan No. 200
AR	= Kadar Residu Dalam Campuran (%)
BA	= Berat Jenis Aspal
CS	= Berat Jenis Semu
	= Berat Dalam Air (gr)
	= Berat di Udara (gr)
	= Berat SSD (gr)



G	= BJ Bulk–Berat Benda Uji (gr)
H	= Berat BendaUji (gr)
L	= Berat BendaUji Setelah Oven (gr)
KA	= Kadar Air (%)
K1;K2;K3	= Kadar Air Benda Uji Kering (%)
K4;K5;K6	= Kadar Air Benda Uji Direndam (%)
S	= Stabilitas (kg)
S1;S2;S3	= Stabilitas Benda Uji Kering (kg)
S4;S5;S6	= Stabilitas BendaUji Direndam (kg)
F	= Nilai Flow (mm)
ITS	= Indirect Tensile Strength
P	= Beban (N)
H	= Tinggi/Tebal BendaUji (mm)
D	= Diameter Benda Uji (mm)
KTB	= Kuat Tarik Belah (N/mm ²)
% BGA	= Persentase BGA dalam campuran aspal emulsi
KTBR	= Kuat tarik belah menggunakan BGA tanpa perendaman (N/mm ²)
KTBM	= Kuat tarik belah menggunakan BGA dengan rendaman (N/mm ²)



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Aspal merupakan bahan utama untuk pembuatan jalan yang diperoleh dari proses fraksinasi minyak bumi dimana aspal merupakan salah satu fraksi berat dari minyak bumi. Kenaikan harga minyak dunia yang melambung pada dekade terakhir berdampak pada kenaikan harga aspal dipasaran. Sehingga perlu dicari bahan alternatif untuk menggantikan aspal minyak. Saat ini sedang dikembangkan penelitian mengenai pengganti aspal minyak yaitu dengan menggunakan aspal alam.

Bahan baku pengganti aspal minyak salah satunya dari pemanfaatan aspal alam dari Pulau Buton, atau yang biasa disebut Asbuton. Aspal Buton (Asbuton) adalah aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di Pulau Buton dan sekitarnya. Aspal alam yang berada di Pulau Buton (Asbuton) mempunyai cadangan yang sangat besar untuk digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. 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 1,5 juta ton (Ali dkk., 2014; Subagio dkk., 2003, 2005). Sampai saat ini penggunaan Asbuton masih sedikit, padahal keperluan aspal di



Indonesia mencapai 1,2 sampai 2 juta ton pertahun dimana sekitar setengah dari keperluan tersebut masih harus impor dari berbagai negara (Affandi, 2011).

Agar campuran beraspal menghasilkan lapis perkerasan jalan yang mampu memikul beban kendaraan, maka komposisi bahan dalam campuran harus direncanakan terlebih dahulu sehingga diperoleh campuran beraspal yang memenuhi parameter Marshall, yakni stabilitas, flow dan kecukupan pori (*void*) di dalam campuran (Gusty dkk., 2016, 2017). Suhu penghamparan dan pemadatan sangat berpengaruh terhadap pencapaian parameter Marshall campuran beraspal panas. Apabila suhu penghamparan maupun pemadatan tidak cukup ataupun berlebih yang dipersyaratkan pada spesifikasi, maka campuran beraspal tersebut tidak dapat digunakan.

Teknologi Asbuton yang berkembang saat ini adalah teknologi Asbuton butir dan modifikasi aspal minyak dengan Asbuton butir, Penggunaan Asbuton butir di dalam campuran beraspal belum maksimal, karena hanya dapat mensubstitusi aspal minyak sampai dengan 30% untuk jenis *Buton Granular Asphalt* dan sekitar 75% untuk jenis *Lawele Granular Asphalt* (Kurniadji, 2003, 2007). Salah satu jenis perkerasan jalan raya yang sedang dikembangkan sebagai lapis aus (*wearing course*) adalah aspal porus (*porous asphalt*). Campuran perkerasan aspal ini

nakan gradasi terbuka (*open graded*) yang didominasi oleh kasar, untuk mendapatkan pori yang cukup tinggi sehingga



diperoleh tingkat permeabilitas campuran yang tinggi, dimana permeabilitas difungsikan untuk *subsurface drain* (Ali dkk., 2013).

Penelitian Tjaronge dan Irmawaty (2013) tentang pengaruh perendaman terhadap sifat fisik aspal porus yang menggunakan Asbuton cair sebagai pengikat campuran aspal bahwa aspal porus adalah jenis perkerasan yang menggunakan agregat kasar sebanyak 70% - 85% dan agregat halus sebanyak 15% - 30% yang oleh beberapa negara menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat. Menurut penelitian Elvik R dan Greibe (2005) tentang pengaruh penggunaan aspal porus terhadap kenyamanan penggunaan jalan bahwa aspal porus digunakan dibanyak negara Eropa, terutama diperuntukan untuk mereduksi kebisingan lalu lintas. Aspal porus berbeda dengan perkerasan aspal biasa, dimana menggunakan gradasi terbuka dengan kandungan 20% – 25% pori udara. Campuran beraspal dengan gradasi terbuka dapat mereduksi kebisingan lalu lintas di samping itu aspal porus juga dapat mereduksi percikan air serta mencegah genangan air (*aquaplaning*) pada saat kondisi hujan yang dapat meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengemudi (Liu *et al.*, 2012).

Untuk campuran beraspal dengan Asbuton butir konvensional ini, seperti Lasbutag dan Latasbusir digunakan bahan peremaja antara lain minyak bakar atau *flux Oil* (Departemen Pekerjaan Umum, 1990; 2006).

Juga telah lama dikembangkan mempertahankan viskositas aspal (Liu *et al.*, 1978; *Asphalt Institute*, 1993; AASHTO, 1982; ASTM, 1980).



Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan aspal Buton sebagai bahan pengikat pada perkerasan jalan beraspal. Salah satu upaya tersebut adalah pengembangan teknologi aspal Buton pra-campur dengan cara menambahkan bahan peremaja (*modifier*) yang berfungsi melunakkan bitumen Asbuton agar bitumen memiliki karakteristik yang sesuai sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Dengan penambahan bahan peremaja, campuran ini dapat dihampar dan dipadatkan pada saat suhu campuran aspal dalam keadaan dingin. Campuran ini sangat bermanfaat pada daerah–daerah yang memiliki keterbatasan unit produksi campuran beraspal (AMP) seperti di daerah–daerah terpencil dan pulau-pulau kecil di Indonesia. Pada aspal Buton pra-campur ini, pencampuran panas dilakukan secara pabrikan di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) setelah pencampuran itu dapat disimpan atau dikemas, sedangkan penghamparan dan pemadatan di lapangan dapat dilakukan pada suhu dingin (temperatur udara).

Pada penelitian ini aspal Buton pra-campur yang selanjutnya dinamakan aspal buton campuran panas hampar dingin (*hotmix cold laid*) akan dikaji dan dinalisis melalui pengujian–pengujian tegangan regangan di laboratorium. Campuran Asbuton ini masih terbatas digunakan untuk beban lalu lintas ringan dan biasanya dipakai untuk preservasi jalan.

Olehnya itu campuran Asbuton ini masih membutuhkan analisis dan kajian

lebih mendalam agar penggunaannya lebih optimal dan dapat digunakan pada beban lalu lintas berat. Sehingga penulis bermaksud



melakukan penelitian tentang “**Kinerja Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Sebagai Aspal Berongga**”.

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan bahan peremaja terhadap Asbuton campuran panas hampar dingin, sehingga dapat dipadatkan pada suhu dingin (50°C).
2. Bagaimana kinerja Asbuton campuran panas hampar dingin sebagai aspal berongga.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh penambahan bahan peremaja yang menyebabkan Asbuton campuran panas hampar dingin, sehingga dapat dipadatkan pada suhu dingin (50°C).
2. Menemukan kinerja Asbuton campuran panas hampar dingin sebagai aspal berongga.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini memiliki bentuk, arah dan fokus yang jelas maka penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

Penelitian yang diusulkan berbentuk eksperimen di laboratorium.

Penelitian ini diarahkan pada penggunaan Asbuton butir yang



berasal dari Lawele (LGA) sebagai bahan pengikat pada Asbuton campuran panas hampar dingin dan menggunakan bahan peremaja panas (*flux oil*)

3. Gradasi yang digunakan pada penelitian ini adalah gradasi Aspal Porous *Road Engineering Association Of Malaysia (REAM)*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk mengembangkan teknologi dan mengoptimalkan pemakaian asbuton yang memiliki deposit yang sangat besar di pulau Buton, khususnya pada asbuton campuran panas hampar dingin.
2. Untuk memenuhi kebutuhan pemakaian aspal di Indonesia sekitar 1,2 juta ton pertahun, yang baru sekitar sepertiganya saja yang dapat dipenuhi pemasok dalam negeri sisanya melalui impor.
3. Untuk mendapatkan solusi penanganan jalan beraspal pada daerah yang memiliki keterbatasan unit produksi campuran beraspal (AMP) seperti di daerah-daerah terpencil dan pulau-pulau kecil.
4. Untuk mendapatkan solusi terhadap penurunan suhu campuran pada saat penghamparan dan pepadatan..

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah, sistematika penulisan disertasi yang akan

sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga lebih is, susunan disertasi ini dapat diurutkan sebagai berikut :



BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang pentingnya masalah ini diangkat sebagai sebuah disertasi. Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat dari penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka menjelaskan landasan teori tentang agregat, Buton Granular Asphalt, pengujian sifat-sifat fisik seperti Stabilitas *Marshall*, uji ketahanan terhadap pelepasan butir (*Cantabrian Test*), kekuatan tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) dan permeabilitas campuran aspal porous..

BAB III Metode Penelitian menjelaskan metode penelitian secara umum baik alur penelitian maupun waktu dan lokasi penelitian, metode pemeriksaan agregat, metode pengujian bitumen dan BGA, serta metode pengujian karakteristik asal porous.

BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan menyajikan data hasil penelitian membahas tentang karakteristik campuran aspal porous yang mengandung *Buton Granular Asphalt*, terhadap pengujian Stabilitas *Marshall*, Abrasi (*Cantabro Test*), Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*), dan Permeabilitas.

Kesimpulan dan Saran berisi kesimpulan hasil analisis data penelitian dan saran sebagai hasil penelitian yang telah dilakukan



sehubungan dengan tujuan penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deposit 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 di antara batuan yang porous.

Dari eksplorasi yang dilakukan Alberta Research Council di daerah Lawele (Dean, 1989; Departemen Pekerjaan Umum, 1990) pada 132 titik pengeboran diperoleh hasil bahwa ketebalan Asbuton berkisar antara 9 meter sampai 45 meter atau ketebalan rata-rata 29,88 meter dengan tebal tanah penutup 0 – 17 meter atau rata-rata tebal tanah penutup 3,47 meter pada luas daerah pengaruh asbuton 1.527.343,5 m².

Tabel 1. Perkiraan deposit Asbuton (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

No.	Lokasi	Luas (m ²)	Tebal (m)	Deposit (ton)
1	Rongi	57.755.000	78	226.165.650
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				662.960.267



B. Karakteristik Asbuton

Unsur utama yang terkandung pada Asbuton, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Pada pemanfaatannya untuk pekerjaan peraspalan, kedua unsur tersebut akan sangat dominan mempengaruhi kinerja dari campuran beraspal yang direncanakan. Dilihat dari komposisi kimianya, Asbuton dari kedua daerah deposit memiliki senyawa nitrogen yang tinggi dan parameter malten yang baik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Asbuton memiliki pelekatan yang baik dengan agregat dan keawetan yang cukup. Hasil pengujian fisik dan analisis kimia dari bitumen Asbuton butir dari daerah Lawele diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Sifat-sifat fisik bitumen Asbuton Lawele (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Jenis pengujian	Hasil pengujian
Kadar aspal, %	30,08
Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik, 0,1 mm	36
Titik lembek, °C	59
Daktilitas, 25°C, 5 cm/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, % asli	94
Titik lembek setelah TFOT, °C	62
Penetrasi setelah TFOT, cm	> 140



Tabel 3. Sifat-Sifat Kimia Bitumen Asbuton Lawele (Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

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

C. Aspal Porus

Aspal porus adalah campuran beraspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat poros diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat halus lebih sedikit dibanding campuran jenis yang lain. Kandungan rongga pori dalam jumlah yang besar diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran.

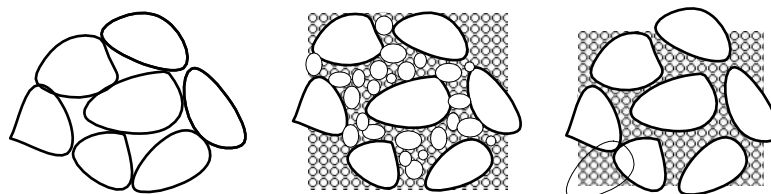
Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan ya bukaan jaringan kawat per inci per segi dari saringan . Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini



ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gambar 1 memperlihatkan jenis-jenis gradasi agregat. Tabel 4 memperlihatkan gradasi aspal porus Malaysia berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh *Road Engineering Association of Malaysia (REAM, 2008)*

Gradasi agregat dapat dibedakan atas gradasi seragam, gradasi rapat dan gradasi buruk/jelek. Penjelasan masing-masing gradasi yaitu :

- a) 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.
- b) Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
- c) 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, 1999)



a. Gradasi seragam b. Gradasi rapat c. Gradasi Buruk

Gambar 1. Jenis gradasi agregat (Sukirman, 1995)



Tabel 4. Gradasi aspal porus Malaysia (*REAM, 2008*)

BS Sieve Size, mm	Percentage Passing, by weight	
	Grading A	Grading B
20,0		100
14,0	100	85 - 100
10,0	95 - 100	55 - 75
5,0	30 - 50	10 - 25
2,36	5 - 15	5 - 10
0,075	2 - 5	2 - 4

b) Gradasi Campuran Aspal Porus

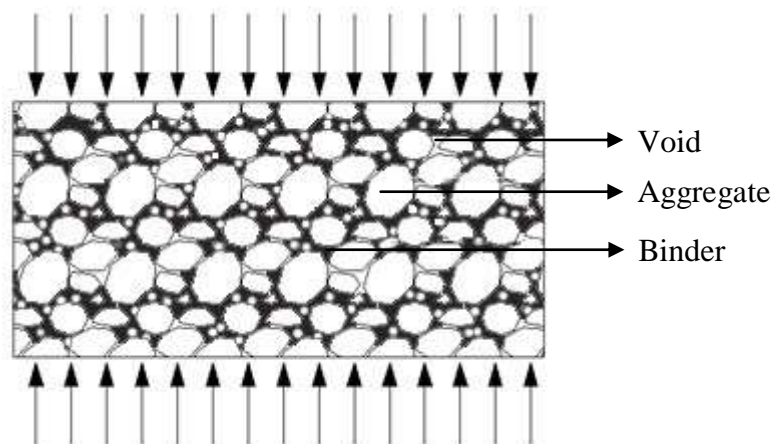
Campuran aspal porus menggunakan gradasi terbuka karena aspal porus diharapkan dapat berfungsi sebagai drainase, anti slip, anti *aquaplaning* dan peredam kebisingan yang hanya dapat diperoleh melalui penggunaan gradasi terbuka. Dilakukan uji gradasi terhadap standar gradasi aspal porus sehingga dapat 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

skidding sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih baik. Selain itu, campuran aspal porus 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 (Rizal dkk., 2017). Gambar 2 memperlihatkan sistem aspal porus.



Gambar 2. Sistem aspal porus (Rizal dkk., 2017; Elvik & Greibe; 2005)

Syarat dan ketentuan campuran aspal porus dapat dilihat pada Tabel 5 yang dikutip dari *Road Engineering Association of Malaysia (REAM,*

Ketentuan campuran aspal porus yang dimaksud diantaranya uji cantabro loss (%), uji aliran aspal kebawah (%) atau *binder flow*, VIM, stabilitas, *flow* dan *Marshall quotient*.



Tabel 5. Ketentuan campuran aspal porus (*REAM, 2008*)

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji <i>cantabro loss</i> (%)	Maks. 20
2	Uji aliran aspal kebawah (%)	Maks. 0,3
3	Kadar rongga di dalam campuran (VIM, %)	18 - 25
4	Stabilitas Marshall (kg)	Min. 350
5	Kelelahan Marshall (mm)	2 - 4
6	<i>Marshall quotient</i> (kg/mm)	Min. 200
7	Jumlah tumbukan perbidang	50

D. Bahan Peremaja (*Modifier*)

Bahan peremaja adalah bahan yang digunakan untuk meremajakan/melunakkan bitumen Asbuton agar bitumen memiliki karakteristik yang sesuai sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal (Departemen Pekerjaan Umum, 2006). Bahan peremaja yang sering digunakan pada campuran Asbuton terdiri dari 2 jenis, yaitu peremaja panas dan peremaja dingin. Peremaja panas adalah bahan peremaja yang terlebih dahulu dipanaskan sebelum dicampurkan pada campuran Asbuton, sedangkan peremaja dingin adalah bahan peremaja yang langsung dicampurkan ke campuran Asbuton tanpa melalui proses pemanasan (Budiamin dkk., 2013; Sudiatmanto, 2004).

Prinsip kerja bahan peremaja pada campuran asbuton adalah menggantikan minyak ringan sebagai pelarut yang hilang (teroksidasi)

proses pencampuran panas di *Aggregate Mixing Plant*. Bahan a 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 (Gompul, 1991; Faridi, 2011).

E. Pengujian Marshall

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall*. Saat ini pemeriksaan *Marshall* mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991.

Pemeriksaan dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm.

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 6,5 cm. Benda uji disiapkan di laboratorium, dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat marshall, diperoleh data–data yaitu :



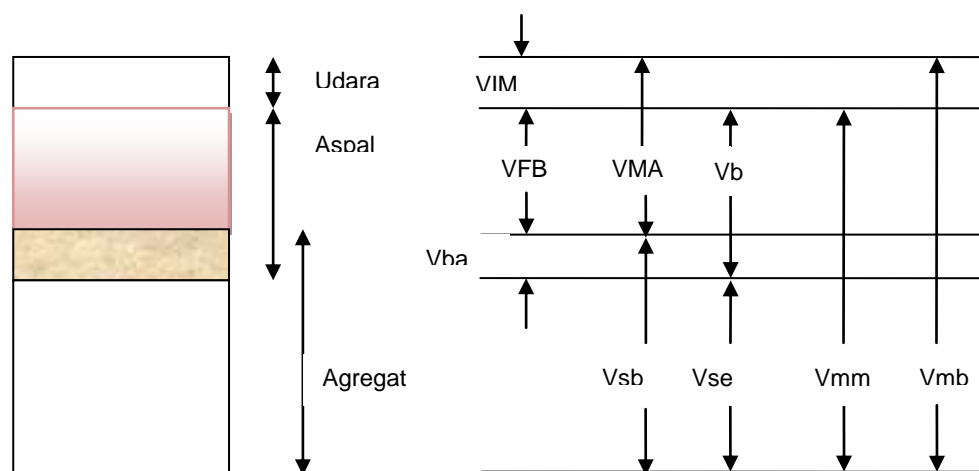
- a. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.
- b. Berat volume, dinyatakan dalam gr/cm^3 .
- c. Stabilitas menunjukkan kekuatan atau ketahanan benda uji terhadap beban.
- d. Kelelahan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm. *Flow* dapat merupakan indikator terhadap lentur.
- e. VIM, persen rongga dalam campuran. VIM merupakan indikator awal dari terjadinya deformasi plastis ataupun retak.
- f. VMA, persen rongga dalam agregat.
- g. Hasil bagi *marshall(quotient marshall)* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow*, dinyatakan dalam kg/mm .
- h. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran sehingga diperoleh gambaran berupa kadar aspal efektif.
- i. Tebal lapisan aspal (*film asphalt*) , dinyatakan dalam mm.
- j. Kadar aspal efektif, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.

Kinerja campuran beraspal sangat ditentukan oleh volumetrik campuran dalam keadaan padat yang terdiri dari : rongga udara dalam campuran (VIM), rongga di antara agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA). VMA adalah rongga di antara butir-butir agregat dalam campuran

yang meliputi rongga udara (VIM) dan volume aspal efektif, VMA dan dalam persen terhadap volume total. VIM adalah rongga udara



di antara agregat yang diselimuti aspal, VIM dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. VFB adalah bagian dari VMA yang diisi oleh aspal efektif dan dinyatakan dalam perbandingan antara $(VMA-VIM)$ terhadap VMA. Volumetrik campuran beraspal diilustrasikan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Volumetrik campuran beraspal

Dimana :

VMA = volume rongga diantara mineral agregat

Vmb = volume bulk/curah campuran padat

Vmm = volume campuran tanpa rongga udara

VIM = volume rongga dalam campuran

Vb = volume aspal

VFB = volume aspal mengisi rongga

Vha = volume aspal diserap agregat

= volume agregat (berdasarkan berat jenis bulk/curah)

= volume agregat (berdasarkan berat jenis efektif)



Kinerja campuran beraspal sangat ditentukan oleh volumetrik campuran dalam keadaan padat yang terdiri dari : rongga udara dalam campuran (VIM), rongga di antara agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA).

1. Stabilitas (*Stability*)

Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal lebih tahan terhadap deformasi dan dapat memikul beban yang lebih besar (Suaryana, 2008). Penggunaan asbuton murni pada campuran aspal dapat meningkat stabilitas campuran aspal (Affandi, 2006). Penambahan bitumen Asbuton yang lebih keras dalam campuran aspal dapat menyulitkan pemadatan. Bertambahnya mineral asbuton dalam campuran aspal memberi dampak pada rendahnya density campuran aspal sebab berat jenis mineral asbuton yang lebih rendah (Hermadi, 2006).

2. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) merupakan besarnya deformasi vertikal dinyatakan dalam millimeter (mm) yang terjadi pada benda uji padat dari campuran aspal hingga mencapai titik beban maksimum pada saat pengujian stabilitas marshall. Hal ini menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan aspal akibat menahan beban yang berada di atasnya. Nilai flow sangat dipengaruhi oleh *viscositas* dan persentase aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.



in the mix

ai VIM yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal lebih

porous sehingga aspal kurang awet dan stabilitas rendah (Hermadi dkk., 2008). Nilai dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya persentase agregat kasar, filler maupun persentase bitumen dalam campuran. Bentuk fisik material juga sangat berpengaruh seperti kubikal atau pipih.

4. Void in mineral agregat

Rongga diantara mineral agregat (VMA) merupakan parameter yang menentukan dalam campuran aspal, semakin kecil nilai VIM maka semakin kaku campuran aspal (Tayfur, 2007).

5. Marshall quotient

Marshall quotient (MQ) adalah sebagai karakteristik harga modulus daya tekan atau kekakuan. Nilai MQ merupakan indikator bahwa campuran aspal tahan terhadap deformasi, nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki kekakuan yang tinggi (Ahmedzade dkk, 2008).

Nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal bersifat kaku, berarti campuran cukup padat dengan stabilitas yang tinggi. MQ yang rendah menunjukkan campuran aspal yang lembek dan kurang cukup stabilitasnya dengan suatu resiko yang memungkinkan terjadinya retak permukaan campuran aspal dan pergerakan horizontal pada arah perjalanan (Tayfur, 2007). Sehingga campuran aspal dengan MQ yang tinggi lebih tahan terhadap retak akibat depormasi permanen.



padatan (*Marshall Density*)

padatan merupakan tingkat kerapatan suatu campuran aspal

setelah campuran aspal dipadatkan. Kepadatan tinggi suatu campuran aspal ditunjukkan dengan nilai *density* campuran aspal yang tinggi. Walaupun kepadatan yang tinggi tidak selamanya memberikan nilai stabilitas yang tinggi pada campuran aspal.

F. Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menerima gaya tarik, yang dalam hal ini dapat menggunakan alat ITS (*Indirect Tensile Strength*). Uji Kekuatan tarik tak langsung (ITS) sangat berguna dalam memahami karakteristik nilai kekuatan tarik serta memprediksi nilai kekuatan tersebut sejak munculnya retak dalam campuran.

ITS (*Indirect Tensile Strength*) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Pada uji ITS, sampel akan diberikan beban di antara dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tarik. Tegangan tarik ini akan mengakibatkan timbulnya retak vertikal pada sampel. Prosedur pengujian ini dilakukan dengan melakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai beban maksimum, dimana setelah pembebanan maksimum maka benda

mengalami retak. *Indirect Tensile Strength* adalah tegangan tarik maksimum dihitung dari pembebanan maksimum, benda uji mengalami



putus atau terbelah menjadi dua bagian dari benda uji yang berbentuk silinder. Besarnya *Indirect Tensile Strength* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 1.

$$ITS = \frac{2P}{\pi D H} \quad (1)$$

Dimana :

ITS = Nilai Kuat Tarik Tak Langsung (N/mm²)

P = Beban (N)

H = Tinggi/ tebal benda uji (mm)

D = Diameter benda uji (mm)

G. Pengujian *Cantabro*

Keawetan dari campuran dapat diketahui dengan menggunakan tes *Cantabo*. Pelaksanaan pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dimana sampel briket yang telah ada dimasukkan dalam mesin Los Angeles tanpa bola baja dan diputar sebanyak 300 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm (TxDOT Designation: TEX-245-F, 2005). Berat sampel sebelum dan setelah pengujian dicatat hingga diperoleh persentase kehilangan berat. Kehilangan berat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.

$$L = \frac{M_0 - M_i}{M_0} \times 100 \quad (2)$$



erat sebelum diabrasi (gram)

erat setelah diabrasi (gram), dan

L = Persentase kehilangan berat (%)

H. Pengujian Permeabilitas Aspal Porus

Permeabilitas adalah kemampuan media yang porus untuk mengalirkan fluida. Setiap material dengan ruang kosong diantaranya disebut porus, dan apabila ruang kosong itu saling berhubungan maka dia akan memiliki sifat permeabilitas (Sarwono D. *et al*, 2007).

Koefisien permeabilitas aspal dihitung berdasarkan Hukum *Darcy*. Metode untuk mengukur besarnya permeabilitas yaitu *Falling Head Permeability* (FHP) dimana air didalam tabung jatuh bebas dengan ketinggian tertentu sampai melewati rongga pada campuran aspal porous. Metode lain untuk mengukur permeabilitas yaitu constant head permeability (CHP) (Sarwono D. *et al*, 2007). Gambar 4 memperlihatkan skema pengujian permeabilitas *constant head*.

Koefisien permeabilitas (k) dihitung dengan persamaan 3

$$Q = qt = kiAt \quad (3)$$

Karena $i = \frac{h}{L}$, maka $Q = k\left(\frac{h}{L}\right)At$. Dari persamaan ini diperoleh persamaan

4.

$$k = \frac{QL}{hAt} \quad (4)$$

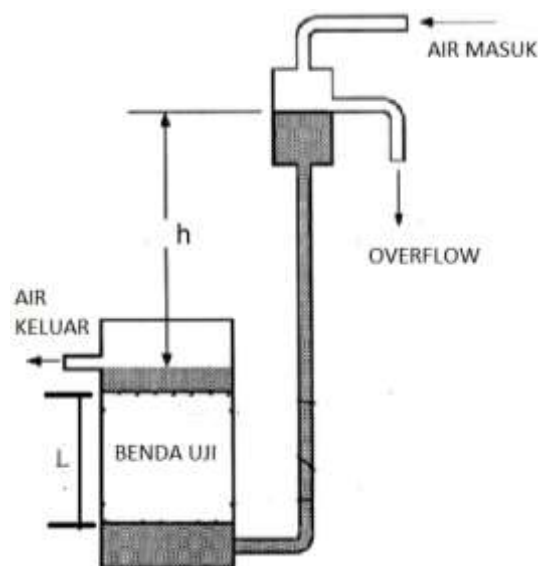
Dimana :



koefisien permeabilitas

volume air yang tertampung (cm³)

- L = tinggi benda uji (cm)
 A = luas benda uji (cm²)
 h = beda tinggi (cm)
 t = waktu menampung air (detik)



Gambar 4. Skema pengujian permeabilitas *constant head*

I. Kajian Terhadap Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, khususnya terkait dengan pemanfaatan Asbuton sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal adalah :

1. (Israil_(a), 2016; Israil_(b), 2016), menyatakan bahwa semakin besar persentase penambahan Asbuton butir (LGA) ke dalam campuran beraspal (AC-WC dan AC-BC), maka nilai stabilitas Marshall dan nilai juga semakin besar, hal ini yang menyebabkan campuran beraspal mengandung Asbuton butir (LGA), tidak mudah getas/retak pada



saat masa layan.

2. (Suryana, 2014), menyatakan bahwa asbuton butir (*LGA*) tipe 50/25 dapat berfungsi sebagai bahan penstabil, dimana penambahan asbuton sebanyak 10% dapat mencegah *draindown* aspal tidak melewati batas persyaratan maksimum 0,3%. Penambahan asbuton butir tipe 50/25 akan menyebabkan peningkatan titik lembek, yang berarti menaikkan viskositas aspal gabungan dan sekaligus menurunkan lepekaan terhadap temperatur.
3. (Zamhari *et al.*, 2014), menyatakan bahwa campuran beraspal dengan bahan pengikat *Buton Rock Asphalt* (BRA) menghasilkan kinerja yang lebih baik terhadap kekakuan dan ketahanan terhadap perubahan bentuk permanen dibandingkan dengan campuran aspal minyak pada penetrasi yang sama.
4. (Khaeruddin, 1996; Kusnianti, 2003), menyatakan bahwa campuran AC-BC dengan tambahan Asbuton 10% pada aspal Pen 60/70 memberikan kinerja yang paling baik terhadap nilai kekakuan dan kelenturan dalam hal ketahanan terhadap retak, sehingga baik untuk dijadikan alternatif dalam perbaikan kinerja perkerasan jalan. Hasil uji fatigue menunjukkan bahwa umur kelelahan yang paling panjang adalah campuran dengan kadar asbuton 10% pada aspal pen. 60/70.
5. (Chen Q., Wang D. Y., Zhang J. Q., 2013), menyatakan bahwa

penambahan kadar asbuton (*BRA*) 45% terhadap kadar aspal minyak (A modifikasi) memberikan kinerja optimal terhadap rutting dan



lendutan pada jalur roda, disamping itu *BRA* modifikasi lebih ekonomis dibandingkan *Styrene Butadiene Styrene (SBS)* modifikasi aspal minyak.

6. (Hadiwardoyo S.P., Sinaga E.S., dan Fikri H, 2013), menyatakan bahwa aspal buton yang digunakan sebagai aditif pada campuran beton aspal lapis aus (AC-WC) menambah nilai *skid resistance* pada permukaan jalan. Nilai *skid resistance* akan menurun dengan meningkatnya suhu permukaan.
7. (Bazlamit S.M., dan Reza F, 2005), menyatakan bahwa aspal alam Qingchuan yang digunakan sebagai aspal modifikasi meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen campuran, memiliki stabilitas yang baik dan lebih tahan terhadap rutting pada suhu tinggi.
8. (Affandi, 2009), menyatakan bahwa penambahan *Buton Granular Asphalt (BGA)* didalam campuran beraspal akan mengurangi tingkat kelelahan campuran dalam menerima beban, sehingga tidak terjadi deformasi permanen pada lapis perkerasan permukaan jalan.
9. (Lusyana, 2006), menyatakan bahwa stabilitas dinamis campuran yang mengandung Asbuton Lawele lebih besar dibanding campuran tanpa Asbuton Lawele. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang mengandung Asbuton Lawele memiliki ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik dibandingkan campuran tanpa Asbuton Lawele.

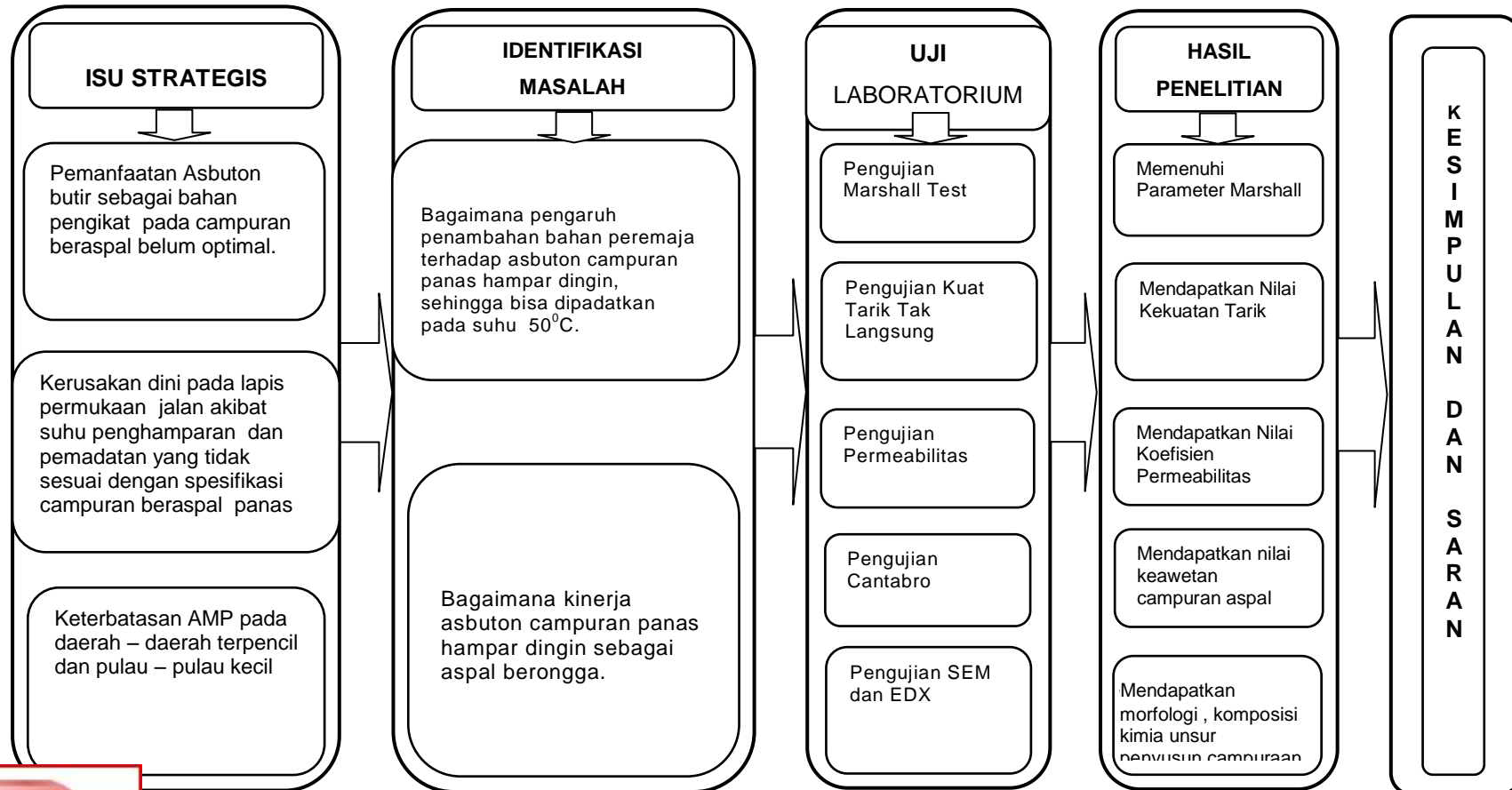
wosoebrotho B.I., Tumewu W., Kusnianti N., 2005), menyatakan bahwa Asbuton Lawele memiliki prospek yang baik untuk digunakan



sebagai bahan perkerasan jalan. Hal ini ditunjukkan dari hasil *Marshall test*, uji perendaman *Marshall* dan *wheel tracking*, yang mana hasilnya menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki ketahanan terhadap disintegrasi, keretakan dan deformasi permanen yang baik.



J. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 5. Kerangka pikir penelitian