

## PENGARUH LIMBAH PLASTIK PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*) TERHADAP KEMAMPUAN CAMPURAN AC-WC UNTUK MENYERAP ENERGI SELAMA DEFORMASI PLASTIS

Albert Meraudje<sup>1</sup>, M. Isran Ramli<sup>2</sup>, Mubassirang Pasra<sup>3</sup> dan A. Arwin Amiruddin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: [alberthmerauje@gmail.com](mailto:alberthmerauje@gmail.com)

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: [muhisran@yahoo.com](mailto:muhisran@yahoo.com)

<sup>3</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [mubapasra@gmail.com](mailto:mubapasra@gmail.com)

<sup>4</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: [a.arwinamiruddin@yahoo.com](mailto:a.arwinamiruddin@yahoo.com)

### ABSTRAK

Bertambahnya beban lalu lintas baik dari segi jumlah dan beban sumbu serta ditambah dengan pengaruh lingkungan dimana Indonesia beriklim tropis menjadi alasan banyak ditemukannya kerusakan dini dari perkerasan jalan. Berbagai macam modifikasi untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan terus dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu bahan tambah yang umum digunakan adalah polimer. Plastik mengandung polimer yang bersifat *plastomer*. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan besaran kemampuan material untuk menyerap energi selama deformasi plastis terjadi ( $J/m^3$ ) campuran AC-WC yang mengandung kadar limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*). Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Kadar aspal yang digunakan adalah 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0 dan 7,5%. Campuran yang dibuat menggunakan limbah plastik PET dengan kadar 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5% dari berat total agregat untuk semua masing-masing variasi kadar aspal. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mengetahui besarnya kemampuan material untuk menyerap energi selama deformasi plastis terjadi, merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas dan nilai kuat tarik tidak langsung dengan kadar limbah plastik jenis PET.

**Kata kunci:** beban lalu lintas, limbah plastik PET (Polyethylene Terephthalate), energi, deformasi plastis

### PENDAHULUAN

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 tentang Peningkatan Pemanfaatan Aspal Buton untuk Pemeliharaan dan Pembangunan Jalan meyakinkan bahwa setelah melalui uji coba lapangan 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 dan daerah 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 layanan 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.

Saat ini pemakaian bahan tambah kedalam campuran beton aspal telah banyak digunakan baik di dalam maupun luar negeri, utamanya penggunaan material sisa/limbah yang banyak menjadi permasalahan 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 berulang-ulang (mudah didaur ulang), dan memiliki densitas antara 0,910 – 0,940 g/cm<sup>3</sup>.

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 pada campuran aspal yang menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik 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 meningkatkan nilai stabilitas yang mengindikasikan bahwa *interlocking* antara gregat 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 limbah plastik menjadikan campuran beraspal lebih kuat dan mempunyai durabilitas 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. Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis hubungan tegangan dan regangan campuran AC-WC yang mengandung limbah plastik PET sebagai bahan tambah.
2. Merumuskan model hubungan hubungan antara nilai kuat tarik tidak langsung (tegangan) campuran AC-WC yang mengandung limbah plastik PET sebagai bahan tambah.
3. Menemukan kemampuan material untuk menyerap energi selama deformasi plastis terjadi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Nilai Strategis Aspal Alam Buton dan Isu Pemanfaatan Limbah Plastik dalam Campuran Aspal

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 pada tahun 2002 mencapai 330.495 km. Secara keseluruhan jalan yang rusak 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 (Sjahanulirwan, 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 menggunakan 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 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).

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 hingga saat ini diperkuat oleh surat edaran Direktorat Jenderal Bina Marga yang 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).

### **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, sehingga kekurangannya adalah separuhnya yaitu sebesar 600 ribu ton (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 daktil.

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 170 juta ton, Lawele sebesar 210 juta ton, Siantopina dan Ulala sebesar 220 juta ton, 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 yang ada yaitu sebesar 3,47 meter dengan luas daerah pengaruh Asbuton pada daerah Pulau Buton secara keseluruhan khususnya pada daerah Lawele sebesar 1.527.343,5 m<sup>2</sup>.

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, laston lapis aus, laston 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<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>, 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 Kementerian 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 <sup>2</sup> )	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 fisik bitumen Asbuton antara Asbuton padat dari Kabungka dan Asbuton padat 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 C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>, 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 <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> , %	-	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 Buton (Asbuton) antara Asbuton padat dari daerah Kabungka dan Asbuton padat 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
Nitrogen/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 <sub>3</sub>	86,66	72,9
MgCO <sub>3</sub>	1,43	1,28
CaS	1,11	1,94
H <sub>2</sub> O	0,36	0,52
SiO <sub>2</sub>	0,99	2,94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,64	17,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

### Plastik dalam Campuran Beraspal

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.

### Toughness dan Toughness Index

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 volume satuan bahan dapat menyerap 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). Gambar 4 memperlihatkan diagram hubungan tegangan dan regangan menurut Jastrzabski, 1987.

$$T = \frac{\sigma_y \times \sigma_u}{2} \times \epsilon_f \quad (1)$$

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

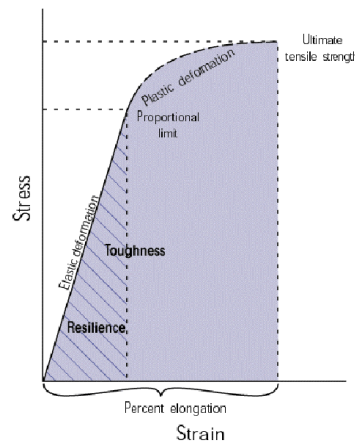
Dimana :

T = Toughness (MPa/mm)

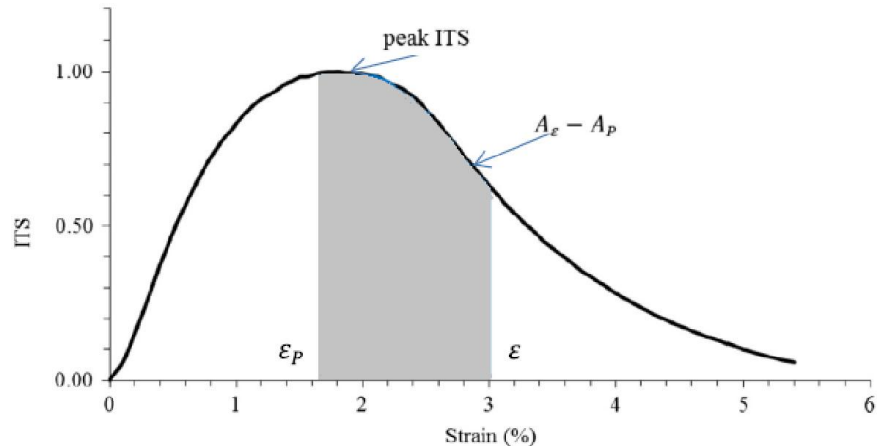
$\sigma_y$  = Tegangan yield (MPa)

$\sigma_u$  = Tegangan ultimate (MPa)

$\epsilon_f$  = Regangan putus (mm/mm)



Gambar 2. Diagram tegangan-regangan (Jastrzabski, 1987)



Gambar 3. Hubungan nilai ITS dan strain

$$TI = \frac{A_\epsilon - A_p}{\epsilon - \epsilon_p} \quad (3)$$

Dimana:

- TI = Toughness Indeks
- $A_\epsilon$  = Luasan kurva sampai regangan putus
- $A_p$  = Luasan kurva sampai regangan ultimate
- $\epsilon$  = Regangan putus (mm/mm)
- $\epsilon_p$  = Regangan ultimate (mm/mm)

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).

*Toughness Index* merupakan parameter yang menggambarkan karakteristik ketangguhan yaitu kemampuan material untuk menyerap energi dan deformasi tanpa mengalami keruntuhan pada suatu campuran di daerah pasca tegangan *ultimate*, dihitung dari kurva tegangan-regangan (Modarres, 2013). Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara nilai ITS dengan strain. Nilai toughness indeks dapat dihitung dengan persamaan 3.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Eco Material Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa, Sulawesi Selatan. Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada Bulan Juni 2019 sampai Bulan September 2019.

### Rancangan Penelitian

Pembuatan sampel (briket) untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi kadar Asbuton modifikasi berdasarkan hasil perhitungan kadar aspal perkiraan untuk masing-masing variasi kadar limbah plastik yang digunakan (0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5%). Dibuat sampel perkerasan aspal dengan bahan pengikat berupa Asbuton modifikasi tipe Retona Blend 55. Pembuatan sampel dilakukan berdasarkan SNI 06-2489-1991 dengan kadar bitumen yang berbeda-beda berdasarkan perhitungan kadar aspal efektif.

Setelah nilai KAO didapatkan untuk masing-masing kadar limbah plastik selanjutnya dibuat benda uji berdasarkan KAO tersebut. Limbah plastik yang digunakan yaitu PET. Selanjutnya sampel akan diberikan perlakuan normal sesuai SNI 06-2489-1991.

Setelah benda uji dinyatakan siap yaitu benda uji dalam kondisi KAO dan telah mengandung limbah plastik sebagai bahan tambah, kemudian dilakukan pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) dan pengujian statistik (uji-t) untuk mengetahui karakteristiknya. Metode yang digunakan adalah penelitian di laboratorium, dengan mengacu pada beberapa aturan yang ada di Indonesia maupun aturan yang ada di luar Indonesia diantaranya : Standar Nasional Indonesia (SNI), *American Association for Testing and Material (ASTM)*, *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *Strategic Highway Research Program (SHRP-A-383)*

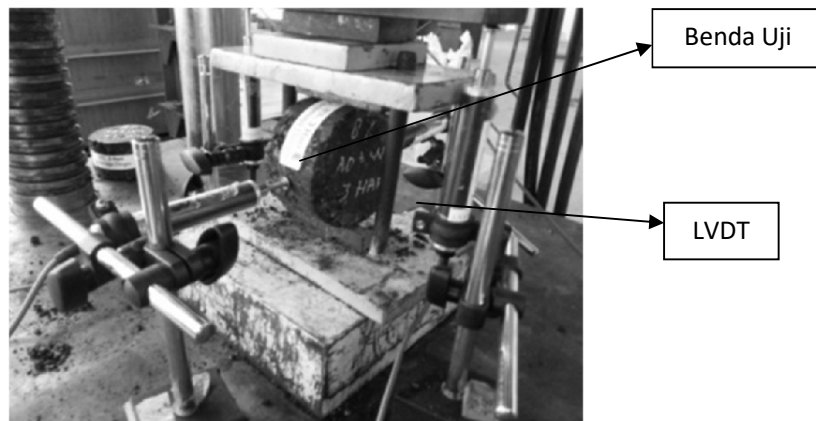
### Pengambilan Material Penelitian

Adapun bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Material agregat kasar, agregat halus dan abu batu diambil dari sungai Bili-Bili kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Aspal minyak dengan penetrasi 60/70 diperoleh dari salah satu produsen aspal minyak di Indonesia.
3. Parutan limbah plastik (lolos saringan no.4 dan tertahan di saringan no.50) diperoleh dari hasil parutan botol plastik jenis PET dengan alat pamarut manual.

### Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung (*Indirect Tensile Strength*)

Standar pengujian ITS mengacu pada ASTM D6931-12. Gambar 6 memperlihatkan posisi benda uji pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*). LVDT digunakan untuk mengukur perubahan bentuk arah horizontal dan vertikal ketika menerima beban tarik. Besarnya *Indirect Tensile Strength* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 4.



Gambar 6. Posisi benda uji pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*)

$$ITS = \frac{2P}{\pi D H} \quad (4)$$

Dimana :

- ITS = Nilai kuat tarik tak langsung ( $\text{N/mm}^2$ )  
P = Beban (N)  
H = Tinggi/tebal bendauji (mm)  
D = Diameter benda uji (mm)

## HASIL YANG DIHARAPKAN

Hasil yang diharapkan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

1. Pemanfaatan limbah plastik jenis PET sebagai bahan tambah dalam campuran AC-WC.
2. Mengetahui besarnya kemampuan material untuk menyerap energi selama deformasi plastis terjadi.
3. Merumuskan model hubungan antara nilai kuat tarik tidak langsung dengan kadar limbah plastik jenis PET.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2005). Persyaratan Teknik Bandar Udara. Petunjuk Pelaksanaan Pemeliharaan Konstruksi Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway) dan Landas Parkir (Apron) serta Fasilitas Penunjang Bandar Udara Nomor : SKEP/78/VI/2005.
- Gul. W. A., Guler M., 2014. Rutting susceptibility of asphalt concrete with recycled concrete aggregate using revised Marshall procedure Construction and building materials, 55 hal. 341 – 349.
- Israil, Djameluddin, Rudy, & Adisasmita, Sakti A.. 2012. Studi Pengaruh Plastik sebagai Bahan Substitusi Aspal terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC). Tesis tidak diterbitkan. Makassar: Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
- SNI 06-2489-1991, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall, Badan Standar Nasional Jakarta.
- Stephen B., the Shell Bitumen Handbook, University of Nottingham, July 2015.
- Suroso, Tjitjik Wasiah. 2009. Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (*Low Density Poly Ethilen*) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal. *Puslitbang Jalan dan Jembatan*.
- Tayfur S., Ozen H., Aksoy A., 2007. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. ScienceDirect, Construction and Building Materials, hal. 328 -337.
- Widajat D., Sjahdanulirwan M., 2009. Kinerja daur ulang campuran dingin dengan aspal busa pada lalu lintas berat. Jurnal jalan – jembatan, vol. 26, No. 3. Hal 256 – 265.
- Widodo, Sri & Setyaningsih, Ika. 2013. Modulus Elastisitas dan Umur Perkerasan Jalan Beton Aspal sebagai Fungsi Kepadatan. *Eco Rekayasa*.
- Wikipedia. 2016 a. Plastik, (Online), (<https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik> diakses pada 18 Agustus 2016).