

TESIS

**STUDI KEKUATAN TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN
AC-WC YANG MENGANDUNG ASPAL BUTON DAN
MENGUNAKAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI
BAHAN TAMBAH**

**INDIRECT TENSILE STRENGTH STUDY OF AC-WC
MIXTURE CONTAINING BUTON ASPHALT AND USING
PLASTIC WASTE AS ADDITIONAL MATERIAL**

ROBERT ALEXANDER MANIAGASI

P2304216005



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020




TESIS


STUDI KEKUATAN TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN AC-WC YANG MENGANDUNG ASPAL BUTON DAN MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Disusun dan diajukan oleh
ROBERT ALEXANDER MANIAGASI
Nomor Pokok P2304216005

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 01 September 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat


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


Dr. Ir. H. Mubassirang Pasra, MT
Sekretaris

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS/DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : ROBERT ALEXANDER MANIAGASI

Nomor mahasiswa : P2304216005

Program studi : S2 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 05 November 2020

Yang menyatakan



Robert Alexander Maniagasi



KATA PENGANTAR

Puji Tuhan kami panjatkan kehadirat Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan ini yakni ***“Studi Kekuatan Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC Yang Mengandung Aspal Buton Dan Menggunakan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah”*** 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. Mubassirang Pasra, MT**. Selaku sekretaris komisi penasehat 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.

Penghargaan yang setinggi tingginya kepada ; Rektor Universitas Hasanuddin (**Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**), bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc** (Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin), bapak **Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, MT**. (Dekan

Teknik Universitas Hasanuddin), Ketua Jurusan Sipil Fakultas Universitas Hasanuddin (bapak **Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, Eng**), bapak **Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST., MT**. (Ketua



Program Studi S2 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 S2 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami sampaikan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah SWT. Tuhan Yang Maha Kuasa dapat membalasnya.

Makassar, November 2020

Robert Alexander Maniagasi



ABSTRAK

ROBERT ALEXANDER MANIAGASI. Studi Kekuatan Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC Yang Mengandung Aspal Buton Dan Menggunakan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah (dibimbing oleh **H. M. Wihardi Tjaronge** dan **H. Mubassirang Pasra**).

Kebutuhan aspal secara nasional di Indonesia tidak dapat dipenuhi oleh produksi aspal minyak dalam negeri, sehingga setengah dari jumlah tersebut masih harus diimpor. Salah satu alternatif untuk mengurangi impor aspal minyak adalah memanfaatkan sumber daya mineral alam yang terdapat di Pulau Buton yaitu Asbuton. Di Indonesia, menurut *Indonesia Solid Waste Association* (2013), jenis limbah plastik menduduki peringkat kedua sebesar 5,4 juta ton per tahun dan masuk dalam peringkat kedua di dunia sebagai penghasil limbah plastik kelaut setelah Tiongkok. Dalam konteks keempat isu tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja campuran aspal porus yang menggunakan Asbuton modifikasi sebagai bahan pengikat dan limbah plastik jenis PET sebagai bahan tambah. Penelitian ini berbasis penelitian eksperimental di laboratorium, dimana jenis gradasi campuran AC-WC yang digunakan adalah gradasi Spesifikasi Umur 2018, Indonesia . Di buat benda uji AC-WC dengan kadar aspal optimum 6,25% berdasarkan pengujian karakteristik Marshall dengan penambahan kadar limbah plastik sebesar 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% dan 2,5% dari berat total agregat. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa peningkatan kinerja campuran AC-WC baik dengan penambahan limbah plastik PET menunjukkan bahwa limbah plastik jenis PET dapat menyatu sebagai bahan polimer dengan bitumen aspal minyak serta bitumen ekstraksi Asbuton yang terdapat dalam Aspal Buton Modifikasi sehingga dapat menambah kekuatan ikatan bahan-bahan pengikat.

Kata kunci : AC-WC, Aspal Buton Modifikasi, Limbah plastik, Kuat tarik tidak langsung



ABSTRACT

ROBERT ALEXANDER MANIAGASI. Study of Indirect Tensile Strength AC-WC Mixture Containing Buton Asphalt and Using Plastic Waste as Additive (supervised by **H. M. Wihardi Tjaronge** and **H. Mubassirang Pasra**).

The increase in national asphalt demand in Indonesia cannot be met by domestic asphalt production, so that half of that amount must still be imported. One alternative to reduce the import of asphalt is to utilize natural mineral resources found on Buton Island, namely Asbuton. In Indonesia, according to the Indonesia Solid Waste Association (2013), the type of plastic waste is ranked second at 5.4 million tons per year and ranks second in the world as a producer of marine plastic waste after China. In the context of these four issues, this study aims to analyze the performance of porous asphalt mixtures that use modified Asbuton as a binder and waste PET type plastic as added material. This research is based on experimental research in the laboratory, where the type of porous asphalt mixture gradation used is Specified by Indonesia requirement, 2018. The optimum bitumen content obtained was 6.25% based on the testing of Marshall characteristics with the addition of plastic waste content of 0,0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5% of total aggregate weight were used to prepared AC-WC mixture. The results of this study show that the increase in the performance of AC-WC mixtures due to the addition of plastic waste indicates that PET type plastic waste can be fused as polymeric with bituminous petroleum and extraction bitumen Asbuton so that it increased the bonding strength of binding materials.

Keywords : AC-WC, Modified Buton asphalt, Plastic waste, Indirect tensile strength



A handwritten signature in black ink, which appears to be "Wihardi".



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	9
D. Batasan Masalah	10
E. Manfaat Penelitian	10
F. Sistematika Penulisan	11
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Isu Penggunaan Limbah Plastik Pada Campuran Beraspal dan Nilai Strategis Aspal Alam Buton	13
B. Deskripsi Aspal Minyak dan Aspal Buton	17
C. Bahan Tambah Dalam Campuran Beraspal	28
D. Asbuton Modifikasi (Retona)	32



E. Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (<i>Indirect Tensile Strength</i>).....	35
F. Pengujian Stabilitas Marshall.....	37
G. Studi Empirik Penelitian Terdahulu.....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	48
B. Rancangan Penelitian	50
C. Pengujian Karakteristik Campuran Laston Lapis Aus (AC-WC).	57
D. Jumlah dan Perlakuan Benda Uji	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Pengujian Karakteristik Material.....	62
B. Penentuan Gradasi Campuran.....	72
C. Rancangan dan Komposisi Campuran AC-WC Berdasarkan Kadar Aspal Perkiraan	74
D. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran AC-WC Tanpa Menggunakan Limbah Plastik PET	75
E. Rancangan Komposisi Campuran AC-WC Transformasi Limbah Plastik PET Pada Kadar Aspal Optimum.....	86
F. Hubungan Tegangan-Regangan Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik PET (Polyethylene Therephthalate).....	87



G. Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik PET (Polyethylene Therephtalate)	94
H. Poisson Rasio, Elastisitas dan Toughness Index Akibat Beban Tarik Campuran AC-WC Transformasi Limbah Plastik PET (Polyethylene Therephtalate)	96
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	105
B. Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	106



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Perkiraan Deposit Asbuton	23
2.	Tipikal Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton	23
3.	Sifat-Sifat Fisik Bitumen Asbuton	24
4.	Sifat-Sifat Kimia Bitumen Asbuton.....	25
5.	Komposisi Kimia Mineral Asbuton	26
6.	Jenis Pengujian Dan Persyaratan Asbuton Butir	27
7.	Persyaratan Aspal Dimodifikasi Dengan Aspal Alam.....	35
8.	Metode Pengujian Karakteristik Agregat	52
9.	Metode Pengujian Karakteristik Asbuton Modifikasi	53
10.	Gradasi Agregat Gabungan Laston	57
11.	Jumlah Benda Uji Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	61
12.	Jumlah Benda Uji (Dalam Kondisi KAO)	62
13.	Karakteristik Sifat Fisik Agregat Kasar	63
14.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Batu	64
15.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Filler (Abu Batu)	64
16.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Asbuton Modifikasi	65
17.	Karakteristik Kimia Filler Abu Batu	67
	Karakteristik Kimia Asbuton Modifikasi	68



19.	Komposisi Material dalam Berat untuk 1200 gram Benda Uji Tanpa Limbah Plastik.....	75
20.	Hasil Pengujian Karakteristik Marshall Untuk Seluruh Parameter	76
21.	Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Menggunakan Asbuton Modifikasi Tanpa Limbah Plastik	85
22.	Komposisi Material dalam Berat untuk 1200 gram Benda Uji dengan Penambahan Limbah Plastik PET Pada Kadar Aspal Optimum 6,25%	87
23.	Rekapitulasi Nilai Kuar Tarik, Regangan Vertikal dan Horizontal	94
24.	Nilai Poisson Rasio, Modulus Elastisitas dan Toughness Index Campuran AC-WC Transformasi Limbah Plastik.....	98



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Lokasi Deposit Asbuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara	21
2.	Permukaan Tipis Polyethylene	30
3.	Alur Proses Pembuatan Asbuton Modifikasi Blend 55 Secara Fabrikasi	33
4.	Diagram Pembebanan Uji ITS.....	36
5.	Bagan Alir Penelitian.....	49
6.	Alat Uji Marshall	59
7.	Pengujian Indirect Tensile Strength.....	60
8.	Permukaan Tipis Polyethylene	66
9.	Hasil Uji XRF Limbah Plastik Jenis PET	69
10.	Hubungan Sudut Phase dengan Intensitas Asbuton Modifikasi	70
11.	Hubungan Sudut Phase dengan Intensitas Limbah Plastik	71
12.	Gradasi Agregat Gabungan.....	73
13.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai Stabilitas Tanpa Limbah Plastik.....	77
14.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai Flow Tanpa Limbah Plastik	79
15.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai Marshall Quetiont Tanpa Limbah Plastik	80
	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai IM Tanpa Limbah Plastik.....	82



17.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai VMA Tanpa Limbah Plastik	83
18.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Nilai VFB Tanpa Limbah Plastik	84
19.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Tanpa Limbah Plastik.....	88
20.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Dengan Limbah Plastik 0,5%	89
21.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Dengan Limbah Plastik 1,0%	90
22.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Dengan Limbah Plastik 1,5%	91
23.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Dengan Limbah Plastik 2,0%	92
24.	Hubungan $\sigma - \epsilon$ Benda Uji Dengan Limbah Plastik 2,5%	93
25.	Hubungan Kadar Limbah Plastik PET Dengan Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung.....	96
26.	Hubungan Kadar Limbah Plastik Dengan Poisson Rasio	100
27.	Hubungan Kadar Limbah Plastik Dengan Modulus Elastisitas..	102
28.	Hubungan Kadar Limbah Plastik Dengan Toughness Index.....	104



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 Benda Uji (gr)
L	= Berat Benda Uji Setelah Oven (gr)
KA	= Kadar Air (%)
S	= Stabilitas (kg)
F	= Nilai Flow (mm)
ITS	= Indirect Tensile Strength/Kuat Tarik Tidak Langsung
P	= Beban (N)
Pmax	= Beban Maksimum (N)
H	= Tinggi/Tebal Benda Uji (mm)
D	= Diameter Benda Uji (mm)
KTB	= Kuat Tarik Belah (N/mm ²)
ITSscond	= Nilai ITS Terkondisikan Atau Basah
ITSdry	= Nilai ITS Kering
n	= Bilangan Bulat Positif
λ	= Panjang Gelombang Dari X-Ray Tergantung Bahan Yang Digunakan
d	= Jarak Antara Bidang Kisi
θ	= Besar Sudut Dari Arah Radiasi Sinar-X
Xc	= Derajat Kristalinitas



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada pembangunan sarana transportasi jalan raya di Indonesia saat ini untuk perkerasan masih didominasi oleh penggunaan aspal. Jenis aspal yang paling banyak digunakan untuk perkerasan jalan raya adalah aspal yang berasal dari destilasi minyak bumi, yang kemudian dikenal dengan sebutan aspal minyak.

Indonesia memiliki aspal alam dikenal dengan nama Asbuton, dinamakan demikian karena lokasi aspal berada di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Kadar bitumen dalam Asbuton bervariasi dari 10-40%, bahkan pada beberapa lokasi dijumpai dengan kadar bitumen 90% yang dapat dijumpai pada daerah Kabungka dan Lawele. Asbuton memiliki deposit cukup besar sekitar 600 juta ton (Affandi, 2006). Deposit Asbuton diperkirakan setara dengan 24 juta aspal minyak (Suryana, 2003; Tjaronge & Irmawaty, 2012).

Pemerintah terus mendorong penggunaan Asbuton untuk dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan raya. Pada tahun 2006, melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 35/PRT/M/2006

Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton untuk Pemeliharaan dan
gunan Jalan meyakinkan bahwa setelah melalui uji coba
n dan laboratorium, pemanfaatan Asbuton dalam pemeliharaan



dan pembangunan jalan cukup layak secara teknis dan ekonomi, dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan jalan.

Beberapa ahli perkerasan jalan telah melakukan penelitian pemanfaatan Asbuton jenis Lawele tipe 20/25 sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 (Affandi dkk., 2006; Hermadi dkk., 2006; Suaryana dkk., 2008). Salah satu jenis perkerasan jalan raya yang sedang dikembangkan sebagai lapis aus (*wearing course*) adalah Aspal Porus (*Porous Asphalt*). Campuran perkerasan aspal ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang didominasi oleh agregat kasar sebanyak 70%-85% dan agregat halus sebanyak 30%-15% (Tjaronge dkk., 2013) untuk mendapatkan pori yang cukup tinggi sehingga diperoleh tingkat permeabilitas campuran yang tinggi, dimana permeabilitas difungsikan untuk *subsurface drain* (Ali dkk., 2013).

Aspal beton (AC) atau lapis aspal beton (laston) salah satu jenis perkerasan fleksibel yang banyak diterapkan di Indonesia. Laston yang dikenal di Indonesia terdiri dari *asphalt concrete wearing course* (AC WC), *asphalt concrete binder course* (AC BC), dan *asphalt concrete base* (AC base). Campuran aspal AC BC merupakan lapis pengikat dengan gradasi yang lebih kasar dari AC WC tetapi lebih halus daripada AC base. Laston biasanya digunakan pada daerah yang mengalami deformasi tinggi seperti daerah pegunungan, gerbang tol atau pada daerah dekat lampu lalu lintas

arah dengan lalu lintas berat.



Suatu lapis perkerasan jalan diharapkan mampu memenuhi sifat stabilitas, yaitu kemampuan perkerasan aspal menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang tetap. Namun kenyataannya, pada masa pelayanannya, perkerasan jalan sering mengalami kerusakan atau tidak mencapai umur layanan jalan. Di Jalan Lintas Timur Sumatera terjadi penurunan dalam pelayanan usia jalan sebesar 25,94% (Sentosa, 2012), jalan nasional di Aceh terjadi penurunan umur layan sebesar 4,3 tahun dari umur rencana 10 tahun (Syafriana, 2015), di Jalan Pantura Jawa hanya memiliki umur jalan selama 1,5 hingga 2 tahun dari seharusnya 10 tahun (Antara News, 2008). Selain itu, menurut data informasi statistik PU dan Perumahan Rakyat (2015) jalan di Indonesia dalam kondisi baik hanya sebesar 62%, sedangkan kondisi jalan yang lain dalam keadaan rusak ringan ataupun rusak berat.

Salah satu penyebab kerusakan atau tidak mencapainya umur layanan jalan tersebut adalah bertambahnya tingkat kepadatan lalu lintas. Menurut Suparyanto dalam Latifa (2011), pengulangan beban lalu lintas sebagai akibat dari kepadatan lalu lintas menyebabkan terjadinya akumulasi deformasi permanen pada campuran beton aspal sehingga mengalami penurunan kinerja jalan. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan bahan tambah (*additive*) ke dalam campuran.



at ini pemakaian bahan tambah kedalam campuran beton aspal
nyak digunakan baik di dalam maupun luar negeri, utamanya

penggunaan material sisa/limbah yang banyak menjadi pemasalahan lingkungan, seperti limbah plastik. Plastik merupakan jenis polimer yang tidak dapat terurai sendiri, yang membutuhkan waktu ratusan bahkan ribuan tahun untuk terurai kembali ke bumi. Limbah plastik telah menjadi sesuatu hal yang menakutkan di setiap belahan bumi. Tidak saja di negara-negara berkembang tetapi juga di negara-negara maju seperti Amerika, Inggris dan Jepang. Menurut *Indonesia Solid Waste Association* (2013), penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80kg/orang/tahun, dan di Inggris memproduksi sedikitnya 3 juta ton sampah plastik setiap tahun. Terdapat 57% limbah yang ditemukan di pantai berupa limbah plastik dan sebanyak 46 ribu limbah plastik mengapung di setiap mil persegi samudera bahkan kedalaman limbah plastik di samudera pasifik sudah mencapai hampir 100 meter.

Di Indonesia, menurut *Indonesia Solid Waste Association* (2013), jenis limbah plastik menduduki peringkat kedua sebesar 5,4 juta ton per tahun dan masuk dalam peringkat kedua di dunia sebagai penghasil limbah plastik kelaut setelah Tiongkok. Kategori limbah plastik yang terbesar berasal dari kemasan seperti botol minuman dan kantong plastik. Limbah plastik ini termasuk jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*), dimana plastik yang tergolong jenis ini bersifat *thermoplast*, dapat dicetak

-ulang (mudah didaur ulang), dan memiliki densitas antara 0,910 –
/cm³. Selain itu, jenis plastik ini bersifat sangat fleksibel,



mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen (Billmeyer, 1984).

Sampai saat ini belum ada pengelolaan khusus limbah plastik di tingkat kota. Namun, pemulung memiliki peran yang sangat penting dalam mata rantai daur ulang limbah plastik yang dilakukan secara informal. Selain itu, ilmuwan juga terus dipicu untuk bisa mencari alternatif lain bahan pengganti plastik konvensional ataupun penggunaan limbah plastik dalam dunia konstruksi khususnya konstruksi jalan. Berbagai penelitian baik di dalam maupun luar negeri yang meneliti pemanfaatan limbah plastik dalam campuran aspal telah dilakukan.

Di Afrika, Sojobi *et al* (2016) meneliti tentang efek daur ulang botol plastik (PET) pada beton aspal dan diperoleh bahwa karakteristik *Marshall* meningkat seiring penambahan PET. Di India, Rajput dan Yadav (2016) menyelidiki penggunaan limbah plastik dalam proporsi yang berbeda pada campuran aspal dan diperoleh bahwa stabilitas *Marshall* berada dalam keadaan maksimum ketika 12% limbah plastik ditambahkan kedalam campuran. Di Portugal, Fernandes *et al* (2015) mengembangkan suatu inovasi bitumen penggunaan limbah plastik dan oli motor yang hasilnya bahwa penambahan limbah plastik meningkatkan beberapa karakteristik penting campuran aspal. Di Argentina, Angelone *et al* (2015) menyelidiki suatu pendekatan ramah lingkungan terhadap pengaruh limbah plastik

campuran aspal yang menunjukkan bahwa penggunaan limbah dapat menaikkan karakteristik campuran. Di Mesir, Mohammed *et*



al (2014) mengevaluasi penambahan beberapa jenis polimer pada beton aspal dan dihasilkan bahwa penambahan polimer dalam keadaan optimum meningkatkan viskositas kinematik, stabilitas, *indirect tensile strength* dan menurunkan nilai penetrasi. Di Arab Saudi, Musa & Haron (2014) juga meneliti tentang limbah plastik jenis LDPE dan memperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan karakteristik campuran aspal ketika ditambahkan limbah plastik LDPE dimana peningkatan signifikan terjadi pada stabilitas. Di Malaysia juga telah dilakukan penelitian oleh Soltani *et al* (2015) yang diperoleh hasil bahwa salah satu variabel yang mempengaruhi umur kelelahan dari campuran aspal adalah penggunaan plastik.

Di Indonesia, Arianti dkk (2015) menyelidiki kadar aspal optimum (KAO) serta karakteristiknya pada campuran aspal beton dengan atau tanpa menggunakan limbah plastik PET. Hasil penelitian ini menunjukkan seiring dengan meningkatnya kadar PET maka akan meningkatkan stabilitas, VMA, VFA, *flow*, dan MQ, serta menurunkan VIM. Israil dkk (2012) meneliti pengaruh penambahan serpihan plastik terhadap karakteristik campuran aspal beton dan diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan pada karakteristik *Marshall* terutama stabilitas dan juga penelitian dilakukan oleh Amiruddin dkk (2012) yang memperoleh hasil bahwa dengan penambahan polimer kedalam campuran aspal akan

atkan nilai stabilitas yang mengindikasikan bahwa *interlocking* regat semakin baik.



Hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan perkerasan jalan adalah keawetan (*durability*). Sebagaimana diketahui bahwa aspal peka terhadap temperatur, karena aspal bersifat termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah (Erwin, 2012). Mutu suatu campuran aspal dalam pelaksanaan konstruksi sebagai bahan perkerasan jalan dilapangan dipengaruhi beberapa faktor, salah satunya adalah faktor temperatur.

Dengan menyadari bahwa suhu atau temperatur sangat mempengaruhi kualitas campuran beraspal panas, maka sangat penting untuk memperhatikan dan menjaga seluruh proses hingga dapat menghasilkan konstruksi perkerasan jalan sesuai yang diharapkan. Nilai modulus elastisitas lapisan akan menurun dengan meningkatnya temperatur. Kecenderungan ini disebabkan oleh sifat visco-elastic dari material aspal yang kemudian mempengaruhi karakteristik dari lapisan beraspal (Kosasih DJ & Siegfried, 2006).

Hasil pengkajian menunjukkan penambahan bitumen Asbuton bisa menjadikan aspal lebih keras, lebih tahan terhadap temperature tinggi yang ditunjukkan dengan nilai titik lembeknya yang meningkat serta menjadi lebih kuat terhadap perubahan temperature (Affandi, 2006).

Selain itu hasil pengkajian juga telah dilakukan dengan penambahan

plastik menjadikan campuran beraspal lebih kuat dan mempunyai modulus elastisitas yang tinggi (Maal dkk., 2017).



Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu yang telah dikemukakan di atas maka dapat dikatakan bahwa dengan pemanfaatan limbah plastik ke dalam campuran aspal akan menaikkan kinerja campuran khususnya menaikkan stabilitas dan menjadi salah satu solusi dari permasalahan limbah plastik. Selain itu, dengan menggunakan Asbuton sebagai bahan pengikat dan limbah plastik sebagai bahan tambah akan dilihat bagaimana kinerja yang terjadi akibat perpaduan antara limbah plastik dan Asbuton. Dari uraian-uraian di atas, penulis memandang perlu melakukan penelitian lebih lanjut tentang kinerja campuran laston lapis aus (AC-WC) yang menggunakan limbah plastik sebagai bahan tambah dan Asbuton sebagai bahan pengikat, sehingga penulis membuat penelitian ini dengan judul “**Studi Kekuatan Tarik Tarik Tidak Langsung Campuran AC-WC Yang Mengandung Aspal Buton dan Menggunakan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah**”.

B. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang, yang mendasari penelitian ini adalah mendorong penggunaan Asbuton pada perkerasan jalan raya untuk meningkatkan penggunaan aspal alam Indonesia, serta untuk memanfaatkan limbah plastik yang ada di Indonesia, dimana dari tahun ke tahun jumlahnya semakin meningkat. Selain itu juga, mengingat bahwa kerusakan yang terjadi pada campuran beraspal adalah disebabkan oleh menurunnya mutu perkerasan jalan akibat beban lalu lintas yang terus menerus.



Senyawa parafine merupakan salah satu senyawa kimia aspal yang sangat peka terhadap suhu dimana setiap kenaikan suhu akan mempengaruhi ikatan antar molekul molekul senyawa parafin sehingga struktur parafine dapat berubah dan akan dengan mudah berikatan dengan unsur lain dalam usaha penstabilan struktur karbonnya sehingga akan mempengaruhi nilai kohesi dan kestabilan keseluruhan ikatan molekul penyusun dari aspal. Dapat pula diketahui bahwa terdapat hubungan spesifik antara sifat fisik (malten) dan kimia dari aspal itu sendiri (senyawa parafin) dimana parafin dan maltene tersebut sangat peka oleh suhu dalam hubungannya terhadap nilai durabilitas dari suatu campuran.

Dari permasalahan tersebut, maka dapat dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana kinerja campuran laston lapis aus (AC-WC) berupa pengujian kuat tarik tidak langsung dengan perekat Asbuton hasil ekstraksi dan limbah plastik sebagai bahan tambah.
2. Bagaimana pengaruh komposisi bitumen terhadap kinerja campuran laston lapis aus (AC-WC) dengan bahan perekat Asbuton hasil ekstraksi dan limbah plastik sebagai bahan tambah.

C. Tujuan Penelitian

Terkait dengan latar belakang dan rumusan permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini perlu dilakukan suatu studi dan analisis yang

n untuk :



1. Menganalisis kinerja campuran laston lapis aus (AC-WC) berupa pengujian kuat tarik tidak langsung dengan perekat Asbuton hasil ekstraksi dan limbah plastik sebagai bahan tambah.
2. Menganalisis hubungan komposisi bitumen terhadap kinerja campuran laston lapis aus (AC-WC) dengan bahan perekat Asbuton hasil ekstraksi dan limbah plastik sebagai bahan tambah.

D. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka ruang lingkup pada penelitian ini dibatasi pada hal-hal yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan uji beban monotonik pada benda uji berskala silinder yang dilakukan dalam bentuk eksperimental murni di laboratorium.
3. Penelitian ini tidak membahas tegangan yang diakibatkan oleh perubahan suhu dan pemuaian.

E. Manfaat Penelitian

Seiring dengan tujuan yang ingin dicapai, maka manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mencakup dalam dua aspek yaitu :



akademis

si penelitian yang ingin dicapai merupakan upaya akademik

kan standar dan kaidah ilmiah. Oleh karena itu secara akademis

penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat dijadikan acuan (referensi) atau landasan teoritis, khususnya yang terkait dengan pemanfaatan Asbuton dan bidang perancangan perkerasan jalan, khususnya jenis perkerasan AC-WC.

2. Aspek praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi penerapan teknis pelaksanaan perkerasan jalan, dengan tetap berpegang pada kaidah dan referensi yang ada, terutama dalam pemanfaatan Asbuton, pemanfaatan limbah plastik dan pelaksanaan pekerjaan konstruksi perkerasan campuran laston lapis aus (AC-WC).

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang dituliskan dalam penelitian ini adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang diamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian bagi pengembangan ilmu perkerasan jalan, ruang lingkup sebagai batasan

penulisan, serta sistematika dan organisasi tentang pengenalan isi dalam disertasi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang teori agregat, teori aspal Buton dan potensi-potensi Asbuton yang ada, teori aspal (bitumen), Asbuton modifikasi (Retona Blend 55), informasi tentang campuran beraspal panas dan respon perkerasan akibat pembebanan serta informasi mengenai penelitian-penelitian terdahulu tentang campuran beraspal panas menggunakan Asbuton serta kerangka pikir penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, pengujian karakteristik yang dilakukan pada agregat dan aspal alam Buton, bagan alir penelitian, pembuatan benda uji dan rencana jumlah benda uji, pengujian-pengujian yang dilakukan pada hasil campuran aspal panas dengan Asbuton modifikasi berupa uji marshall (stabilitas, flow, marshall *quetiont* dan parameter lainnya), dan kuat tarik tidak langsung (*indirect tensile strength*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Penggunaan Limbah Plastik Pada Campuran Beraspal dan Nilai Strategis Aspal Alam Buton

Perkembangan konstruksi jalan yang digunakan oleh seluruh dunia diawali oleh temuan Thomas Telford (1757-1834) dan John London Mac Adam (1756-1836). Konstruksi ini diberi lapisan aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya dan seluruh dunia menggunakan teknologi ini sebagai konstruksi jalan. Perkembangan selanjutnya adalah konstruksi perkerasan jalan menggunakan aspal panas (*hot-mix*). Jenis perkerasan ini dinamakan perkerasan lentur.

Di Indonesia, kedua jenis perkerasan ini telah digunakan pada hampir seluruh proyek-proyek jalan nasional, provinsi dan kabupaten. Masalah yang dihadapi Direktorat Jenderal Bina Marga Indonesia adalah kerusakan dini pada konstruksi-konstruksi jalan. Baik yang terjadi pada perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Hampir 40 % jaringan jalan yang ada di Indonesia mengalami kerusakan ringan hingga kerusakan berat. Jaringan jalan nasional

hingga tahun 2002 mencapai 330.495 km. Secara keseluruhan jalan yang meliputi jalan negara sekitar 12% (3.224 km), jalan provinsi sekitar 34%



(12.636 km), sementara jalan kabupaten yang rusak mencapai 47% (113.244 km) (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2005).

Kekurangan perkerasan beton dibandingkan perkerasan beraspal adalah biaya awal dan perbaikan konstruksi yang cukup tinggi, butuh waktu sampai cukup kuat untuk dilewati, tidak sesuai bagi konstruksi badan jalan yang labil atau masih terjadi bongkar pasang utilitas, kurang nyaman (kekasaran, sambungan) dan silau akibat warna perkerasan yang cenderung putih (Sjahdanulirwan, 2009).

Selain masalah kerusakan struktur jalan, masalah limbah plastik juga muncul. Kedua masalah ini merupakan suatu tantangan bagi peneliti untuk melakukan penelitian yang bersifat aplikatif agar masalah tersebut dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penggunaan limbah plastik dapat dijadikan bahan tambah dalam campuran beraspal, khususnya pada campuran laston lapis aus (AC-WC).

Penggunaan bahan tambah dalam campuran beton aspal menjadi suatu pilihan. Ada banyak hal ketika diputuskan menggunakan bahan tambah dalam campuran aspal, salah satunya untuk meningkatkan kinerja campuran terutama dalam hal kinerja campuran beraspal dan hal ketahanan beton aspal menahan pembebanan berulang di jalan khususnya dapat

meningkatkan kekuatan tarik tidak langsung. Adapun dalam penelitian ini digunakan limbah plastik (polimer mutu rendah) sebagai bahan tambah.



Menurut Suroso (2009), penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal telah banyak dilakukan baik di dalam maupun luar negeri dan telah dibuktikan dapat meningkatkan mutu campuran beraspal. Moghaddam *et al* (2013) menyatakan bahwa terjadi peningkatan stabilitas dari campuran aspal dengan menambahkan botol plastik sebesar 0-1% dari berat agregat ke dalam campuran. Penambahan limbah botol plastik tersebut meningkatkan ketahanan leleh campuran dibandingkan dengan campuran aspal biasa. Arianti dkk (2015) memperoleh hasil penelitian bahwa seiring dengan meningkatnya kadar botol plastik dalam campuran aspal maka akan meningkatkan stabilitas, VMA, VFA, *flow*, dan MQ, serta menurunkan VIM. Kadar botol plastik yang terbaik untuk karakteristik *Marshall* adalah 2%. Israil dkk (2012) memperoleh hasil bahwa penambahan serpih sampah plastik ke dalam campuran beton aspal AC-WC dapat meningkatkan stabilitas campuran, nilai *Marshall Quotient* (MQ), VFB (*Void Filled with Bitumen*), serta menurunkan nilai *flow*, VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Agregat*).

Plastik adalah suatu polimer (material sintetik buatan manusia) yang mudah dibentuk, dicetak, mempunyai sifat unik dan luar biasa. (Mujiarto, 2005). Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa

nya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi



150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005 (Wikipedia, 2016 a).

Selain itu, pada tanggal 5 Agustus 2017 Kementerian PUPR telah mengeluarkan surat edaran nomor SP.BIRKOM/VIII/2017/383 tentang inovasi teknologi dukung percepatan pembangunan infrastruktur PUPR. Salah satu isi dari surat edaran tersebut adalah penggunaan limbah plastik sebagai bahan tambah dalam campuran beraspal. Belum lama ini, Kementerian PUPR juga telah menggelar uji coba aspal plastik sepanjang 700 meter yang bertempat di Universitas Udayana, Bali. Pemanfaatan limbah plastik sebagai aspal tersebut merupakan salah satu solusi bagi permasalahan sampah plastik, dengan kebutuhan limbah plastik sebanyak 2,5 hingga 5 ton untuk setiap 1 kilometer jalan dengan lebar 7 meter.

Selain masalah-masalah kerusakan struktur jalan dan masalah limbah plastik, masalah kelangkaan aspal juga selalu muncul. Dimana kebutuhan aspal bangsa Indonesia diproyeksi mencapai angka 1.2 juta ton pertahun, hanya mampu disediakan oleh PT. Pertamina 600 ribu ton, sehingga kekurangannya adalah separuhnya yaitu sebesar 600 ribu ton (Suaryana, 2008).

Muncul pemikiran penggunaan aspal Buton Indonesia secara maksimal

saat ini diperkuat oleh surat edaran Direktorat Jenderal Bina Marga mewajibkan seluruh paket-paket proyek *hot-mix* agar menggunakan



Asbuton butir sebagai bahan substitusi dalam campuran *hot-mix*. Namun setelah diterapkan, substitusi ini hanya efektif penggunaannya pada penggunaan 8% terhadap campuran. Sehingga hanya kurang lebih 2,5 % bitumennya yang mampu mensubstitusi aspal minyak.

Aspal Buton merupakan aspal alam yang berada di Indonesia yaitu di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Asbuton atau Aspal batu Buton ini pada umumnya berbentuk butiran yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya Asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang *porous* (Dept. PU, 2006). Diperkirakan deposit Asbuton sekitar 60.991.554,38 ton atau setara dengan 24.352.833,07 barel minyak (Suryana, 2003 ; Tjaronge & Irmawaty, 2013).

B. Deskripsi Aspal Minyak dan Aspal Buton

1. Aspal Minyak (Bitumen)

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1, Petunjuk Umum). Berdasarkan sumber

(bitumen), aspal dibedakan menjadi aspal hasil destilasi, aspal alam dan aspal modifikasi.



a. Sumber aspal (bitumen)

1). Aspal (bitumen) hasil destilasi

Minyak mentah disuling dengan cara destilasi, yakni suatu proses dimana bitumen dipisahkan dari minyak mentah tersebut. Proses destilasi ini disertai oleh kenaikan atau meningkatnya temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Aspal (bitumen) hasil destilasi (penyulingan) ini yang kemudian dalam penggunaannya yang berbeda-beda sehingga aspal (bitumen) ini diklasifikasikan lagi menjadi : (1) aspal keras yang biasa digunakan untuk campuran *hot-mix*, (2) aspal (bitumen) cair digunakan untuk peruntukan sebagai lapis perekat dan sebagai lapis peresap dalam dunia perkerasan jalan dan (3) aspal emulsi yang diperuntukkan dan digunakan sebagai lapis perekat dan sebagai lapis peresap serta sebagai perekat dalam campuran aspal dingin (*cold mix*) dengan memanfaatkan aspal emulsi sebagai bahan pengikat.

2). Aspal (bitumen) alam

Aspal (bitumen) alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal (bitumen) alam dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok, yakni aspal (bitumen) danau dan aspal (bitumen) yang berbentuk batu. Aspal (bitumen) danau secara alamiah terdapat di danau

, Venezuela dan aspal (bitumen) yang berbentuk batu secara terdapat di daerah Kentucky dan di daerah Pulau Buton Provinsi



Sulawesi Tenggara-Indonesia. Aspal (bitumen) dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan yang berbentuk kapur dan batuan pasir yang ada di daerah tersebut.

3). Aspal (bitumen) modifikasi

Aspal (bitumen) yang berbentuk modifikasi ini dibuat dengan cara mencampur dan memodifikasi aspal keras penetrasi 60/70 dengan suatu bahan tambah atau biasa disebut sebagai *additive* yang dimanfaatkan sebagai bahan substitusi. Bahan tambah yang biasanya dipakai adalah polymer yang saat ini banyak digunakan dalam dunia perkerasan jalan. Oleh karena itu, aspal (bitumen) modifikasi sering juga disebut sebagai aspal (bitumen) *polymer modified*.

2. Aspal Buton (Asbuton)

Aspal batu buton atau biasa disebut asbuton ditemukan tahun 1924 di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton mulai digunakan dalam pengaspalan jalan sejak tahun 1926. Berdasarkan data yang ada, asbuton memiliki deposit sekitar 677 juta ton atau setara dengan 170 juta ton aspal minyak. Asbuton merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia.

Kebutuhan aspal bangsa Indonesia diproyeksi mencapai angka 1.2 juta ton pertahun, hanya mampu disediakan oleh PT. Pertamina 600 ribu ton,

kekurangannya adalah separuhnya yaitu sebesar 600 ribu ton (Syaiful, 2008).



Asbuton berbentuk padat dan terbentuk secara alami akibat proses geologi. Dalam Buku 1, Pemanfaatan Asbuton (Pedoman Konstruksi dan Bangunan) No : 001 – 01/BM/2006 oleh Departemen Pekerjaan Umum (Indonesia) menjelaskan bahwa Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari Asbuton berbentuk padat yang di pecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Nilai penetrasi dari aspal alam Buton (Asbuton) ini kurang lebih 10. Jika dibandingkan dengan aspal minyak, penetrasi aspal minyak lebih besar dibanding Asbuton. Hal yang paling mendasar mengenai perbedaan dari aspal minyak dengan aspal alam Buton (Asbuton) adalah Asbuton lebih kaku sedangkan aspal minyak lebih daktail.

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

Gambar 1 memperlihatkan deposit Aspal Buton (Asbuton) yang terletak di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara-Indonesia. Deposit Asbuton ini tersebar di beberapa kecamatan di Pulau Buton diantaranya Enreke sebesar ton, Lawele sebesar 210 juta ton, Siantopina dan Ulala sebesar 220 Kabungka sebesar 60 juta ton dan Banabungi.





Gambar 1. Lokasi deposit Asbuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara

Eksplorasi besar-besaran yang telah dilakukan oleh Alberta Research Council di daerah Lawele (Supriyadi S., Alberta Research Council, 1989 dalam buku 1, pemanfaatan Asbuton Dirjen Bina Marga, 2006) pada sejumlah 132 titik pengeboran diperoleh hasil dengan ekspektasi bahwa ketebalan Asbuton yang terdapat di daerah Lawele berkisar antara 9 meter sampai 45 meter atau ketebalan rata-rata yang ada yaitu sebesar 29,88 meter dengan tebal tanah penutup pada daerah Lawele tersebut yang berkisar antara 0 meter sampai 17 meter atau rata-rata tebal tanah penutup yaitu sebesar 3,47 meter dengan luas daerah pengaruh Asbuton daerah Pulau Buton secara keseluruhan khususnya pada daerah sebesar 1.527.343,5 m².



Kurniadji, 1993 dan banyak peneliti-peneliti lainnya telah meneliti mengenai Asbuton yang dimuat dalam jurnal Puslitbang Jalan dan Jembatan Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2006. Permasalahan Asbuton memang sangat kompleks dan menantang banyak peneliti untuk melakukan penelitian tentang pemanfaatan Asbuton ini mengingat Asbuton sangat melimpah dengan deposit penambangan sekitar 300 juta tahun.

Beberapa peneliti telah menyepakati bahwa Asbuton memiliki kinerja yang baik dan mampu mensubstitusi penggunaan aspal minyak serta mampu meningkatkan kinerja campuran beraspal seperti campuran laston lapis aus, laston lapis antara, lataston lapis aus, lataston lapis antara, aspal porus dan bahkan dapat digunakan sebagai bahan penstabilisasi tanah lunak. Tabel 1 memperlihatkan perkiraan deposit Aspal Buton (Asbuton) dari 7 lokasi di pulau Buton diantaranya Batuawu, Mempenga, Langunturu, Kabukubuku, Wangkaburu, Siantopina dan Ulala serta Tabel 2 dan Tabel 3 masing-masing memperlihatkan tipikal sifat-sifat fisik bitumen Aspal Buton (Asbuton) diantaranya penetrasi, titik lembek, titik nyala, kadar aspal, penurunan berat, kelarutan dalam C_2HCl_3 , daktilitas dan viskositas yang dikeluarkan oleh Alberta Research Council, (1989) dalam Suaryana, 2008 dan sifat-sifat fisik bitumen Asbuton yang dikeluarkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan

erian Pekerjaan Umum tahun 2006. Sifat-sifat fisik bitumen Asbuton



yang telah disebutkan diharapkan dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal.

Tabel 1. Perkiraan deposit Asbuton (Kurniadji, 1993)

No.	Lokasi	Luas (m ²)	Tebal (m)	Kadar Aspal (%)	Deposit (Juta Ton)
1	Batuawu	550.000	76,1	20 – 40	60,69
2	Mempenga	280.000	72	20 – 30	29,232
3	Langunturu	420.000	61	20 – 25	37,149
4	Kabukubuku	570.000	50	20 – 35	41,325
5	Wangkaburu	460.000	62,8	20 – 35	41,888
6	Siantopina	5.000.000	25	Belum	181,25
7	Ulala	1.500.000	21,65	Belum	47,089

Tabel 2. Tipikal sifat-sifat fisik bitumen Asbuton (Suaryana, 2008)

Lokasi	Penetrasi (dmm, 25°C)	Titik Lembek (°C)	Viskositas (135°C, poises)
1. Lawele - I2	75	48	4.0
2. Lawele - G7	150	42	2.8
3. Lawele - E – 13	120	45	4.1
4. Lawele - G17	160	40	3.1
5. Kabungka	22	63	5.1

Terlihat perbedaan yang sangat menonjol yang terjadi pada sifat-sifat

bitumen Asbuton antara Asbuton padat dari Kabungka dan Asbuton dari Lawele setelah dilakukan beberapa jenis pengujian yaitu pada



pengujian kadar aspal, pengujian penetrasi pada 25°C, 100 gr, 5 detik, 0.1 mm, pengujian titik lembek, pengujian daktilitas, pengujian kelarutan dalam C₂HCl₃, pengujian titik nyala baik sebelum TFOT maupun setelah TFOT dan pengujian berat jenis.

Tabel 3. Sifat-sifat fisik bitumen Asbuton (Pusjatan Kementerian PU, 2006)

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
Kadar Aspal, %	20	30,08
Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik, 0.1 mm	4	36
Titik Lembek, °C	101	59
Daktilitas, 25°C, 5 cm/menit, cm	<140	>140
Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃ , %	-	99,6
Titik Nyala, °C	-	198
Berat Jenis	1.046	1,037
Penurunan Berat (TFOT), 163°C, 5 jam	-	0,31
Penetrasi Setelah TFOT, % asli	-	94
Titik Lembek setelah TFOT, °C	-	62
Daktilitas setelah TFOT, cm	-	>140

Tabel 4 memperlihatkan perbandingan sifat-sifat kimia bitumen Aspal (Asbuton) antara Asbuton padat dari daerah Kabungka dan Asbuton dari daerah Lawele yang dikeluarkan oleh Pusjatan Kementerian



Pekerjaan Umum tahun 2006, dimana parameter yang paling menonjol adalah parameter maltene dan kandungan asphaltene pada Asbuton padat dari daerah Kabungka parameter maltene sebesar 1,5 sedangkan pada Asbuton padat dari daerah Lawele sebesar 2,06 serta kandungan asphaltene pada Asbuton padat dari daerah Kabungka dan Asbuton padat dari daerah Lawele masing-masing sebesar 39,45% dan 46,92%.

Mengingat asphaltene dan maltene merupakan senyawa utama penyusun dari aspal sehingga hal ini merupakan suatu hal yang sangat penting dalam susunan senyawa pada aspal khususnya aspal Buton. Tabel 5 menunjukkan perbandingan komposisi kimia mineral Asbuton antara Asbuton padat dari daerah Kabungka dan Asbuton padat dari daerah Lawele yang dikeluarkan oleh Pusjatan Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2006,

Tabel 4. Sifat-sifat kimia bitumen Asbuton (Pusjatan Kementerian PU, 2006)

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton Padat dari Lawele
Nitrogen (N), %	29,04	30,08
Acidafins (A1), %	9,33	6,6
Acidafins (A2), %	12,98	8,43
Parafin (P), %	11,23	8,86
Parameter Maltene	1,5	2,06
n/Parafin, N/P	2,41	3,28
Kandungan Asphaltene, %	39,45	46,92



Tabel 5. Komposisi kimia mineral Asbuton (Pusjatan Kementerian PU, 2006)

Senyawa	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton Padat dari Lawele
CaCO ₃	86,66	72,9
MgCO ₃	1,43	1,28
CaS	1,11	1,94
H ₂ O	0,36	0,52
SiO ₂	0,99	2,94
Al ₂ O ₃	5,64	17,06
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

Komposisi kimia mineral yang paling menonjol perbedaannya antara Asbuton padat dari daerah Kabungka dan dari daerah Lawele adalah pada senyawa Al₂O₃ masing-masing sebesar 5.64 dan 17.06. Tabel 6 memperlihatkan jenis-jenis pengujian dan persyaratan Asbuton butir berbagai tipe seperti tipe 5/20, 15/20, 15/25 dan 20/25 yang dikeluarkan oleh Pusjatan Kementerian PU tahun 2006. Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa sifat-sifat Asbuton butir telah diatur dengan jelas mengenai persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi seperti kadar bitumen Asbuton, ukuran butir yang lolos ayakan no. 4, lolos ayakan no. 8 dan lolos ayakan no. 18, kadar air dan

si Asbuton pada 25°C. Selain itu, pengujian Asbuton didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI).



Tabel 6. Jenis pengujian dan persyaratan Asbuton butir (Pusjatan Kementerian PU, 2006)

Sifat-sifat Asbuton	Metode Pengujian	Tipe			
		5/20	15/20	15/25	20/25
Kadar bitumen Asbuton, %	SNI 03-3640-1990	18-22	18-22	23-27	23-27
Ukuran Butir					
1. Lolos Ayakan No. 4 (4.75)	SNI 03-1968-1990	100	100	100	100
2. Lolos Ayakan No. 8 (2.36)	SNI 03-1968-1990	100	100	100	Min. 95
3. Lolos Ayakan No. 16 (1.18)	SNI 03-1968-1990	Min. 95	Min. 95	Min. 95	Min. 75
Kadar Air, %	SNI 06-2490-1991	Maks. 2	Maks. 2	Maks. 2	Maks.2
Penetrasi aspal Asbuton pada 25°C	SNI 06-2456-1991	≤10	10-18	10-18	19-22

Keterangan :

- a. Asbuton butir Tipe 5/20 : Kelas penetrasi 5 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
- b. Asbuton butir Tipe 15/20 : Kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 20 %.
- c. Asbuton butir Tipe 15/25 : Kelas penetrasi 15 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.
- d. Asbuton butir Tipe 20/25 : Kelas penetrasi 20 (0,1 mm) dan kelas kadar bitumen 25 %.



C. Bahan Tambah Dalam Campuran Beraspal

Menurut Syarief dkk dalam Nurminah (2002), plastik dibagi atas dua jenis berdasarkan sifat fisiknya, yaitu :

(a) *Thermoplast*, merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang atau dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat khusus yaitu jika dipanaskan akan melunak, jika didinginkan akan mengeras, mudah untuk diregangkan, fleksibel, titik leleh rendah, dapat dibentuk ulang atau di daur ulang, dan mudah larut dalam pelarut yang sesuai dengan kecocokan jenis plastik ini. Contoh plastik yang termasuk dalam jenis termoplastik adalah :

- (1) **Polyethylene (PE)**, yang terdiri dari PET (*Polyethylene Terephthalate*) dengan berat jenis yaitu sebesar 1,34-1,39; HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan berat jenis yaitu sebesar 0,96-0,97; dan LDPE (*Low Density Polyethylene*).
- (2) **Polyvinilklorida (PVC)** dengan berat jenis 1,37–1,39.
- (3) **Polipropena (PP)**.
- (4) **Polistirena (PS)** dengan berat jenis 1,04-1,09.
- (5) **Polycarbonate (Other)** dengan berat jenis 1,2.

(b) *Thermosetting*, merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekul yang ada pada jenis plastik ini. Sifat polimer thermosetting yaitu

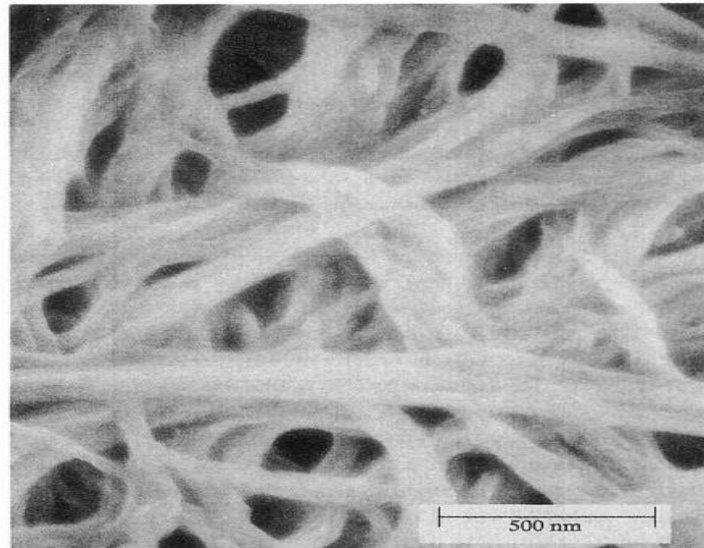


keras dan kaku (tidak fleksibel) sehingga jika dipanaskan jenis plastik ini akan mengeras, tidak dapat dibentuk ulang atau sukar didaur ulang, tidak dapat larut dalam pelarut apapun, jika dipanaskan akan meleleh, tahan terhadap asam basa, dan mempunyai ikatan silang antar rantai molekul yang ada pada jenis plasti ini. Contoh plastik dengan jenis *thermosetting* adalah terdiri dari asbak, *fittig* lampu listrik, *steker* listrik, peralatan fotografi, dan radio. Oleh karena itu, jenis plastik ini harus diberikan perlakuan yang khusus pada saat ingin di daur ulang dan dimanfaatkan kembali.

Botol plastik yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang merupakan salah satu dari jenis *polyethylene*, yaitu polimer yang terdiri dari rantai panjang monomer etilena (IUPAC : etena). Struktur molekul etena yang terbentuk pada struktur C_2H_4 adalah $-(CH_2-CH_2)_n$. Dua kelompok CH_2 bersatu dengan ikatan ganda yang terjadi sehingga menjadikan struktur yang terjadi semakin kompleks. Polietilena dibentuk melalui proses polimerisasi dari etena. Polietilena umumnya bisa dilarutkan pada temperatur yang cukup tinggi dalam senyawa hidrokarbon aromatik (Wikipedia, 2016 b). Gambar 2 memperlihatkan permukaan tipis *polyethylene* hasil pengujian SEM

ng *Electron Machine*) yang dikutip dari hasil penelitian yang telah n oleh Israil dkk., 2012.





Gambar 2. Permukaan tipis *polyethylene* (Israil dkk., 2012)

Plastik jenis LDPE merupakan plastik tipe cokelat yang dibuat dari minyak bumi. Sifat mekanis jenis plastik LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi, dan permukaan agak berlemak. Pada suhu 60⁰C sangat resisten terhadap senyawa kimia. Selain itu, plastik jenis ini mudah diproses, mudah larut dalam campuran, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, serta memiliki berat jenis 0,91–0,94 gr/cm³. LDPE termasuk jenis polietilen dengan kerapatan rendah yang diproduksi melalui polimerisasi radikal bebas pada suhu tinggi (200⁰C) dan tekanan yang tinggi, serta mempunyai titik leleh 115⁰ C (Sunarya, 2011).

Adapun yang termasuk plastik jenis LDPE, yaitu botol plastik, mainan, bahan

ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik,

lain.



a. Plastik dan campuran aspal

Menurut Suroso (2009), ada dua teknik (metode) pencampuran plastik ke dalam campuran aspal, yaitu :

- a. Cara basah, (*wet process*), yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, *mixer* kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.
- b. Cara kering (*dry process*), yaitu suatu cara dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini bisa lebih mudah dibandingkan cara basah, hanya dengan memasukkan plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*). Namun, untuk cara ini harus diperhatikan kehomogenan dan keseragaman kadar plastik yang dimasukkan atau dicampurkan.

Dalam penelitian ini menggunakan cara kering untuk menambahkan plastik ke dalam campuran beton aspal. Dari segi ekonomi, cara kering

lebih murah karena waktu pencampuran lebih cepat, tidak membutuhkan peralatan lain untuk mencampur, lebih mudah ditangani dari pada cara



basah (Suroso, 2009), dapat meningkatkan sifat pengikatan agregat pada campuran, mengurangi degradasi di jalan, serta mengurangi penggunaan kadar aspal pada campuran (Mir, 2015).

Adapun, persentase plastik yang ditambahkan dalam campuran tidak boleh melebihi 17% (Dallas dalam Suroso, 2009) karena akan membuat karakteristiknya jauh dari disyaratkan. Selain itu, menurut Moghaddam *et al* (2013) kepadatan dan kekakuan campuran akan meningkat jika hanya ditambahkan sedikit persentase plastik (0,2-1% dari berat agregat). Semakin besar kepadatan suatu campuran, maka akan semakin banyak jumlah siklus pembebanan yang dapat ditahan oleh beton aspal (Widodo dan Setiyaningsih, 2013). Hal tersebut dapat meningkatkan umur kelelahan campuran.

D. Asbuton Modifikasi (Retona)

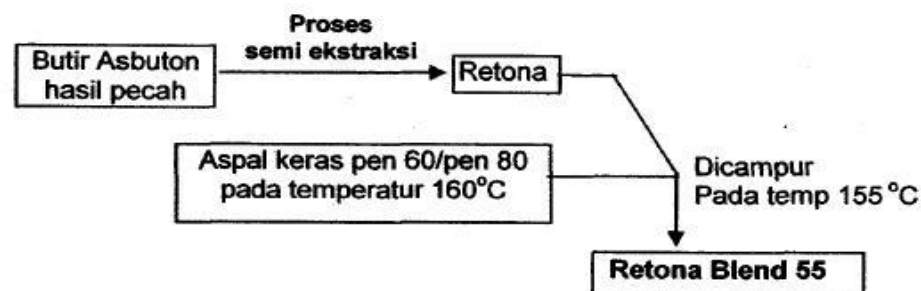
Refinery Buton Asphalt (Retona) adalah Asbuton dari daerah Kabungka atau Asbuton dari daerah Lawele yang telah dikurangi jumlah mineral di dalamnya (dengan cara semi ekstraksi menggunakan bahan kimia) dan dicampur dengan aspal minyak. Selanjutnya, siap untuk dicairkan di dalam tangki aspal AMP (*Asphalt Mixing Plant*) dengan atau tanpa tambahan aspal minyak lagi untuk dipompa ke dalam *pugmill* yang berisi agregat

(Suroso, 2015). Aspal Buton dengan tipe Retona Blend 55 merupakan campuran Asbuton Buton dengan aspal minyak yang diolah menjadi satu



menggunakan alat dengan spesifikasi berupa bitumen minimal 90% dan mineral maksimal 10% dan diharapkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga.

Pada penelitian ini menggunakan jenis aspal alam mutu tinggi (*Retona Blend 55*) yang didapat dari PT. Olah Bumi Mandiri-Jakarta. Retona merupakan gabungan antara Asbuton butir yang telah diekstraksi sebagian dengan aspal keras dengan penetrasi 60 atau penetrasi 80 yang pembuatannya dilakukan secara fabrikasi dengan proses seperti diperlihatkan pada bagan alir pada Gambar 3.



Gambar 3. Alur proses pembuatan Asbuton modifikasi *Blend 55* secara fabrikasi

Penggunaan *Retona* ini diharapkan dapat mengatasi kelemahan aspal penetrasi 60/70 tersebut khususnya dalam titik lembek. Asbuton modifikasi

tersebut dihasilkan melalui proses penyulingan dan ekstraksi Asbuton yang dilakukan melalui proses fabrikasi. Proses tidak mengeluarkan semua komponen dari Asbuton, tetapi hanya mempertahankan *Refinery Buton Asphalt*



(Retona). Asbuton modifikasi tersebut dieksplorasi oleh PT. Olah Bumi Mandiri yang diproduksi di Jakarta, Indonesia. Asbuton modifikasi ini merupakan bahan *additif* (tambahan) campuran aspal minyak, guna mempertinggi kualitas titik leleh. Dalam penelitian ini jenis Retona yang digunakan adalah *Retona Blend 55* yang dapat langsung dipakai seperti aspal biasa (aspal minyak) pada umumnya. *Retona Blend 55* adalah campuran antara aspal minyak penetrasi 60 atau penetrasi 80 dengan Asbuton hasil olahan semi ekstraksi (*refinery buton asphalt*) melalui proses fabrikasi.

Keunggulan yang dimiliki aspal Buton tipe retona blend 55 yaitu :

1. Meningkatkan kestabilan, ketahanan *fatigue* dan keretakan akibat temperatur.
2. Kekuatan adhesi dan kohesi yang tinggi karena mengandung nitrogen base sebesar 5,6 ($\pm 400\%$).
3. Usia pelayanan lebih lama (minimal 2 kali).
4. Material asing telah dihilangkan dalam proses pembuatannya yang dilakukan secara fabrikasi.
5. Stabilitas dinamis naik hingga 400% (rata-rata di atas 3000 lintasan/menit dari sebelumnya).

Gambar 7 memperlihatkan persyaratan aspal dimodifikasi dengan aspal



Tabel 7. Persyaratan aspal dimodifikasi dengan aspal alam

Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
Penetrasi (25°C, 5 detik, 0.1mm)	40-55
Titik Lembek	Min. 55
Titik Nyala	Min. 225
Daktilitas (25°C)	Min. 50
Berat Jenis (25°C)	Min. 1.0
Kelarutan dalam <i>Tricholor Etyhylen</i> ; % berat	Min. 90
Penurunan Berat (dengan TFOT); % berat	Maks. 2
Penetrasi setelah kehilangan berat; % asli	Min. 55
Daktilitas setelah TFOT; % asli	Min. 50
Mineral lolos saringan no. 100; %	Min. 90

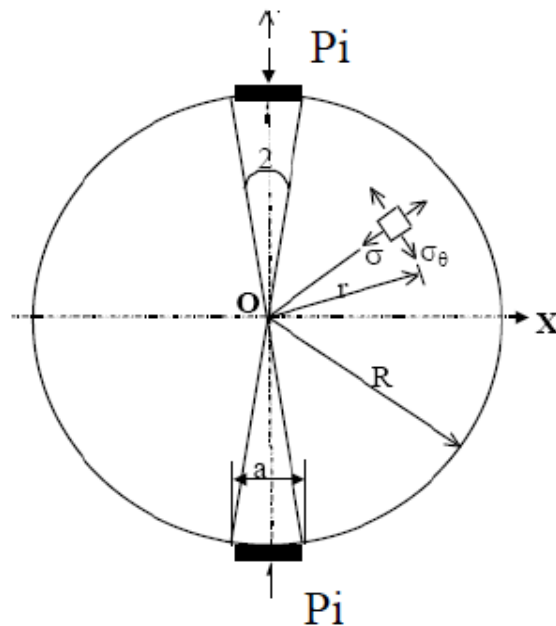
E. Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*)

ASTM telah mengeluarkan pedoman dalam melakukan pengujian ITS dengan kode ASTM D6931-12. Pengujian kuat tarik tidak langsung (ITS) dimaksudkan untuk menentukan karakteristik kuat tarik dari aspal beton yang dapat dijadikan sebagai indikator dalam melakukan kajian terhadap retak (*cracking*) yang terjadi pada lapis perkerasan. Benda uji akan ditekan dengan

makan beban strip yang diletakkan pada permukaan lingkaran benda uji. Sampai benda uji mengalami kegagalan (terbelah). Nilai kuat tarik tidak



langsung (ITS) merupakan fungsi dari beban, diameter dan ketebalan benda uji, untuk benda uji berbentuk lingkaran penuh seperti Gambar 4. Nilai ITS lingkaran penuh diperlihatkan dalam persamaan 1.



Gambar 4. Diagram pembeban uji ITS

$$ITS = \frac{2P_{max}}{\pi t d} \quad (1)$$

Dimana :

ITS = Tegangan tarik dipusat benda uji (kN)

P_{max} = Beban maksimum (kN)

t = Ketebalan benda uji (mm)

d = Diameter benda uji (mm)



Nilai ITS untuk benda uji setengah lingkaran merupakan fungsi dari beban, diameter dan tebal benda yang ditulis dalam persamaan 2.

$$\sigma_h = \frac{4.8 P_{max}}{td} \quad (2)$$

Dimana :

σ_h = Tegangan tarik dipusat benda uji (MPa)

t = ketebalan sampel (mm)

d = diameter benda uji (mm)

F. Pengujian Stabilitas Marshall

Li *et al* (1999) telah melakukan pengujian campuran aspal dengan metode Marshall dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari campuran aspal panas, dimaksudkan untuk mendapatkan stabilitas dan *flow* dibaca langsung dengan dial. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh *Bruce Marshall* dari *Misisipi State Highway Department* sekitar tahun 1940-an. Selain mendapatkan nilai stabilitas dan *flow* akan didapatkan pula nilai VIM, VMA, *density* campuran aspal dan marshall quotient. Dalam penelitian *elastic modulus* campuran aspal beton, design campuran aspal yang digunakan melibatkan metode Marshall.

Gul *et al* (2014) mengatakan bahwa karakteristik deformasi permanen

campuran aspal dapat dipelajari dengan menggunakan benda uji silinder
 an yang dapat dibuat baik dari superpave atau perangkat pemadat



marshall, terlepas dari metode campuran aspal desain dan jenis agregat. Sedangkan Xiang *et al* (2008) mengatakan untuk mengevaluasi karakteristik retak pada campuran aspal digunakan metode Marshall dalam mendesain campuran aspal.

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

a. Stabilitas (*Stability*)

Kemampuan menahan beban dengan deformasi yang kecil diperlihatkan dengan nilai stabilitas yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Affandi, (2006) menunjukkan bahwa dengan menggunakan asbuton murni pada campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas campuran aspal. Sedangkan penelitian oleh Hermadi, (2006) mengatakan bahwa bertambahnya mineral Asbuton dalam campuran aspal memberi dampak pada rendahnya densiti campuran aspal sebab berat jenis mineral Asbuton yang lebih rendah.

Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Affandi pada tahun 2006 memperlihatkan bahwa stabilitas campuran aspal AC WC yang mengandung

murni yaitu sebesar 1230 kg. Kurniadji, (2006) juga mengemukakan penggunaan Asbuton tipe 20/25 pada campuran aspal beton yaitu



menghasilkan stabilitas campuran yaitu sebesar 1310 kg. Terlihat bahwa Asbuton memiliki nilai stabilitas yang cukup tinggi.

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.

Telah dilakukan penelitian oleh Affandi dan Kurniadji (2006) yang mengatakan bahwa nilai flow campuran aspal AC WC yang murni menggunakan aspal buton murni sebesar 3,7 mm dan 3,3 mm pada campuran aspal beton menggunakan Asbuton butir tipe 20/25.

3. Void In The Mix (VIM)

Dikatakan oleh Hermadi dkk (2008) nilai VIM yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal lebih porous sehingga aspal kurang awet dan stabilitas rendah. Nilai VIM dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya persentase agregat kasar, filler maupun persentase bitumen dalam

...n. Bentuk fisik material juga sangat berpengaruh seperti kubikal atau



Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniadji, 2006, diketahui nilai VIM campuran aspal yang menggunakan asbuton butir tipe 20/25 sebesar 4,5%.

$$VIM (\%) = V - \left\{ \left(\frac{KA \times 100}{L} \right) + \left(\frac{100 + AR + KA}{G} \right) \right\} \quad (3)$$

A_R = Kadar residu dalam campuran (%)

G = BJ Bulk - berat benda uji (gr)

L = Berat benda uji setelah oven (gr)

K_A = Kadar air (%)

4. Void In Mineral Aggregate

Penelitian yang dilakukan oleh Tayfur *et al* (2007) dikatakan bahwa rongga diantara mineral agregat (VMA) merupakan parameter yang menentukan dalam campuran aspal, semakin kecil nilai VIM maka semakin kaku campuran campuran aspal.

Suaryana (2008) mengatakan bahwa nilai VMA sebesar 20.29% pada campuran aspal AC menggunakan asbuton type 5/20. Hermadi, 2008 mendapatkan nilai VMA 19,2% pada campuran aspal AC WC menggunakan Asbuton Lawele.

$$) = \left\{ \left(\frac{100 + AR + KA}{G} - \frac{100}{CS} \right) + \left(\frac{100 + AR + KA}{G} \right) \right\} \times 100 \quad (4)$$



A_R = Kadar residu dalam campuran (%)

C_S = Berat jenis semu

G = BJ Bulk - berat benda uji (gr)

K_A = Kadar air (%)

5. Marshall Quotient

Dikatakan oleh Ahmedzade *et al* (2008) bahwa *Marshall quotient* (MQ) adalah sebagai karakteristik harga modulusdaya 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.

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 *Marshall Quotient* yang tinggi lebih tahan terhadap retak akibat deformasi permanen.

Menurut Hermadi (2008), nilai *Marshall Quotient* campuran aspal AC

gunakan asbuton Lawele sebesar 260 kg/mm. Menurut (Affandi,



2008), nilai *Marshall Quotient* campuran aspal yang menggunakan Asbuton murni sebesar 347 kg/mm.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (5)$$

Dimana :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Stabilitas (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

G. Stui Empirik Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dibutuhkan untuk mengetahui variabel-variabel penelitian yang akan dilaksanakan dengan variabel-variabel penelitian yang telah dilakukan oleh orang lain. Selain itu, penting juga untuk mengetahui hasil penelitian yang telah dilakukan oleh orang lain dan tentunya untuk membandingkan hasil penelitian yang dihasilkan nantinya.

1. Abdul Gaus, Tjaronge M.W, Nur Ali dan Rudy Djamaluddin (2015).

Compressive Strength of Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)

Mixture Using Buton Granular Asphalt (BGA). Penelitian ini bertujuan

untuk mengevaluasi hubungan tegangan-regangan campuran aspal

yang menggunakan bahan pengganti Buton Granular Aspal (BGA)

sebagai parsial untuk aspal minyak pada campuran AC-BC. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa penerapan BGA sebagai aspal minyak



pengganti sebagian dalam campuran AC-BC meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas dibandingkan dengan campuran AC-BC tanpa BGA. Tidak ada perbedaan yang signifikan dalam rasio Poisson untuk semua campuran diamati.

2. **Budiamin, Tjaronge M.W, Sumarni Hamid Aly dan Rudy Djamaluddin (2015).** *Stress-Strain of Hotmix Cold Laid Containing Buton Granular Asphat (BGA) with Modifier Oil Base and Modifier Water Base as Wearing Course.* Studi ini memberikan informasi mengenai pola tegangan-regangan dan kekuatan tekan hotmix dingin diletakkan mengandung BGA dan Modifier Oil Base dan Modifier Water Base di penyimpanan dan pemadatan waktu 4 jam, 3 hari dan 7 hari. Makalah ini menunjukkan bahwa campuran yang terbuat dari BGA dengan Modifier Oil Base dan Modifier Water Base dapat dipadatkan pada suhu 27 °C dan 50 °C.
3. **Israil, M.W. Tjaronge, Nur Ali, Rudy Djamaluddin, (2016).** *Experimental Study on Stability of Emulsion Asphalt Mixture Made With Extracted Bitumen of Buton Natural Rock Asphalt (EB-BRA).* Tujuan penelitian untuk mempelajari stabilitas campuran aspal emulsi yang mengandung EB-BRA. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa penerapan aspal emulsi yang dibuat dengan EB-BRA dalam produksi beton aspal penggunaan

campuran yang memenuhi stabilitas yang tepat. Selanjutnya,



meningkatnya waktu pemeraman meningkatkan stabilitas dan penurunan flow dalam campuran aspal emulsi.

4. Kemas Ahmad Zamhari, Madi Hermadi dan Mohamed H. Ali, (2014).

Comparing the Performance of Granular and Extracted Binder from Buton Rock Asphalt. Penelitian ini membandingkan kinerja beton aspal dengan dua metode yang berbeda. Metode pertama memanaskan dan menghancurkan batu ke aspal granular, sedangkan metode kedua mengekstrak aspal dari batu untuk menghasilkan aspal BRA murni. Aspal minyak digunakan sebagai kontrol. Sifat reologi aspal BRA murni, campuran aspal minyak bumi, dan aspal BRA murni/i ditentukan. Sifat-sifat pengikat ini digunakan untuk mengukur kontribusi pengikat dalam melawan deformasi permanen dan kelelahan retak. Aspal biasa ditambahkan ke dalam campuran BRA granular untuk mencapai kadar aspal optimum. Ditemukan bahwa pengikat BRA menghasilkan campuran dengan modulus kekakuan dan tingkat deformasi permanen yang lebih baik, dibandingkan dengan campuran aspal minyak. Campuran dengan persentase yang lebih tinggi dari BRA granular menghasilkan kinerja yang lebih baik jika dibandingkan dengan campuran aspal BRA murni.

5. Meng Guo, Yiqiu Tan dan Shuiwen Zhou, (2015). *Multiscale Test*

Research on Interfacial Adhesion Property of Cold Mix Asphalt. Penelitian bertujuan untuk mempelajari sifat adhesi dan kohesi antara aspal



dingin dengan permukaan agregat berupa adanya aditif yaitu kapur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi kering, adhesi antara kapur dan aspal adalah nilai maksimum sementara dalam kondisi basah menjadi minimum. Kegagalan adhesi terjadi dalam kondisi lembab sedangkan kegagalan kohesi terjadi dalam kondisi kering.

6. Mohamad Rizal, Tjaronge M. W., Nur Ali, Taslim Bahar, (2016).

Influence of Laboratory Short Term Aging on Tensile Strength of Porous Asphalt Mixture Containing Buton Granular Asphalt (BGA). Tujuan studi ini untuk mempelajari pengaruh penuaan jangka pendek pada penelitian laboratorium terhadap hubungan tegangan-regangan dari campuran beton aspal porus menggunakan Buton Granular asphalt (BGA) pengganti sebagian parsial untuk aspal minyak. Tes percobaan menunjukkan bahwa penerapan BGA sebagai aspal minyak pengganti sebagian dalam campuran aspal porus dapat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastis dibandingkan dengan campuran aspal porus tanpa BGA.

7. Muhammad Karamia dan Hamid Nikraza, (2015). *Using Advanced*

Materials of Granular BRA Modifier Binder to Improve the Flexural Fatigue Performance of Asphalt Mixtures. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja kelelahan untuk campuran aspal

dimodifikasi dan BRA dimodifikasi, difokuskan pada analisis dengan menggunakan pendekatan rasio kekakuan fenomenologis dan



energi.aspal Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa butiran BRA pengubah pengikat adalah bermanfaat dalam peningkatan umur kelelahan campuran aspal. Hasil juga menunjukkan bahwa BRA yang dimodifikasi campuran aspal menunjukkan perilaku yang lebih elastis.

8. Peilong Li, Zhan Ding, Li Xia Mac, dan Zhen Gang Feng, (2016).

Analysis of Viscous Flow Properties of Asphalt in Aging Process. Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh penuaan pada sifat flow aspal dari pandangan termodinamika dan reologi. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik flow aspal berkaitan erat dengan perilaku suhu rendah dan struktur koloid. Perubahan struktur molekul aspal setelah penuaan menyebabkan peningkatan flow dan fleksibilitas, yang merupakan reaksi perubahan kinerja aspal.

9. Ruixia Li, Pravat Karki, Peiwen Hao, dan Amit Bhasin (2015).

Rheological and Low Temperature Properties of Asphalt Composites Containing Rock Asphalts. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi dampak potensial dari pada kinerja komposit aspal dari jenis aspal batuan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan aspal batuan meningkatkan kekakuan dan sedikit mengurangi potensi fleksibilitas pada suhu rendah. Perbandingan sifat sebelum dan sesudah

aan jangka panjang juga mengungkapkan tingkat yang sedikit lebih



rendah dari penuaan untuk campuran dimodifikasi dengan aspal batuan dibandingkan dengan campuran aspal murni.

10. Yongjoo Kim dan Hosin David Lee (2011), *Performance Evaluation of Cold In-place Recycling Mixtures Using Emulsified Asphalt Based on Dynamic Modulus, Flow Number, Flow Time, and Raveling Loss.* Mengevaluasi kinerja Campuran asfalt dingin pada perkerasan daur ulang. Membandingkan kinerja campuran yang menggunakan aspal emulsi CSS-1h (kationik emulsi pengaturan lambat) dan HFMS-2P, dimaka kinerja asfalt emulsi CSS-1h mempunyai kinerja lebih tinggi dibanding HFMS - 2P (dimodifikasi dengan polimer).

