

TUGAS AKHIR

KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN ASPAL BERONGGA YANG MENGANDUNG ASBUTON MODIFIKASI DAN LIMBAH PLASTIK

INDIRECT TENSILE STRENGTH OF POROUS ASPHALT MIXTURE CONTAINING MODIFIED ASBUTON AND PLASTIC WASTE

A. MOHAMMAD HABIBI ZAIFULLAH

D111 15 317



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2019**





**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☒ <http://civil.unhas.ac.id> ☒ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN ASPAL BERONGGA YANG
MENGANDUNG ASBUTON MODIFIKASI DAN LIMBAH PLASTIK**

Disusun oleh

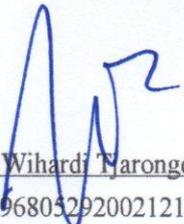
A. MOHAMMAD HABIBI ZAIFULLAH

D111 15 317

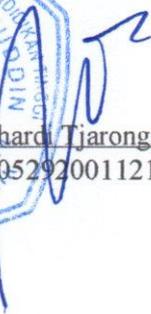
Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002


Ir. Dantje Runtulalo, MT
NIP: 195705301989031001

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Sipil

Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292001121002



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Aspal Berongga yang Mengandung Asbuton Modifikasi dan Limbah Plastik**”, sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk dan perhatian dari dosen pembimbing. Maka dalam kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. **Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, dan **Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.** selaku ketua dan sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. **Bapak Ir. Dantje Runtulalo M.T.**, selaku dosen pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan kepada saya.
5. **Bapak Prof. Dr. Eng. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng.**, dan **Ibu Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku Kepala dan Sekertaris Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.



h dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
uddin.

7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf dan asisten Laboratorium Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ibunda **Sry Ramadhany Suzanty** dan ayahanda **Agus Rizal A. Y P** atas doa, kasih sayang, pengorbanan dan segala dukungan baik spritiual maupun material yang telah diberikan selama ini.
2. Adik tercinta **A. Mohammad Hasbi Zahrullah, Qien Qien Qabila, dan Dea Amalia** atas kekonyolan ,doa-doa, dan kasih sayangnya yang tak terhingga.
3. **La One S.T., M.T., Miswar Tumpu ,S.T., M.T., Heryanto Kacco, S.T., Hanif S.T., Muhammad Aswin Bahar, Nadhila Faraswati** yang telah banyak membantu dan memberi masukan selama proses penelitian.
4. Bapak **Didik Suryamiharja S. Mabui, S.T, M.T** selaku rekan dalam penelitian.
5. Teman-teman **PATRON 2016**, mahasiswa Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 2015** yang telah memberikan warna tersendiri.
6. Teman-teman di laboratorium riset Eco Material, **Friets, Fathul dan Gilbert** yang telah membantu penulis pada saat penelitian.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, April 2019

Penulis

iv



**KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN ASPAL BERONGGA
YANG MENGANDUNG ASBUTON MODIFIKASI DAN LIMBAH
PLASTIK**

Mahasiswa

A. MOHAMMAD HABIBI ZAIFULLAH

Mahasiswa S1 Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 7 Bontomarannu, 92172, Gowa, Sulawesi Selatan

Pembimbing I

**Prof. Dr. Eng. Muh. Wihardi
Tjaronge, S.T., M.Eng.**

Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 7 Bontomarannu,
92172, Gowa, Sulawesi Selatan

Pembimbing II

Ir. Dantje Runtulalo, M.T.

Staf Pengajar Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 7 Bontomarannu,
92172, Gowa, Sulawesi Selatan

ABSTRAK : Campuran aspal berongga (*Porous Asphalt*) yaitu campuran aspal yang menggunakan gradasi terbuka (*Open Graded*) yang berfungsi sebagai drainase sehingga air hujan tidak tertampung dipermukaan jalan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh asbuton modifikasi dan limbah plastik terhadap nilai kuat tarik tidak langsung campuran aspal berongga beserta nilai *toughness*-nya. Pada penelitian ini digunakan benda uji aspal berongga dengan dimensi diameter 10 cm dan tinggi 8 cm. Diperoleh kadar aspal optimum 6% dengan menggunakan asbuton modifikasi sebagai bahan pengikat. Benda uji dibuat dalam 4 variasi yaitu 0% plastik, 0.5% plastik, 1.0% plastik, 1.5% plastik masing-masing 3 benda uji. Penelitian ini menggunakan limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephlate*) dan berbasis eksperimental di laboratorium, dimana jenis gradasi campuran aspal berongga mengacu pada spesifikasi *Road Engineering Association of Malaysia* (2008). Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai kuat tarik tidak langsung untuk tiap-tiap kadar plastik adalah 0.13 Mpa, 0.18 Mpa, 0.25 Mpa, 0.31 Mpa. Adapun untuk nilai *toughness* diperoleh sebesar 1295.14 J/m³, 1829.51 J/m³, 2527.01 J/m³, 3120.64 J/m³. Terjadi peningkatan nilai kuat tarik tidak langsung dan juga nilai *toughness* akibat penambahan limbah plastik yang menunjukkan bahwa limbah plastik jenis PET ini dapat menyatu sebagai bahan polimer dan bitumen petroleum serta bitumen ekstraksi asbuton sehingga dapat menambah kekuatan ikatan bahan-bahan pengikat sampai dengan kadar plastik 1,5%.

Kata Kunci : Limbah Plastik, Asbuton Modifikasi, Aspal Berongga, Kuat Tarik Tidak Langsung



ABSTRACT

Porous Asphalt mixture is an asphalt mixture that uses open graded which has a functions as a drainage so that rainwater will not be on the road surface. The purpose of this study was to analyze the effect of modified asbuton and plastic waste on the indirect tensile strength value and the toughness value of a mixture of porous asphalt. In this study we used porous asphalt specimens with dimensions of 10 cm in diameter and 8 cm in height. The optimum asphalt content of 6% was obtained by using modified asbuton as a binder. The specimens were made in 4 variations: 0% plastic, 0.5% plastic, 1.0% plastic, 1.5% plastic each with 3 specimens. This study uses PET (Polyethylene Terephlate) as plastic waste and laboratory experimental-based, where the gradation of porous asphalt mixture refers to the specifications of the Road Engineering Association of Malaysia (2008). The results of this study found that the value of indirect tensile strength for each plastic content was 0.13 Mpa, 0.18 Mpa, 0.25 Mpa, 0.31 Mpa. As for the value of toughness obtained at 1295.14 J/m³, 1829.51 J/m³, 2527.01 J/m³, 3120.64 J/m³. There is an increase in the indirect tensile strength value and also the toughness value due to the addition of plastic waste which showed that this type of PET plastic waste could be fused as polymeric materials and petroleum bitumen and asbuton extraction bitumen so that it can increase the bonding of binder strength up to 1.5% plastic content.

Kata Kunci : Plastic Waste, Modified Asbuton, Porous Asphalt, Indirect Tensile Strength



DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Plastik	6
2.1.1 Jenis Jenis Plastik	6
2.1.2 Sifat Plastik PET	8
2.1.3 Plastik dan Campuran Aspal	10
2.2 Agregat	10
2.3 Aspal	13
2.3.1 Aspal Minyak	14
2.3.2 Aspal Buton	14
2.4 Asbuton Modifikasi (Retona)	16
2.4.1 Retona Blend 55	17
2.4.2 BNA Blend	19
Aspal Berongga	21
Kuat Tarik Tidak Langsung (<i>Indirect Tensile Test</i>)	24
2.6.1 Rengangan	26



2.6.2	<i>Toughness</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN		
3.1	Bagan Alir Penelitian	30
3.2	Waktu Penelitian	31
3.3	Jenis Penelitian dan Sumber Daya	31
3.4	Pengambilan Material Penelitian	31
3.5	Pemeriksaan Karakteristik Material	32
3.5.1	Pemeriksaan Karakteristik Agregat	32
3.5.2	Pemeriksaan Karakteristik Asbuton Modifikasi (Retona Blend 55)	32
3.6	Mix Design Campuran Aspal Berongga	33
3.7	Pembuatan Benda Uji	34
3.8	Pengujian Karakteristik Campuran Aspal Berongga	35
3.8.1	Pengujian Cantabro	35
3.8.2	Porositas	35
3.8.3	Pengujian Binder Drain Down	36
3.8.4	Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS)	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Karakteristik Material	38
4.1.1	Karakteristik Agregat	38
4.1.2	Karakteristik Asbuton Modifikasi	39
4.1.3	Penentuan Gradasi Campuran	40
4.2	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Berdasarkan Metode REAM 2008	42
4.2.1	Hubungan Kadar Asbuton Modifikasi dengan <i>Cantabro</i>	43
4.2.2	Hubungan Kadar Asbuton Modifikasi dengan <i>Binder Drain Down</i>	45
4.2.3	Hubungan Kadar Asbuton Modifikasi dengan Porositas	46



4.2.4	Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum Menggunakan Asbuton Modifikasi Sebagai Bahan Pengikat Campuran Aspal Berongga	47
4.2.5	Penentuan Komposisi Variasi Kadar PET Berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO)	48
4.3	Karakteristik Aspal Berongga	48
4.3.1	Porositas	48
4.3.2	Hasil Pengujian Cantabro	49
4.4	Hasil Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS) Aspal Berongga	50
4.4.1	Hubungan ITS-Regangan Aspal Berongga	52
4.4.2	Nilai <i>Toughness</i> Aspal Berongga	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Jenis Plastik yang Termasuk Kategori <i>Thermoplastic</i>	8
Tabel 2.2. Persyaratan Aspal Dimodifikasi dengan Aspal Alam.....	17
Tabel 2.3. Batas Gradasi Campuran Agregat	23
Tabel 2.4. Ketentuan Campuran Aspal Berongga.....	24
Tabel 3.1. Metode Pengujian Karakteristik Agregat	32
Tabel 3.2. Metode Pengujian Karakteristik Aspal Buton Modifikasi	32
Tabel 3.3. Jumlah Benda Uji Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	33
Tabel 3.4. Jumlah Benda Uji (dalam kondisi KAO)	34
Tabel 3.5. Gradasi Aspal Berongga REAM 2008 Malaysia	34
Tabel 4.1. Karakteristik Agregat Kasar	38
Tabel 4.2. Karakteristik Abu Batu.....	38
Tabel 4.3. Karakteristik Filler	39
Tabel 4.4. Karakteristik Asbuton Modifikasi	40
Tabel 4.5. Gradasi Agregat Gabungan	40
Tabel 4.6. Komposisi Campuran Untuk Tiap Variasi Kadar Aspal	42
Tabel 4.7. Karakteristik Campuran Aspal Berongga	43
Tabel 4.8. Analisis Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Asbuton Modifikasi	47
Tabel 4.9. Komposisi Campuran Untuk Tiap Variasi Kadar PET.....	48
Tabel 4.10. Hasil Uji Kuat Tarik Tidak Langsung-Regangan Horizontal	50
Tabel 4.11. Hasil Uji Kuat Tarik Tidak Langsung-Regangan Vertikal	51
Tabel 4.12. Hasil Analisis Nilai <i>Toughness</i>	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Permukaan Tipis <i>Polyethylene</i>	9
Gambar 2.2.	Contoh Botol Plastik Jenis PET	9
Gambar 2.3.	Jenis Jenis Gradasi Agregat	12
Gambar 2.4.	Lokasi Deposit Asbuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara	15
Gambar 2.5.	Peta Lokasi Deposit Asbuton	16
Gambar 2.6.	Alur Proses Pembuatan Asbuton Modifikasi Blend 55 Secara Fabrikasi	18
Gambar 2.7.	Perkerasan Jalan dengan Struktur Aspal Berongga	22
Gambar 2.8.	Sketsa Pengujian <i>Indirect Tensile Test</i>	24
Gambar 2.9.	Benda Uji Setelah Diberi Beban Tekan	25
Gambar 2.10.	Diagram Pembebanan Uji ITS	26
Gambar 2.11.	Skematik Regangan pada Benda Uji Pengujian <i>Indirec Tensile Strength (ITS)</i>	28
Gambar 2.12.	Diagram Tegangan-Regangan	29
Gambar 3.1 .	Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 4.1.	Gradasi Agregat Gabungan	41
Gambar 4.2.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Cantabro	44
Gambar 4.3.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap <i>Binder Drain Down</i>	45
Gambar 4.4.	Hubungan Kandungan Kadar Asbuton Modifikasi Terhadap Porositas	46
Gambar 4.5.	Hubungan Porositas Terhadap Campuran Aspal dengan PET	49
Gambar 4.6.	Hubungan Cantabro Terhadap Campuran Aspal dengan PET	49
Gambar 4.7.	Grafik Perbandingan nilai ITS tiap Kadar PET	52
Gambar 4.8.	Grafik Hubungan ITS-Regangan Horizontal Benda Uji dengan PET 0%	53
Gambar 4.9.	Grafik Hubungan ITS-Regangan Horizontal Benda Uji dengan PET 0,5%	53



Gambar 4.10. Grafik Hubungan ITS-Regangan Horizontal Benda Uji dengan PET 1,0%	54
Gambar 4.11. Grafik Hubungan ITS-Regangan Horizontal Benda Uji dengan PET 1,5%	54
Gambar 4.12. Grafik Hubungan ITS-Regangan Vertikal Benda Uji dengan PET 0%	55
Gambar 4.13. Grafik Hubungan ITS-Regangan Vertikal Benda Uji dengan PET 0,5%	55
Gambar 4.14. Grafik Hubungan ITS-Regangan Vertikal Benda Uji dengan PET 1,0%	56
Gambar 4.15. Grafik Hubungan ITS-Regangan Vertikal Benda Uji dengan PET 1,5%	56
Gambar 4.16. Grafik Perbandingan Nilai <i>Toughness</i> Tiap Kadar PET	57



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik ialah suatu jenis polimer yang tidak mampu untuk terurai, dikatakan demikian karena membutuhkan waktu yang sangat lama untuk terurai kembali ke bumi, mungkin ratusan atau bahkan ribuan tahun lamanya. Karena hal tersebut limbah plastik telah menjadi momok yang sangat menakutkan, bagi negara-negara maju seperti Inggris, Amerika dan Jepang, terlebih lagi bagi negara-negara berkembang.

Menurut *Indonesia Solid Waste Association* (2013), Indonesia merupakan negara yang menduduki peringkat kedua terbesar yang menghasilkan limbah plastik sebesar 5,4 juta ton per tahun dan menempati peringkat kedua di dunia sebagai penghasil limbah plastik kelaut setelah Tiongkok. Kategori limbah plastik terbesar berasal dari kemasan botol minuman. Limbah plastik ini termasuk jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*), dimana jenis plastik ini bersifat *thermoplast* yaitu dapat dibentuk kembali dengan proses pemanasan sehingga dapat dicetak berulang kali (mudah didaur ulang), dan memiliki densitas antara 1,34-1,39 gr/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).

Indonesia memiliki aspal alam yang dikenal sebagai Asbuton (Aspal alam Buton), karena lokasi depositnya berada di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton merupakan material hydrocarbon yang terdeposit secara alami. Kandungan bitumen Asbuton bervariasi dari 10 hingga 40%, selebihnya merupakan mineral. Deposit Asbuton cukup besar sekitar 600 juta ton (Affandi, 2006). Deposit Asbuton diperkirakan setara dengan 24 juta aspal minyak (G...

(G... a, 2008).

...ena deposit asbuton sangat melimpah, maka dapat menjadi alternatif ...i aspal minyak. Pengembangan teknologi aspal Buton ini terus



dilakukan, melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 35/PRT/M/2006 tentang Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton untuk Pemeliharaan dan Pembangunan Jalan meyakinkan bahwa pemanfaatan Asbuton cukup layak secara teknis, ekonomi dan dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan jalan setelah melalui pengujian di laboratorium dan lapangan. Asbuton modifikasi (retona) merupakan campuran antara aspal alam Buton dengan aspal minyak yang kemudian diolah menjadi satu dengan menggunakan alat dengan spesifikasi yang memenuhi persyaratan aspal Buton modifikasi. Asbuton modifikasi ini memiliki, kestabilan, ketahanan, stabilitas, *workability*, dan usia pelayanan yang lebih baik dibanding dengan jenis aspal lainnya.

Berbagai penelitian telah dilakukan tentang pemanfaatan limbah plastik dalam campuran aspal, baik itu di dalam maupun luar negeri. Vasudevan et al. (2006) melaporkan bahwa plastik dimodifikasi aspal meningkatkan kualitas jalan, mampu melapisi agregat dengan plastik dengan proses kering (*dry process*) dan memberikan kekuatan yang lebih baik daripada dengan proses basah (*wet process*). Shankar dkk (2013) menambahkan limbah plastik yang telah diparut kedalam campuran aspal gradasi senjang dengan cara kering dan didapatkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penambahan plastik.. Rajput & Yadav (2016) melakukan penelitian limbah plastik pada campuran aspal dan diperoleh nilai stabilitas *Marshall* maksimum ketika 12% limbah plastik dimasukkan ke campuran.

Di Indonesia sendiri, Israil dkk (2012) meneliti pengaruh penambahan serpihan plastik terhadap karakteristik campuran aspal beton dan diperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan pada karakteristik *Marshall* terutama stabilitas.

Dalam perkerasan jalan dapat ditemui masalah yang sering terjadi seperti terjadinya penurunan kekuatan campuran perkerasan aspal. Seiring bertambahnya

tu lintas yang diterima oleh perkerasan mengakibatkan masa layannya kurang. Beban tarik dan tekan merupakan dua pembebanan yang dialami s perkerasan jalan. Pada kondisi lapangan, keretakan pada perkerasan



diawali dengan retaknya bagian bawah lapis perkerasan kemudian naik menjalar ke permukaan yang disebabkan oleh beban tarik. Untuk mengetahui beban tarik yang terjadi dapat menggunakan metode uji kuat tarik tidak langsung atau *Indirect Tensile Strength Test*.

Berdasarkan dari penelitian terdahulu di atas ,dapat diketahui bahwa dengan adanya pemanfaatan limbah plastik ke dalam campuran aspal akan menaikkan karakteristik campuran dan dapat menjadi salah satu solusi dari permasalahan limbah plastik. Dari latar belakang inilah penulis membuat penelitian ini dengan judul :

“Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Aspal Berongga yang Mengandung Asbuton Modifikasi dan Limbah Plastik”

1.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang penelitian ini, yaitu mendorong penggunaan Asbuton pada perkerasan porous.

Dari permasalahan tersebut, maka diambil rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh asbuton modifikasi dan PET terhadap nilai kuat tarik tidak langsung campuran aspal berongga.
2. Bagaimana pengaruh asbuton modifikasi dan PET terhadap nilai *toughness* campuran aspal berongga.

1.3. Tujuan Penelitian

Terkait dengan latar belakang dan rumusan permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk menganalisis pengaruh asbuton modifikasi dan PET terhadap nilai kuat tarik tidak langsung campuran aspal berongga.

Untuk menganalisis pengaruh asbuton modifikasi dan PET terhadap nilai *toughness* campuran aspal berongga.



1.4. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimental murni di laboratorium.
2. Aturan mengenai aspal porous yang digunakan adalah *Road Engineering Association of Malaysia* (2008), dengan ketentuan sebagai berikut:
 - Menggunakan gradasi terbuka (*Open graded*)
 - Jumlah tumbukan sebanyak 50 kali pada masing-masing sisi
 - Nilai porositas/ *Void in Mix* berada pada interval 18-25%
 - Nilai Binder Drain Down berada di bawah 0,3%
 - Nilai abrasi tidak lebih dari 15%

Aturan ini digunakan dengan pertimbangan bahwa di Indonesia belum ada aturan khusus mengenai kriteria-kriteria perencanaan aspal berongga, serta melihat kondisi iklim dan kondisi geografis Malaysia sendiri tidak berbeda jauh dari Indonesia.

3. Kadar plastik PET yang digunakan yaitu 0%, 0.5%, 1.0%, dan 1.5%.

1.5. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran. Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan hal-hal mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang berisi tentang gambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang dibahas dalam bab-bab berikutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan penelitian.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai tahapan, persiapan alat dan bahan, cara penelitian serta uraian tentang pelaksanaan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian yang menyajikan data penelitian dan membahas analisis dari data tersebut, untuk mencapai hasil dari penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian yang disertai dengan saran-saran yang diusulkan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Plastik

Plastik adalah suatu polimer (material sintetis 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 penggunaannya 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).

2.1.1 Jenis Jenis Plastik

Menurut Crawford (1998) plastik dibagi atas dua jenis berdasarkan sifat fisiknya, yaitu :

1. *Thermoplast*, merupakan jenis plastik yang struktur kimianya berupa untaian massa yang didistribusi secara acak. Ketika material ini dipanaskan gaya antar molekul melemah sehingga ia menjadi lunak dan fleksibel, pada suhu tinggi ia akan meleleh. Kemudian ketika material ini dibiarkan dingin, ia akan kembali mengeras. Siklus ini dapat diulang terus menerus yang menjadikan material ini bisa didaur-ulang atau dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang.

Contoh plastik yang termasuk dalam jenis termoplastik adalah :

- 1) *Polyvinilklorida (PVC)* dengan berat jenis 1,37–1,39.
- 2) *Polipropena (PP)*.
- 3) *Polistirena (PS)* dengan berat jenis 1,04-1,09.
- 4) *Polycarbonate (Other)* dengan berat jenis 1,2.
- 5) *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. *Thermosetting*, merupakan jenis plastik yang memiliki dua tahap reaksi kimia. Tahap pertama yaitu pembentukan molekul yang mirip dengan yang ada di *thermoplastic*, tetapi masih mampu bereaksi lebih lanjut. Tahap kedua yaitu *cross linking chain* yang berlangsung pada saat pencetakan. Hasil dari cetakan akan mengeras ketika dingin, namun dalam reaksi kedua rantai molekul saling mengikat dengan ikatan yang kuat sehingga material ini tidak bisa dilunakkan kembali apabila dipanaskan yang membuat material ini cukup kaku dan tidak peka terhadap panas. Kebalikan dari *thermoplastic* pemanasan berulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekul yang ada pada jenis plastik ini. Contoh plastik dengan jenis *thermosetting* adalah terdiri dari asbak, *fitting*, *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.

Jenis plastik yang seharusnya digunakan dalam penelitian-penelitian yang memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan tambah dalam campuran beraspal adalah limbah plastik yang dapat digunakan kembali dan dapat di daur ulang yang ditandai dengan ketika dipanaskan akan mencair dan tidak mengeras. Selain itu, tidak merusak lingkungan ketika diaplikasikan pada level lapangan.

Polimer atau plastik jenis ini banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari sehingga dapat dengan mudah digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beraspal. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, disebutkan bahwa plastik dapat memperbaiki dan bahkan meningkatkan kinerja dari campuran beraspal. Oleh karena itu, telah dipertimbangkan selain dari sisi perbaikan kinerja pada campuran beraspal, penggunaan plastik juga dapat digunakan sebagai material yang berbasis ramah lingkungan. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang jenis-jenis plastik yang dikategorikan sebagai *thermoplastic*, Disajikan Tabel 2.1 yang memperlihatkan jenis-jenis plastik termasuk kategori *thermoplastic*.



Tabel 2.1. Jenis Jenis Plastik yang Termasuk Kategori *Thermoplastic*

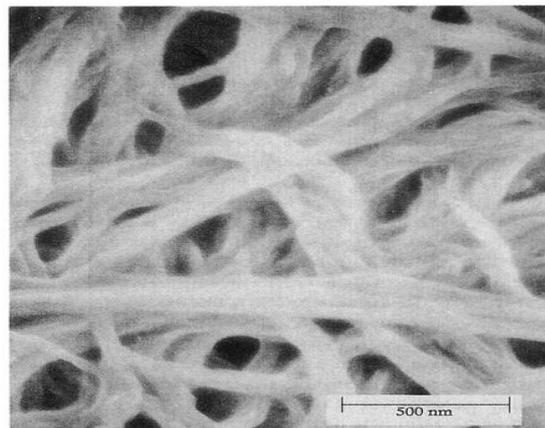
Simbol Daur Ulang	Jenis Plastik	Sifat-sifat	Aplikasi kemasan
	Polietylen Tereftalat (PET, PETE)	Bening, kuat, tangguh non permeabel (gas dan uap air)	Soft drink, botol air-salad keju kacang
	High Density Polietylen	Kaku, kuat, tangguh, tahan lembab,	Susu, jus buah, kantong belanja
	Polivinil Klorida (PVC)	Tangguh, kuat, mudah dicampur	Botol jus, pipa air bungkus plastik
	Low Density Polietylen (LDPE)	Mudah diproses, kuat tangguh, fleksibel, mudah disegel, tahan lembab	Kantong makanan beku, botol remas (kecap, saus, madu), bungkus plastik
	Polipropilen (PP)	Kuat, tangguh, tahan panas, minyak bahan kimia, tahan lembab	Peralatan dapur, peralatan microwave, wadah yoghurt, piring dan mangkuk sekali pakai
	Polistiren (PS)	Mudah dibentuk dan diproses	Karton telur, styrofoam, mangkuk sekali pakai
	Plastik lain (Polikarbonat atau ABS)	Tergantung dari jenis polimernya	Botol minuman, botol susu bayi, barang-barang elektronik

2.1.2 Sifat Plastik PET

Plastik yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) yakni botol plastik PET yang ditandai dengan angka satu yang merupakan salah satu dari jenis *polyethylene*, yaitu polimer yang terdiri dari rantai panjang monomer etilena (IUPAC : etena). Struktur molekul etena C_2H_4 adalah $(---CH_2---CH_2---)_n$ dua grup CH_2 bersatu dengan ikatan ganda. Rantai ini dibentuk melalui proses polimerisasi dari etena.



Polietilena umumnya bisa dilarutkan pada temperatur yang tinggi dalam hidrokarbon aromatik (Wikipedia, 2016 b). Gambar 2.1 memperlihatkan permukaan tipis *polyethylene*.



Gambar 2.1. Permukaan tipis *polyethylene* (Israil,2012)

Sifat mekanis jenis plastik PET adalah antara lain jernih, kuat, tahan pelarut, kedap air dan gas, serta mudah lunak jika berada pada suhu 80 derajat Celcius. Selain itu, plastik jenis ini mudah diproses, mudah larut dalam campuran, dan memiliki daya proteksi terhadap uap air yang baik, serta memiliki berat jenis 1,34-1,39 gr/cm³. Contoh botol plastik yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Contoh botol plastik jenis PET



2.1.3 Plastik dan Campuran Aspal

Menurut Suroso (2004), ada dua teknik (metode) pencampuran plastik ke dalam campuran aspal, yaitu :

- 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.
- 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.

2.2. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat menurut ASTM ialah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen – fragmen. (Sukirman,2007).

Agregat pada campuran beraspal dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu *et. al., 1999*):



- Agregat kasar, berupa batu pecah (dengan mesin), batu belah (*slag*) atau kerikil, yang secara substansial tertahan pada saringan nomor 3,35 mm BS (saringan nomor 4 ASTM). Bahan ini memberikan daya pengunci utama (*interlocking*) dari suatu struktur,
- Agregat halus, berupa batu pecah (dengan mesin), *slag*, atau pasir yang secara substansial lolos pada saringan nomor 3,35 mm BS (saringan nomor 4 ASTM). Bahan ini dapat mengisi rongga antar agregat kasar dan memberikan tekstur permukaan,
- *Filler*, berupa batu pecah (dengan mesin), *slag*, atau debu batu, minimal 75% lolos saringan nomor 75 mm BS (saringan nomor 200 ASTM). Bahan ini cukup membantu dalam mengisi rongga yang berukuran kecil, meningkatkan viskositas *binder* dan dapat mengurangi kemungkinan terlepasnya *binder* dari agregat.

Pada umumnya, agregat mempunyai kekuatan mekanik untuk pembuatan jalan, demikian pula pada lapis permukaan yang akan langsung menahan beban lalu lintas, tetapi bagian ini makin lama menjadi aus karena beban lalu lintas yang tinggi, yang menyebabkan permukaan menjadi licin dan tidak sesuai/ layak lagi untuk dilalui kendaraan. (Wignal, *et. al.*, 1999).

Bentuk butir, tekstur, gradasi, ketahanan dan kebersihan agregat, berat jenis, absorpsi dan daya lekat aspal perlu diperhatikan jika ingin digunakan sebagai bahan perkerasan, karena agregat menjadi salah satu faktor penentu daya dukung suatu perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas yang diterima. Oleh karenanya, agregat harus melalui pemeriksaan karakteristik di laboratorium sebelum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Kombinasi dari berbagai ukuran agregat (gradasi) juga menjadi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai permeabilitas, porositas dan juga stabilitas perkerasan.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas beberapa macam, yaitu gradasi *open graded* dan gradasi rapat (*dense graded*). (Ferguson, 2005).

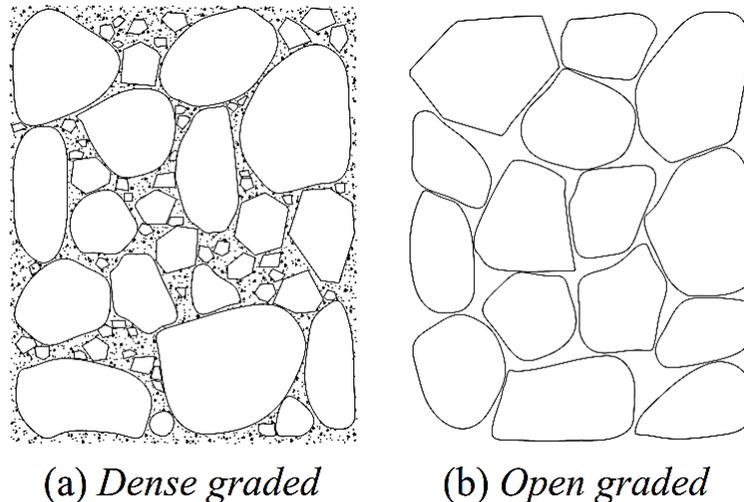


- Gradasi terbuka (*open graded*)

Stabilitas campuran bergradasi terbuka berasal dari sifat saling mengunci antarpartikel agregat yang berukuran sama, terutama pada bagian permukaan agregat yang datar. Sifat-sifat dari gradasi jenis ini yaitu terdapat pori di antara partikel, sangat permeabel, dan berdrainase baik. Campuran bergradasi terbuka dapat bersifat non-plastik dan tidak rentan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh partikel uap air

- Gradasi rapat (*dense graded*)

Pada campuran dengan gradasi rapat, terdapat partikel besar yang saling mengunci satu sama lain, sementara partikel halus mengisi rongga di antara partikel berukuran besar. Sifat dari gradasi jenis ini yaitu dapat menghasilkan campuran yang sangat padat, sedikit permeabel dan sangat stabil, namun rentan terhadap partikel uap air karena tingkat kelembaban pada pori-porinya relatif kecil. Gambar di bawah ini menunjukkan perbedaan gradasi terbuka (b) dan gradasi rapat (a).



Gambar 2.3. Jenis-jenis gradasi agregat

Sumber: *Porous Pavement* (Bruce K. Ferguson, 2005)



2.3. Aspal

Aspal dikenal sebagai suatu bahan/material yang bersifat viskos atau padat, berwarna hitam atau coklat, yang mempunyai daya lekat (*adhesive*), mengandung bagian-bagian utama yaitu hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi atau kejadian alami (aspal alam) dan terlarut dalam karbondisulfida. (Wignal, *et. al.*, 1999).

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori – pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik. Selain itu aspal juga harus mampu memberikan sifat fleksibel pada campuran, membuat permukaan jalan menjadi kedap air serta pada saat dilaksanakannya mempunyai tingkat kekentalan tertentu. Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas:

- Aspal minyak, yaitu aspal yang merupakan residu pengilangan minyak.
- Aspal alam, yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat dipergunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh dari gunung-gunung atupun danau.
- Aspal modifikasi, yaitu aspal yang 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*.

2.3.1. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah jenis aspal yang diperoleh dari minyak bumi. Proses penyulingan minyak ini dilakukan hingga suhu 350°C di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi ringan seperti *gasoline*, *kerosene*, dan *gas oil*. (Wignal, *et. al.*, 1999).

Aspal minyak dapat dibedakan atas (Atkins, 2003):

- Aspal keras/ panas (*asphalt cement*, AC), merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang).
- Aspal dingin/ cair (*cut back asphalt*), merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin.
- Aspal emulsi (*emulsion asphalt*), merupakan aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi. Aspal emulsi dapat digunakan dalam keadaan dingin ataupun panas. Aspal emulsi serta aspal cair biasanya digunakan pada proses pencampuran dingin (*cold mix*) atau pada proses penyemprotan dingin.

2.3.2. Aspal Buton

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.

butuhan aspal bangsa Indonesia diproyeksi mencapai angka 1,2 juta ton hanya mampu disediakan oleh PT. Pertamina 600 ribu ton, sehingga lainnya adalah separuhnya yaitu sebesar 600 ribu ton (Suaryana, 2008).



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* (Departemen Pekerjaan Umum, 2006). Diperkirakan deposit Asbuton sekitar 60.991.554,38 ton atau setara dengan 24.352.833,07 barel minyak. (Suaryana, 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.



ambar 2.4. Lokasi deposit Abuton di Pulau Buton Sulawesi Tenggara



Gambar 2.4 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 kecamatan Enreke sebesar 170 juta ton, kecamatan Lawele sebesar 210 juta ton, kecamatan Siantopina dan kecamatan Ulala sebesar 220 juta ton, kecamatan Kabungka sebesar 60 juta ton dan kecamatan Banabungi, seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Peta lokasi deposit Asbuton

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. Selain itu telah banyak hasil penelitian yang menyatakan bahwa dengan penggunaan aspal Buton sebagai bahan substitusi secara parsial aspal minyak selain dapat memanfaatkan kekayaan alam Indonesia juga mampu meningkatkan nilai stabilitas dan dapat memperbaiki kinerja campuran beraspal.

2.4. Asbuton Modifikasi (Retona)

Aspal yang dimodifikasi sebagai campuran aspal panas haruslah jenis aspal yang mengandung elastomerik latex atau sintesis dan memenuhi ketentuan spesifikasi yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3/P/M/2007 tentang Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 3/P/M/2007 tentang Spesifikasi Aspal Hot Mix dan Campuran Aspal yang Dimodifikasi. Aspal modifikasi memiliki kelebihan dalam mengatasi



deformasi plastis pada suhu/temperatur rendah. Beberapa contoh Asbuton modifikasi yang ada digunakan adalah Retona dan BNA blend. Tabel 2.2 memperlihatkan persyaratan aspal yang dimodifikasi dengan aspal alam.

Tabel 2.2. Persyaratan Aspal Dimodifikasi Dengan Aspal Alam

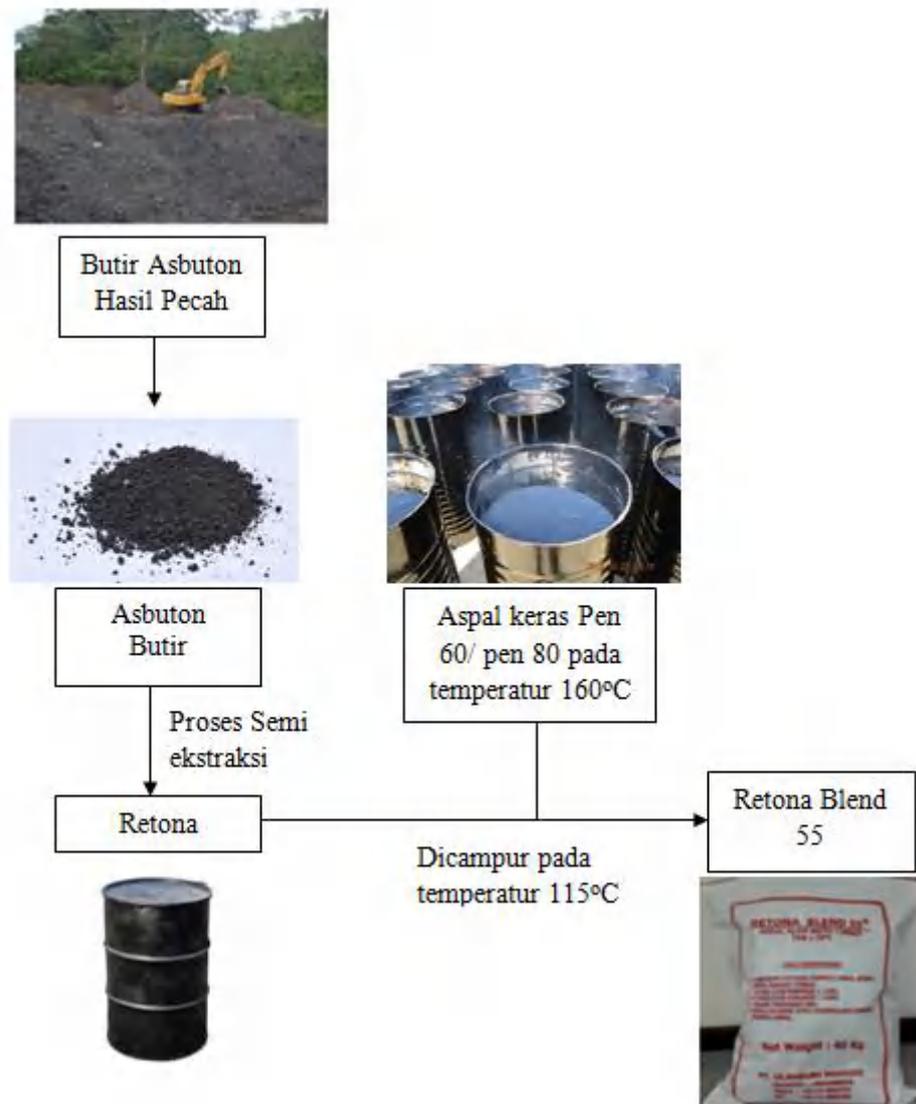
Jenis Pemeriksaan	Persyaratan
Penetrasi (25°C, 5 detik, 0.1mm)	40-55
Titik Lembek	Min. 55
Titik Nyala	Min. 225
Daktilitas (25°C)	Min. 50
Berat Jenis (25°C)	Min. 1.0
Kelarutan Dalam <i>Tricholor Etyhlyen</i> ; % Berat	Min. 90
Penurunan Berat (dengan TFOT); % Berat	Maks. 2
Penetrasi Setelah Kehilangan Berat; % Asli	Min. 55
Daktilitas Setelah TFOT; % Asli	Min. 50
Mineral Lolos Saringan No. 100; %	Min. 90

2.4.1. Retona Blend 55

Refinery Buton asphalt (retona) adalah Asbuton Kabungka atau 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 dengan atau tanpa tambahan aspal minyak lagi untuk dipompa ke dalam *pugmill* yang berisi agregat (Soehartono, 2015). Asbuton Tipe Retona Blend 55 merupakan aspal alam buton dengan aspal minyak yang diolah menjadi satu menggunakan alat dengan spesifikasi berupa minimal 90% dan mineral maksimal 10%.



Pada penelitian ini kami 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 pen 60 atau pen 80 yang pembuatannya dilakukan secara fabrikasi dengan proses seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Alur proses pembuatan Asbuton modifikasi Blend 55 secara fabrikasi

Penggunaan Retona diharapkan dapat mengatasi kelemahan aspal penetrasi 60/70 tersebut. Asbuton Modifikasi dikembangkan melalui proses penyulingan dan ekstraksi Asbuton. Proses tidak mengeluarkan semua mineral dari Asbuton, tetapi hanya mempertahankan *Refinery Buton Asphalt* (Retona). Asbuton Modifikasi ini merupakan bahan *additif* (tambahan) campuran aspal minyak, guna mempertinggi kualitas titik lembek.

Dalam penelitian ini jenis Retona yang digunakan adalah *Retona Blend 55* yang dapat langsung dipakai seperti aspal biasa. *Retona Blend 55* adalah campuran antara aspal minyak penetrasi 60 atau penetrasi 80 dengan Asbuton hasil olahan semi ekstraksi (*refinery buton asphalt*). Keunggulan yang dimiliki aspal buton tipe retona blend 55 yaitu :

- Meningkatkan kestabilan, ketahanan *fatigue* dan keretakan akibat temperatur.
- Kekuatan adhesi dan kohesi yang tinggi karena, nitrogen base 5.6 (\pm 400%).
- Usia pelayanan lebih lama (minimal 2 kali).
- Material asing telah dihilangkan dalam proses.
- Langsung dipakai seperti aspal biasa.
- Mutu sangat tinggi.
- Stabilitas Marshall > 1300.
- Stabilitas dinamis > 3000.
- Tahan terhadap air.
- Stabilitas dinamis naik hingga 400% (rata-rata di atas 3000 lintasan/menit).

2.4.2. BNA Blend

BNA blend (*Buton Natural Asphalt*) adalah produk aspal modifikasi yang dari pencampuran aspal buton yang diproses dengan metode semi dan aspal minyak dengan komposisi tertentu. Asbuton Modifikasi



tersebut dieksplorasi oleh PT. Performa Alam Lestari yang diproduksi di Jakarta. BNA blend memiliki beberapa keunggulan.

- Adhesifitas Tinggi / Ketahanan Terhadap Air

Kehadiran air selalu berpengaruh buruk terhadap perkerasan jalan aspal. Water stripping akan memperlemah ikatan aspal-agregat, yang berakibat pada timbulnya raveling, pot hole dan pelemahan struktur. Uji Boiling test (ASTM 3625) menunjukkan bahwa Aspal BNA BLEND mempunyai ketahanan terhadap water stripping yang sangat tinggi sehingga berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas jaringan jalan.

- Stiffness Modulus Tinggi

Uji DSR (Dynamic Shear Rheometer) menunjukkan bahwa modulus Aspal 1 kPa dicapai pada suhu 72oC. Hal ini menunjukkan bahwa dalam klasifikasi PG Grading BNA BLEND masuk pada kategori Aspal PG-70, dua grade di atas Aspal Minyak Pen 60/70 pada umumnya. Konfirmasi tingginya modulus Aspal BNA BLEND juga ditunjukkan oleh hasil uji wheel tracking yang jauh lebih tinggi dibandingkan Aspal Minyak. Dengan stabilitas dinamis yang tinggi tersebut BNA BLEND cocok diaplikasikan pada jalan-jalan berlalu lintas padat dan berat.

- Softening Point Tinggi

Softening Point BNA BLEND adalah 55oC, lebih tinggi dari Aspal Standar sehingga dapat diaplikasi problema-problema yang berhubungan dengan temperatur tinggi seperti Bleeding, Rutting & Shouving.

- Tahan retak

Percobaan penghamparan Hot Mix BNA BLEND pada jalan yang retak menunjukkan bahwa setelah 3,5 tahun tidak terjadi Reflective Cracking dan atau Pot Hole.



- Workable

Proses aplikasi BNA BLEND sejak pencampuran dan pematatannya semudah aplikasi Aspal Minyak.

- Ekonomis & Long Life

Menjadikan BNA BLEND sebagai produk yang ekonomis karena memiliki ketahanan terhadap kerusakan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Aspal Minyak dan Asbuton lain.

2.5. Aspal Berongga

Aspal berongga adalah campuran aspal yang sedang dikembangkan untuk konstruksi *wearing course*. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan diatas lapisan aspal kedap air, Campuran didominasi oleh agregat kasar, untuk mendapatkan pori yang cukup tinggi agar didapat permeabilitas aspal berongga yang tinggi, dimana permeabilitas difungsikan untuk *subsurface drain*. (Tjaronge, 2013). Aspal berongga pada awalnya dikenal sebagai *Open Graded Friction Courses (OGFC)* yang digunakan sejak tahun 1950 di USA yang bertujuan untuk mendapatkan lapis permukaan yang lebih kesat. Perkerasan *OGFC* ini memiliki rongga dalam campuran yang lebih besar, sehingga dapat memindahkan air dari perkerasan melalui lapisan aspal.

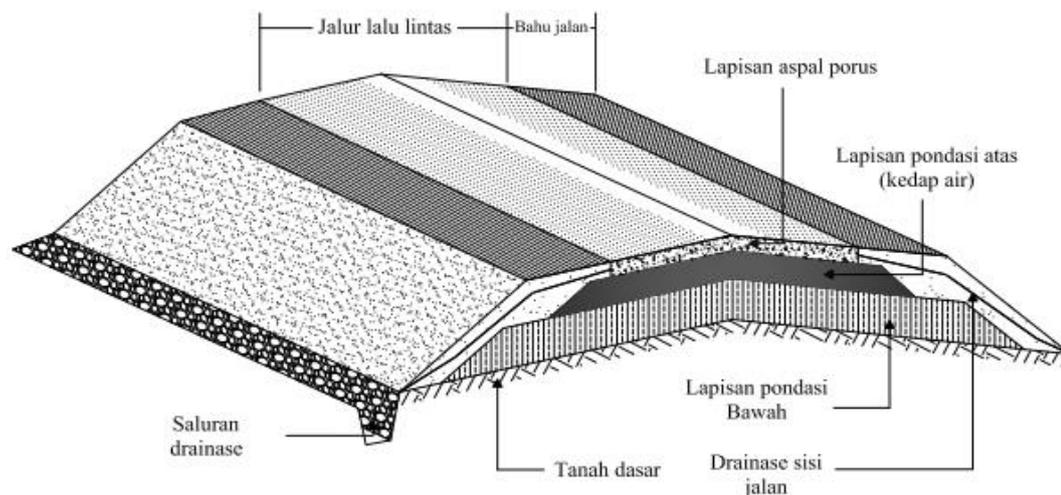
Aspal berongga merupakan campuran beraspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain. Menurut *Road Engineering Association of Malaysia* (2008), aspal berongga memiliki ketentuan nilai porositas 18-25%.

Aspal berongga memiliki sifat yang dapat mengalirkan air dan berfungsi sebagai drainase sehingga air hujan tidak tertampung dipermukaan yang dapat menyebabkan *aquaplaning* yang membahayakan jiwa pengguna jalan. Disamping

berongga menggunakan sebagian besar material dari agregat kasar, yaitu 85%, yang menyebabkan permukaannya kasar dan memiliki *skid* yang tinggi sehingga membuat kendaraan tidak mudah *slip* serta



dengan besarnya rongga yang ada didalamnya menyebabkan aspal berongga dapat menyerap kebisingan yang ada oleh adanya gesekan antara ban kendaraan dengan permukaan jalan. (Ali, et. al., 2011).



Gambar 2.7. Perkerasan jalan dengan struktur aspal berongga

Penggunaan aspal berongga sebagai lapis perkerasan jalan perlu dipertimbangkan secara matang karena aspal berongga memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu (Ali, et. al., 2011):

- Kelebihan penggunaan aspal berongga
 - Dapat mengurangi *aquaplaning* pada permukaan aspal akibat tingginya kadar pori dalam aspal berongga.
 - Permukaan aspal berongga kasar dan kesat karena didominasi oleh agregat kasar sehingga permukaannya memiliki *skid resistance* tinggi yang dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas.
 - Terjadi untaian pori yang membentuk saluran drainase yang mampu meresapkan air pada arah vertikal dan horizontal sehingga air tidak mempengaruhi lapisan *subbase* dan *subgrade*.
 - Dapat meredam kebisingan 3 – 4 dB (A) yang diredam oleh pori-pori yang ada dalam aspal berongga.



- Kekurangan penggunaan aspal berongga
 - Berhubung tingginya kadar rongga di dalam aspal berongga, stabilitas aspal berongga menjadi rendah sehingga perlu mempertimbangkan penggunaannya lebih cermat pada lalu lintas tinggi.
 - Dengan besarnya rongga di dalam perkerasan, menyebabkan resiko terhadap bahaya *pumping* sehingga perlu mendapat perhatian pada proses perencanaan.
 - Peluang terjadinya pelapukan pada perkerasan sangat tinggi karena oksigen dapat memasuki rongga aspal berongga sehingga terjadi proses oksidasi pada aspal yang menyebabkan aspal menjadi lapuk.
 - Bahaya *disintegrasi* perkerasan terjadi akibat kurangnya peristiwa *interlocking* karena penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang besar dan dibatasi agregat halus yang memiliki fungsi memperkuat *interlocking*.

Adapun gradasi yang digunakan untuk penelitian aspal berongga yaitu mengacu pada gradasi terbuka Malaysia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3. Batas Gradasi Campuran Agregat

Ukuran saringan, mm	Persentase lolos (berat)	
	Gradasi A	Gradasi 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



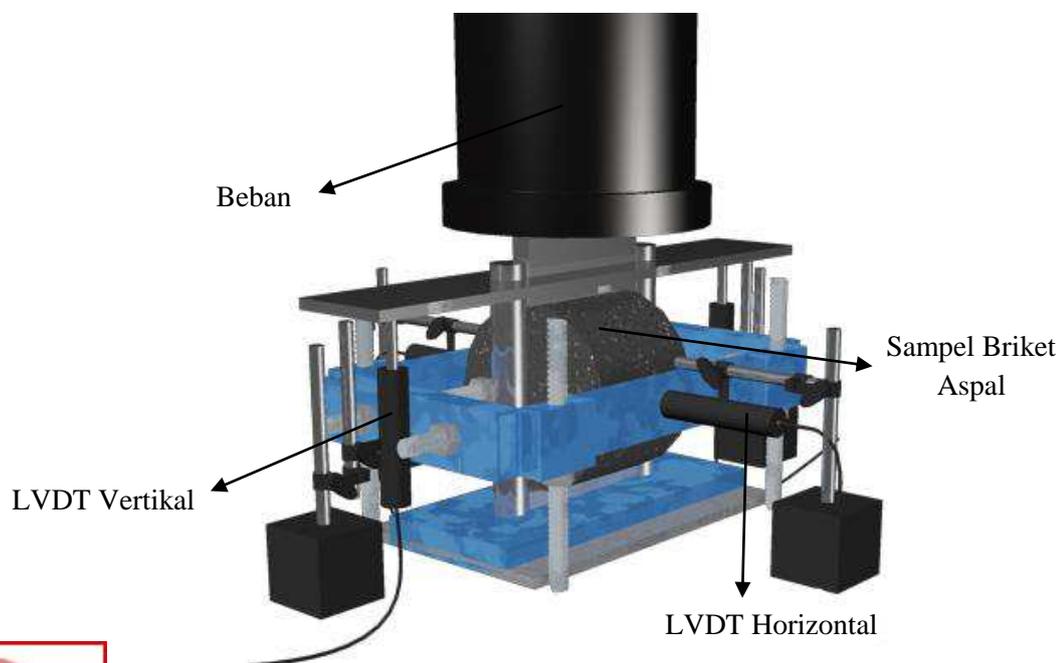
Selain gradasi agregat, terdapat beberapa syarat dan ketentuan lain untuk campuran aspal berongga yang disyaratkan oleh *Road Engineering of Malaysia* (2008), yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ketentuan Campuran Aspal Berongga

Kriteria Perencanaan	Nilai
Jumlah tumbukan perbidang	50
Kadar rongga di dalam campuran (VIM), %	18-25
Drain Down Test, %	Maks 0,3
Abrasi, %	Maks 15

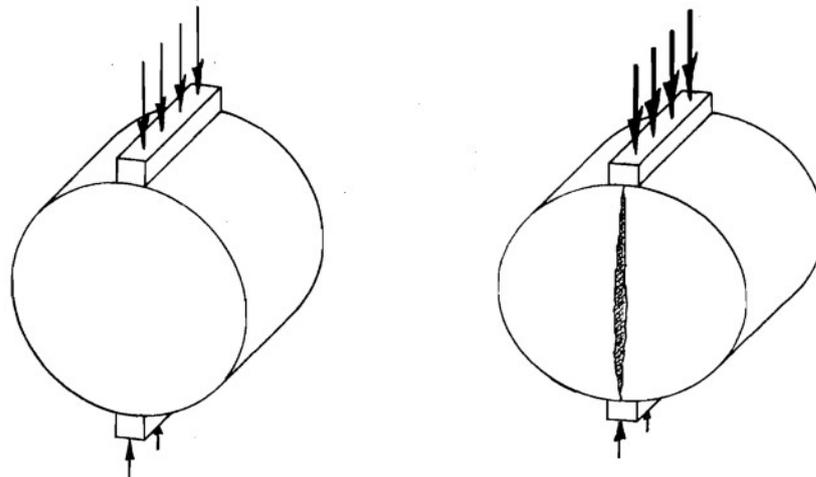
2.6. Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*)

Pengujian ini 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 (Tayfur dkk,2005). ASTM telah mengeluarkan pedoman dalam melakukan pengujian ITS dengan kode ASTM D6931-12. Pengujian ini memodelkan beban roda berhenti atau bergerak memberikan gaya tekan sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Jika lapisan melendut maka lapisan bagian atas terjadi gaya tekan dan sebaliknya lapisan bagian bawah terjadi gaya tarik.

**Gambar 2.8** Sketsa pengujian *Indirect Tensile Test*

ITS (*Indirect Tensile Strength*) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Pada uji ITS, sampel akan diberikan beban diantara dua batang pembebanan yang akan menciptakan tegangan tarik. Tegangan tarik ini akan mengakibatkan timbulnya retak vertikal pada benda uji.

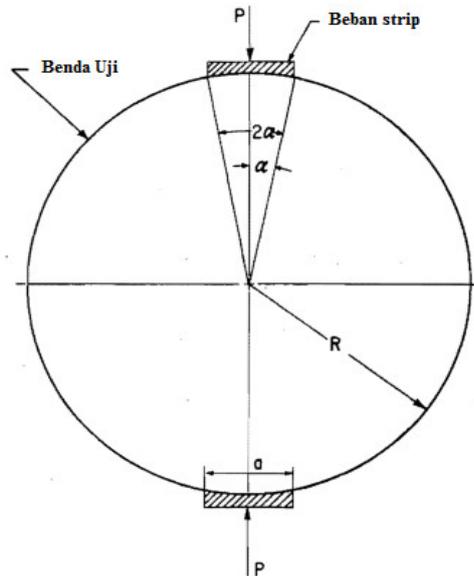
Prosedur pengujian ini dilakukan dengan melakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju konstan sampai mencapai beban maksimum, dan ketika beban yang terjadi telah maksimum maka benda uji akan mengalami retak vertikal di bagian tengah benda uji, seperti terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Benda uji setelah diberi beban tekan
(sumber: Kennedy T.W., dan Anagnos J.N, 1972)

Nilai kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) merupakan fungsi dari beban, diameter dan ketebalan benda uji untuk benda uji yang berbentuk lingkaran penuh seperti pada Gambar 2.10.





Gambar 2.10. Diagram pembebanan uji ITS
(sumber: Kennedy T.W., dan Hudson W.R, 1994)

Kuat tarik tidak langsung merupakan besarnya tegangan tarik maksimum yang dihitung dari pembebanan maksimum. Besarnya *Indirect Tensile Strength* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$ITS = \frac{2 P}{\pi D h} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

- ITS = Tegangan tarik yang terjadi di pusat benda uji (N/mm²)
- P = Beban (N)
- D = Diameter benda uji (mm)
- h =Tinggi/ tebal benda uji (mm)

2.6.1. Regangan

Regangan menyatakan deformasi relatif akibat adanya tegangan (tarik atau tekan) (Lubinda, 2000). Nilai regangan ini didapatkan dari hasil perbandingan besarnya perubahan panjang (ΔL) yang terjadi akibat beban terhadap mula-mula (L₀), yang kemudian dituliskan dengan Persamaan 2.2.



$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

- ε = Regangan
- ΔL = Perubahan Panjang (mm)
- L_0 = Panjang mula-mula (mm)

Dari hasil pengujian ITS, terlihat perubahan bentuk yaitu terjadi retak pada benda uji. Perubahan bentuk yang terjadi bisa diasumsikan sebagai regangan. Tetapi regangan yang dimaksud di sini bukanlah regangan pada umumnya karena tidak ditemukan referensi untuk menghitung regangan tarik pada benda uji yang berbentuk bulat. Sedemikian sehingga regangan dapat diasumsikan konstan diseluruh bagian dari titik-titik ukur, sehingga:

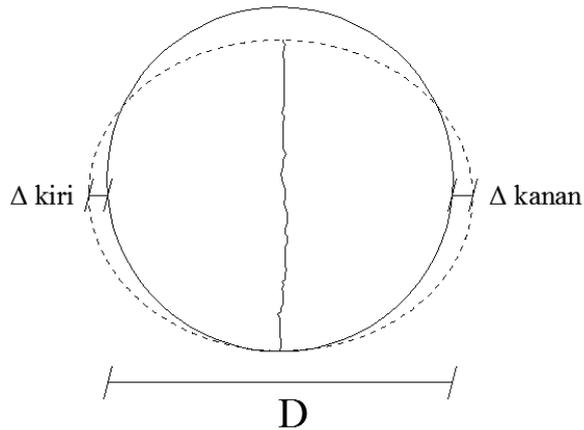
$$\Delta D = \Delta \text{ kiri} + \Delta \text{ kanan} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Regangan, } \varepsilon = \frac{\Delta D}{D_0} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

- ε = Regangan
- ΔD = Besarnya perubahan panjang yang terjadi pada kedua sisi (mm)
- $\Delta \text{ kiri}$ = Besarnya perubahan panjang yang terjadi pada sisi kiri (mm)
- $\Delta \text{ kanan}$ = Besarnya perubahan panjang yang terjadi pada sisi kanan (mm)
- D_0 = Diameter mula-mula (mm)





Gambar 2.11. Skematik regangan pada benda uji pengujian *Indirect Tensile Test (ITS)*

2.6.2. Toughness

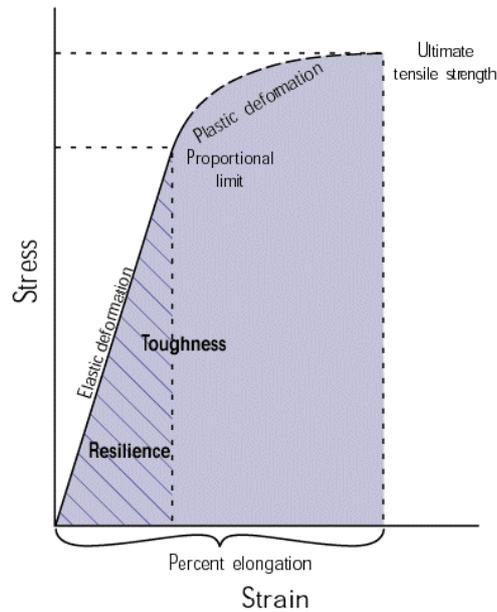
Toughness adalah kemampuan suatu material dalam menyerap energi selama proses deformasi plastis. Dalam pengujian tarik statis, energi ini diukur dari area yang berada di bagian bawah kurva tegangan – regangan, yang mewakili pekerjaan yang diperlukan untuk mematahkan benda uji. Sifat spesifik ini disebut dengan modulus toughness, yang merupakan jumlah maksimum energi persatuan volume material yang dapat diserap tanpa patah. Jika kurva tegangan – regangan tidak tersedia, modulus toughness (T) dapat ditentukan dengan mengalikan rata – rata tegangan yield dan tegangan Ultimate dari regangan yang gagal. (Jastrzabski, 1987)

$$T = \frac{\sigma_y + \sigma_u}{2} \times \epsilon_f \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

- T = Toughness (MPa/mm)
- σ_y = Tegangan yield (MPa)
- σ_u = Tegangan ultimate (MPa)
- ϵ_f = Regangan Putus (mm/mm)





Gambar 2.12. Diagram tegangan-regangan

Sumber: Jastrzabski, 1987

Untuk bahan yang memiliki kurva tegangan – regangan dengan bentuk parabola seperti besi cor dan beton, modulus toughness ditentukan dengan mengalikan dua per tiga dari kekuatan maksimal dari unit regangan saat putus. (Jastrzabski, 1987).

$$T = \frac{2}{3} \sigma_u \times \epsilon_f \dots\dots\dots(2.6)$$

