

PENGARUH LIMBAH PLASTIK PET (*POLYETHYLENE TEREPHTHALATE*) TERHADAP NILAI KADAR ASPAL OPTIMUM CAMPURAN AC-WC

Franky E. P. Lapian¹, M. Isran Ramli², Mubassirang Pasra³ dan Ardy Arsyad⁴

¹Mahasiswa Program Studi Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: lapianedwin@gmail.com

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Email: muhisran@yahoo.com

³ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: mubapasra@gmail.com

⁴ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Email: ardvarsyad@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan hasil penelitian World Bank disebutkan bahwa Indonesia merupakan penyumbang sampah laut terbesar ke-2 di dunia setelah Tiongkok (Jambeck, 2015). Sebagian besar sampah laut yang masuk ke laut (*marine debris*) adalah sampah plastik. Temuan dalam penelitian tersebut membuat Indonesia tersadar untuk memulai aksi nyata mengurangi sampah plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai kadar aspal optimum campuran AC-WC yang mengandung limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang divariasikan. Penelitian ini berbentuk uji eksperimental di laboratorium. Asbuton modifikasi tipe Retona Blend 55 digunakan sebagai bahan pengikat. Kadar Asbuton modifikasi yang digunakan adalah 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0 dan 7,5% sedangkan variasi kadar limbah plastik yang digunakan adalah 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5% sebagai bahan tambah dari berat total agregat. Pengujian karakteristik Marshall digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum campuran AC-WC yang terdiri dari stabilitas, flow, Marshall quotient, VIM, VMA dan VFB.

Kata kunci: limbah plastik PET (Polyethylene Terephthalate), kadar aspal optimum, karakteristik Marshall

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki aspal alam dikenal dengan nama Asbuton (Aspal alam Buton), karena lokasi deposit Asbuton tersebut 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 (Suryana, 2003; Tjaronge & Irmawaty, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian World Bank disebutkan bahwa Indonesia merupakan penyumbang sampah laut terbesar ke-2 di dunia setelah Tiongkok (Jambeck, 2015). Sebagian besar sampah laut yang masuk ke laut (*marine debris*) adalah sampah plastik. Temuan dalam penelitian tersebut membuat Indonesia tersadar untuk memulai aksi nyata mengurangi sampah plastik.

Dalam usaha meningkatkan penggunaan aspal Buton, 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.

Pengembangan teknologi aspal Buton terus dilakukan hingga saat ini. Asbuton modifikasi (retona) merupakan campuran antara aspal alam Buton dengan aspal minyak yang diolah menjadi satu

menggunakan alat dengan spesifikasi yang memenuhi persyaratan aspal Buton modifikasi. Asbuton modifikasi memiliki kestabilan, ketahanan, *workability*, stabilitas dan usia pelayanan yang lebih baik dibanding dengan jenis aspal lainnya.

Suatu lapis permukaan perkerasan jalan memiliki kemampuan sebagai lapis aus dan juga ketika tidak terjadi perubahan bentuk yang tetap dalam masa layan. Salah satu penyebab kerusakan atau tidak mencapainya umur layanan jalan tersebut adalah bertambahnya tingkat kepadatan lalu lintas. Menurut Tayfur *et al.*, 2005 dan Birgisson *et al.*, 2007 pengulangan beban lalu lintas sebagai akibat dari kepadatan lalu lintas menyebabkan terjadinya akumulasi deformasi permanen pada campuran beton aspal sehingga mengalami penurunan kinerja jalan dalam masa layan. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu caranya adalah dengan memanfaatkan bahan tambah (*additive*) ke dalam campuran.

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. Peningkatan mutu perkerasan beraspal dapat diperoleh dengan cara memodifikasi aspal sehingga menjadi lebih *superior* atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah pada campuran beraspal.

Salah satu bahan tambah yang umum digunakan adalah polimer. Plastik yang sering kita gunakan sehari-hari mengandung polimer yang bersifat *plastomer* dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan tambah perkerasan jalan. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dikaji kinerja campuran beraspal yang menggunakan bahan tambah limbah plastik berdasarkan percobaan di laboratorium. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi campuran beraspal yang menggunakan plastik sebagai bahan tambah.

Ahmadinia E. *et al.*, 2011 melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penggabungan limbah botol plastik (*Polyethylene Terephthalate* (PET)) pada sifat rekayasa batu pecah di dalam campuran aspal (SMA). Sifat volumetrik dan mekanis campuran aspal yang mencakup berbagai persentase PET (0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%) dihitung dan dinilai dengan menggunakan uji laboratorium. Jumlah PET yang sesuai ditemukan 6% dari berat aspal. Hasilnya secara statistik dianalisis dan penentuan signifikansi pada batas kepercayaan tertentu dilakukan dengan analisis varians dua faktor (ANOVA). Apalagi beberapa penelitian dilakukan terhadap polyethylene yang dimodifikasi campuran aspal juga telah dipertimbangkan dalam penelitian ini. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan penambahan PET memiliki efek positif yang signifikan pada properti SMA dan dapat mempromosikan penggunaan kembali limbah bahan dalam industri dengan cara yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Liu F. *et al.*, 2014 melaporkan studi eksperimental pada beton plastik daur ulang (RPC) yang menggunakan acrylonitrile-butadiene-styrene daur ulang/polycarbonate copolymer (ABS/PC) partikel plastik untuk menggantikan 5, 10, 15, dan 20% (dalam volume) pasir agregat halus. Partikel plastic yang digunakan dalam penelitian ini adalah daur ulang dari plastik bekas. Sifat mekanik statis dan dinamis dari spesimen terbuat dari 5, 10, 15, dan 20% agregat plastik dalam volume diukur pada mesin uji mekanik. Kekuatan kubus, kekuatan tekan aksial, dan tegangan statis hubungan spesimen RPC dengan konten plastik berbeda diperoleh. Kekuatan tekan ultimat, regangan ultimat, dan hubungan tegangan-regangan dinamis dari spesimen-spesimen ini diukur dengan perangkat pressure bar Hopkinson yang terbelah di bawah empat strain yang berbeda. Kurva tegangan-regangan dan penyerapan energi dari spesimen RPC dengan kandungan plastik yang berbeda diperoleh di bawah empat tingkat regangan yang berbeda. Pengaruh kadar plastik dan tingkat regangan pada sifat mekanik RPC dianalisis. Hasil menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan energi RPC lebih tinggi dari beton normal dan meningkat dengan kandungan plastik. Kinerja ketahanan dampak bahan RPC lebih unggul dari beton normal.

Farhan A. H. *et al.*, 2016 menyelidiki sifat tarik semen murni dan karet campuran granular terikat. Ini dilakukan dengan menggunakan uji tarik tidak langsung dengan perpindahan lateral pengukuran, pengujian frekuensi resonansi tak rusak, CT sinar-X dan penilaian kuantitatif untuk

pola retak menggunakan analisis fraktal. Properti yang diselidiki adalah densitas, compacity, kekuatan tarik tidak langsung (ITS), modulus statis tarik tidak langsung, ketangguhan, modulus dinamis elastisitas, dinamis modulus kekakuan, rasio racun dinamis, dimensi fraktal, dan energi fraktur. Empat persentase penggantian volumetrik (0%, 15%, 30% dan 45%) dari ukuran fraksi 6 mm digunakan. Temuan terakhir didukung oleh penilaian kuantitatif dari pola retak yang mengungkapkan lebih banyak tortuosity dan dimensi fraktal yang lebih tinggi sebagai akibat dari kadar karet yang meningkat. Mekanisme kegagalan untuk jenis campuran ini disarankan dan didukung dengan memeriksa struktur internal sampel gagal menggunakan X-ray CT. Secara keseluruhan, konstruksi semen stabil agregat dasar dengan persentase kecil dari karet remah ditambahkan dapat memastikan lebih berkelanjutan dan bahan perkerasan ramah lingkungan dan pada saat yang sama, meningkatkan sifat stabil lapisan. Namun, perilaku campuran ini di bawah pembebanan siklik dan evaluasi durabilitasnya harus dinilai untuk sepenuhnya memvalidasi penggunaannya.

Modarres A., 2013 menyelidiki pengaruh suhu pada indeks ketangguhan dan sifat kelelahan campuran aspal SBS yang dimodifikasi. Memanfaatkan alat UTM yang dilengkapi dengan ruang kontrol suhu, kekuatan tarik tidak langsung dan uji kelelahan tarik tidak langsung dilakukan pada tiga pengujian suhu 10, 20 dan 50°C. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada indeks ketangguhan suhu yang lebih rendah sangat berkurang menunjukkan fleksibilitas yang lebih rendah dari campuran yang diteliti. Namun, indeks ketangguhan campuran dimodifikasi untuk beberapa jauh lebih tinggi daripada campuran konvensional. Hasil yang diperoleh menegaskan bahwa pada kondisi pemuatan tinggi, kegagalan kelelahan akan lebih kritis pada suhu rendah hingga sedang. Sebaliknya, pada pemuatan yang lebih rendah kondisi di mana nilai regangan kurang dari sekitar 200-250 mikrostrain kegagalan kelelahan tidak kritis pada suhu rendah.

Hasan M. R. M. *et al.*, 2016 mengevaluasi kinerja pengikat aspal modifikasi e-waste. Pengubah limbah elektronik *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Acrylonitrile Butadiene Styrene-Polycarbonate* (ABS-PC) dan *High Impact Polystyrene* (HIPS) digunakan setelah 100% material melewati saringan # 50. Pengikat aspal konvensional, pengikat PG58-28, digunakan sebagai kontrol. E-waste dicampur dengan pengikat kontrol sebagai pengikat yang tidak dirawat (UT) dan yang dimodifikasi secara kimia (T). Diolah secara kimia (T) pengubah diproses dengan cumene hydroperoxide sebelum dicampur ke PG58-28, untuk dipromosikan dengan ikatan molekul kovalen antara plastik e-waste dan aspal. Hasil menunjukkan bahwa limbah yang tidak menggunakan pengikat aspal yang dimodifikasi lebih kaku dan lebih elastis daripada campuran kontrol, tetapi ketika plastik limbah elektronik yang sama ini pertama kali dirawat dengan cumene hydroperoxide, peningkatannya sangat signifikan lebih tinggi.

Deshmukh R. S. *et al.*, 2015 menyelidiki penggunaan limbah plastik dan ban bekas pada campuran serta mengurangi masalah lingkungan dari bahan yang tidak dapat terurai sendiri. Menggunakan pengujian laboratorium. Menggunakan bahan tambah limbah plastik dan ban bekas. Plastik diparut dengan menggunakan mesin hingga dapat lolos pada saringan ukuran 4,75 - 2,36 mm, sedangkan ban bekas dipotong dengan mesin hingga dapat lolos saringan 22,4 - 6 mm. Persentase ban bekas yang ditambahkan dalam campuran yaitu 10, 15, dan 20 % dari berat agregat. Sedangkan persentase plastik yaitu 8, 10, dan 12 % dari berat aspal. Menggunakan metode pencampuran secara kering. Plastik dicampur hingga menyelimuti agregat. Penambahan limbah plastik dan ban bekas dapat menambah masa umur layanan jalan. Penggunaan limbah plastik dapat meningkatkan titik leleh aspal. Kadar optimum dari penggunaan limbah yaitu 5 - 20%. Masalah keretakan dan deformasi permanen dapat dikurangi pada daerah dengan temperatur yang panas. Dengan penambahan limbah plastik dan ban bekas dapat meningkatkan kinerja dan kualitas dari campuran beton aspal. Penambahan ban bekas pada campuran dapat mengurangi polusi suara pada jalan dengan lalu lintas berat.

Kulkarni S. J., 2015 memaparkan beberapa ringkasan dari penelitian penggunaan limbah plastik ke dalam perkerasan aspal. Masalah limbah plastik dapat diminimalisasi dengan penambahannya ke dalam perkerasan aspal dan meningkatkan kinerja aspal.

Mohammed E. M. *et al.*, 2014 mengevaluasi penambahan beberapa jenis polimer pada beton aspal. Metode pengujiannya menggunakan uji laboratorium untuk pengujian bahan dan karakteristik Marshall. Menggunakan pengujian *Indirect Tensile Strength*. Kadar plastik yang ditambahkan ke dalam campuran beton aspal, yaitu 0, 2, 4 dan 6% dari berat aspal. Persentase optimum PVC, kantong plastik, dan *novolac* adalah 4% dan untuk HDPE adalah 5% dari berat bitumen aspal. Penambahan persentase dalam keadaan optimum meningkatkan viskositas kinematik, stabilitas, *indirect tensile strength*, dan mengurangi penetrasi.

Kumar D. O. D., 2014 menyelidiki pengaruh perkerasan lentur menggunakan limbah plastik. Menggunakan pengujian laboratorium. Jenis limbah plastik yang digunakan adalah *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) dengan ukuran antara 2,36 mm dan 4,75 mm. Kadar plastik yang digunakan yaitu 0 - 3%. Menggunakan metode pencampuran plastik dengan aspal dengan cara kering. Hasil penelitiannya bahwa dengan penggunaan limbah plastik ke dalam perkerasan lentur dapat memperkuat perkerasan, mengurangi terjadinya kerusakan seperti lubang dan alur, dapat menahan pembebanan berat, mengurangi konsumsi aspal dalam campuran sehingga biaya konstruksi berkurang, menambah umur jalan.

Kondisi tegangan yang terjadi akibat beban roda pada lapisan perkerasan dapat diuji di laboratorium namun dengan banyak faktor yang disederhanakan. Pada kondisi sesungguhnya atau in-situ, beban diterapkan tiga dimensi. Sejumlah pengujian yang telah disederhanakan untuk dapat menguji sejumlah aspek-aspek tertentu dari perilaku in-situ. Pengujian tersebut dibagi menjadi tiga kelompok. Kelompok pengujian pertama adalah pengujian dasar uji beban berulang triaksial (*repeated load triaxial test*), uji tekan statik untuk rangkai (*unconfined static uniaxial creep compression test*), uji beban tarik berulang (*repeated load indirect tensile test*), uji dinamik kekakuan dan kelelahan (*dynamic stiffness and fatigue tests*). Kelompok pengujian kedua adalah pengujian simulasi di laboratorium (*simulative*) : Uji Roda-pelacakan (*wheel-tracking test*) dan kelompok pengujian yang ketiga adalah pengujian empiris dengan uji Marshall (*marshall tests*), (*Shell Bitumen Handbook*, 2015).

Selain dari pengujian empiris yang digunakan untuk mengevaluasi campuran beraspal, dapat juga digunakan pengujian yang bersifat semikuantitatif dari benda uji. Pengujian yang dimaksud adalah pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*). Pengujian XRD dilakukan untuk mengidentifikasi unsur/senyawa/fasa dan struktur kristal yang terbentuk secara kualitatif. Pada dasarnya, atom yang tersusun membentuk struktur kristal dan struktur mikro/fasa dapat dianalisis melalui teknik eksperimental yang berbasis difraksi. Pada eksperimen difraksi, gelombang yang ditembakkan akan membentur pada material dan ditangkap oleh detektor. Detektor mengidentifikasi arah dan intensitas gelombang yang terdifraksi/terpancar keluar dari material. Interferensi gelombang terjadi pada gelombang yang diemisikan atom yang berbeda jenis dan posisinya. Geometri yang direpresentasikan melalui arah gelombang membentuk pola difraksi yang dapat digunakan untuk menentukan sel satuan pada struktur kristal dan senyawa (Fultz, 2013; Cullity, 1956).

Namun pada umumnya metode eksperimen yang digunakan pada penelitian tersebut adalah dengan mengevaluasi pengaruh suatu faktor dalam satu kali eksperimen. Faktor tersebut kemudian dilevelkan menjadi beberapa variasi. Dalam istilah penelitian ini dinamakan *single factor eksperiment* (eksperimen faktor tunggal). Kelemahan dari metode eksperimen tersebut adalah kesimpulan yang didapat hanya berhubungan dengan faktor yang diamati saja. Sementara dalam kenyataannya mutu suatu produk yang diteliti tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor saja, melainkan oleh beberapa faktor seperti kadar Asbuton modifikasi dan kadar limbah plastik. Proporsi bahan-bahan tersebut memiliki interaksi antara satu dan lainnya yang sangat berpengaruh terhadap kualitas campuran AC-WC yang dihasilkan.

Agar dapat mengoptimalkan permasalahan dari eksperimen faktor tunggal tersebut, banyak metode statistik yang dapat digunakan. Salah satu metode statistik yang bisa digunakan yaitu *Response Surface Methodology (RSM)*. Metode statistik ini dapat memperhitungkan kontribusi dua atau lebih faktor dalam sebuah eksperimen. Metode ini juga bisa memperkirakan interaksi antara faktor-faktor yang diamati. Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis nilai kadar aspal optimum campuran AC-WC yang mengandung limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang divariasikan.
2. Merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas campuran AC-WC dengan kadar limbah plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan kadar aspal.
3. Menemukan kondisi optimum kadar Asbuton modifikasi dan kadar limbah plastik dalam campuran AC-WC sistem model, menggunakan RSM.
4. Menemukenali efisiensi proses peningkatan mutu konstruksi perkerasan jalan campuran AC-WC.

TINJAUAN PUSTAKA

Plastik

Pada awalnya plastik terbuat dari minyak dan gas sebagai sumber alami. Namun dalam perkembangannya digantikan dengan bahan-bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kompolimerisasi, laminasi dan ekstrusi. Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya yang kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna.

Erliza dan Sutedja (1987), plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu termoplastik dan *thermoset*. Termoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene* dan *polyvinyl chloride*. Sedangkan *thermoset* adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, seperti *formaldehid* dan *urea formaldehid*. Suparna (2002), mengelompokkan beberapa jenis plastik yang biasa digunakan yaitu:

1. HDPE (*High Density Polyethylene*) umumnya digunakan untuk botol susu cair, botol obat dan botol kosmetik.
2. LDPE (*Low Density Polyethylene*) digunakan untuk tutup plastik, plastic pembungkus daging dan berbagai jenis plastik tipis.
3. PE (*Polyethylene*).
4. PP (*Polypropylene*) digunakan untuk tutup botol dari plastik, mainan anak-anak dan wadah margarin.
5. PS (*Polystyrene*) digunakan untuk membuat garpu dan sendok plastik, tempat makan dari styrofoam dan tempat makan dari plastik yang transparan.
6. Vinyl (*Polyvinyl Chloride*).
7. PET (*Polyethylene Terephthalate*) digunakan untuk botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, botol obat dan botol kosmetik.

Sampah (limbah) plastik akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat. Menurut Rajkumar (2015) sejumlah besar plastik yang digunakan menjadi limbah dalam waktu yang singkat. Persentase yang tinggi dari plastik yang diproduksi berakhir di sungai dengan cepat dan akhirnya kelaut. Sebagian besar plastik yang digunakan pada sektor kemasan, bahkan hampir 52% dari semua plastik yang digunakan dalam bentuk kemasan (kantong). Limbah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran drainase, selokan dan sungai sehingga dapat menyebabkan banjir. Limbah plastik yang dibakar dapat mengeluarkan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia seperti: zat karbon monoksida, dioksin, volatile dan zat-zat berbahaya lainnya.

Pengolahan limbah plastik dapat dilakukan secara manual dengan diolah langsung oleh manusia, dan juga dapat diolah oleh pabrik. Limbah plastik yang diolah secara manual biasanya berbentuk kreasi dan produk yang diolah dengan ide-ide kreatif. Limbah plastik yang diolah oleh pabrik biasanya akan menjadi produk yang sama seperti barang yang telah di daur ulang sebelumnya.

Di Indonesia, limbah plastik sebagian besar dimanfaatkan kembali sebagai produk semula dengan kualitas yang lebih rendah. Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan konstruksi masih sangat

jarang ditemui. Pada tahun 1980-an, di Inggris dan Italia limbah plastik digunakan untuk membuat tiang telepon sebagai pengganti tiang-tiang kayu dan besi. Di Swedia limbah plastik dimanfaatkan sebagai bata plastik untuk membuat bangunan bertingkat, karena ringan serta lebih kuat dibandingkan dengan bata yang umum dipakai (Abdul Syukur, 2014).

Menurut Shemila (2015), selain penggunaan limbah plastik sebagai bahan daur ulang, sejumlah besar limbah plastik juga dapat digunakan dalam industri konstruksi. Limbah plastik dalam industri konstruksi digunakan sebagai :

1. Agregat untuk campuran beton ringan.
2. Agregat sebagai bahan campuran beraspal.
3. Serat untuk penguatan campuran beton.
4. Agregat sintesis atau pengikat beton (oleh pencairan).
5. Penguatan plastik plester.

Plastik adalah bahan yang sangat serbaguna dan banyak digunakan untuk keperluan sehari-hari. Saat ini plastik menjadi bahan baku yang lebih murah dan efektif. Setiap sektor dari kehidupan manusia banyak menggunakan plastik mulai dari kemasan, mobil, elektronik, listrik, konstruksi bangunan, komunikasi, dll. Plastik bersifat *non-biodegradable* sehingga limbah plastik tidak dapat terdegradasi selama 4.500 tahun. Akibatnya lingkungan menjadi tercemar apabila limbah plastik tersebut tidak ditangani secara benar.

Salah satu *modifier*, yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal adalah polimer. Sementara plastik merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Dengan demikian limbah plastik berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal.

Isu Penggunaan Limbah Plastik Pada Campuran Beraspal

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.

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 AC-WC.

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).

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.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, melalui Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VIII Surabaya, yang terpilih sebagai salah satu Proyek Percontohan (*Pilot Project*) campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik, pada paket preservasi dan rekonstruksi jalan Gempol-Bangil-Pasuruan-Probolinggo (Long Segmen, KM 35+700 s/d 36+800, PPK 03 – Satuan Kerja Pelaksanaan Jalan Nasional Wilayah I Provinsi Jawa Timur telah melaksanakan uji coba

campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik, yang digelar di atas pondasi daur ulang (recycling). Hal ini merupakan terobosan dari Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat untuk menyelesaikan masalah sampah plastik dalam penerapan skala penuh teknologi aspal limbah plastik.

Selain dari uji coba campuran beraspal yang menggunakan limbah plastik di Bali telah digunakan pula di Tahun 2018 di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu di jalan Bandara lama Sultan Hasanuddin di Maros. Tahun ini, di Provinsi Sulawesi Selatan digunakan pula limbah plastik PP sebagai bahan tambah pada campuran AC-WC yang diterapkan di Jalan Poros Bukumba-Bira melalui dana APBN.

Pemanfaatan limbah plastik sebagai campuran aspal yang tengah dikembangkan oleh Balitbang Kementerian PUPR, merupakan salah satu solusi bagi permasalahan sampah plastik. Balitbang Kementerian PUPR hingga saat ini telah melakukan uji gelar aspal plastik pada beberapa lokasi. Berdasarkan hasil pengujian, aspal yang dihasilkan lebih lengket jika dibandingkan dengan aspal yang tidak menggunakan plastik sebagai campuran. Ini berarti stabilitas aspal dan ketahanannya lebih baik.

Uji gelar pada berbagai lokasi dengan kondisi lalu lintas kendaraan yang berbeda dan daerah-daerah yang berbeda agar dapat diketahui bagaimana ketahanan aspal plastik ini pada berbagai kondisi. Uji aspal juga telah dilakukan di beberapa lokasi termasuk di lingkungan Kampus PUPR jalan Pattimura :

1. KSPN Toraja – Sulawesi Selatan.
2. KSPN Toba – Humbang Hasundutan.
3. Jalan Sultan Agung – Bekasi.
4. Rest Area KM 42 Tol Tangerang – Merak Banten.
5. KSPN Toba: Ruas Jalan Sipinsur – Bakara (Depan pintu gerbang Taman Wisata Sipinsur), Humbang Hasundutan, Sumatera Utara.
6. KSPN Toraja: Ruas Jalan Bandara Pongtiku, Toraja, Sulawesi Selatan.
7. KSPN Borobudur.
8. KSPN Labuan Bajo: Ruas jalan bandara dari bukit cinta ke jalur lintas utara.
9. KSPN Lombok: Mataram (ruas jalan daerah Sembalun).
10. KSPN Bromo: Lawean – Sukapura.
11. KSPN Borobudur Kulon Progo: Ruas Jalan Sentolo-Dekso-Klangon.

Karakteristik Marshall

Berdasarkan Spesifikasi 2010 Revisi 3 yang dimaksud dengan karakteristik volumetrik campuran beraspal adalah VIM, VMA dan VFB dan karakteristik Marshall adalah karakteristik stabilitas adalah stabilitas, flow dan Marshall Quetiont (MQ).

Void in The Mix (VIM)

Analisa rumus VIM berdasarkan Buku 5 pemanfaatan Asbuton campuran beraspal dingin dengan asbuton butir peremaja emulsi adalah :

$$VIM (\%) = V - \left\{ \left(\frac{KA \times 100}{L} \right) + \left(\frac{100 + AR + KA}{G} \right) \right\} \quad (1)$$

- A_R = Kadar residu dalam campuran (%)
 G = BJ Bulk - berat benda uji (gr)
 L = Berat benda uji setelah oven (gr)
 K_A = Kadar air (%)

Void in Mineral Aggregate (VMA)

Analisa rumus VMA berdasarkan Buku 5 pemanfaatan Asbuton campuran beraspal dingin dengan asbuton butir peremaja emulsi adalah :

$$VMA (\%) = V - \left\{ \left(\frac{KA \times 100}{L} \right) + \left(\frac{100 + AR + KA}{G} \right) \right\} \quad (2)$$

- A_R = Kadar residu dalam campuran (%)
 G = BJ Bulk - berat benda uji (gr)
 L = Berat benda uji setelah oven (gr)
 K_A = Kadar air (%)

Void Filled Bitumen (VFB)

Kadar aspal dan tebal film aspal secara volumetrik dapat dinyatakan dalam besaran volume aspal dalam campuran (VFB). Campuran dengan volume aspal yang tinggi mempunyai keawetan yang tinggi pula. Dengan demikian untuk mendapatkan campuran yang awet perlu disyaratkan VFB minimum tertentu yang harus dipenuhi. VFB adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus VFB adalah :

$$VFB = 100 (VMA - VIM)/VMA \quad (3)$$

Keterangan:

- VFB = Rongga terisi aspal, persen VMA
VMA = Rongga di antara mineral agregat, persen volume *bulk*
VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

Pengaruh utama VFB adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. Sehingga kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA minimum. Campuran rencana untuk lalu lintas rendah tidak akan memenuhi kriteria VFB bila kadar rongga relatif tinggi, walaupun rentang kadar rongga terpenuhi. Penyesuaian ini bertujuan mencegah berkurangnya keawetan campuran pada lalu lintas ringan.

1. Stabilitas
Kemampuan menahan beban dengan deformasi yang kecil diperlihatkan dengan nilai stabilitas yang tinggi.
2. Kelelahan (Flow)
Kelelahan (*Flow*) merupakan besarnya deformasi vertikal yang dinyatakan dalam satuan millimeter (mm) yang terjadi pada benda uji padat dari campuran aspal hingga mencapai titik beban maksimum pada saat pengujian stabilitas Marshall.
3. Marshall Quotient (MQ)
Nilai MQ merupakan indikator bahwa campuran aspal tahan terhadap deformasi. Analisa rumus MQ berdasarkan Buku 5 pemanfaatan Asbuton campuran beraspal dingin dengan Asbuton butir peremaja emulsi adalah :

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (1)$$

Dimana :

- MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)
S = Stabilitas (kg)
F = Nilai *flow* (mm)

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.

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.

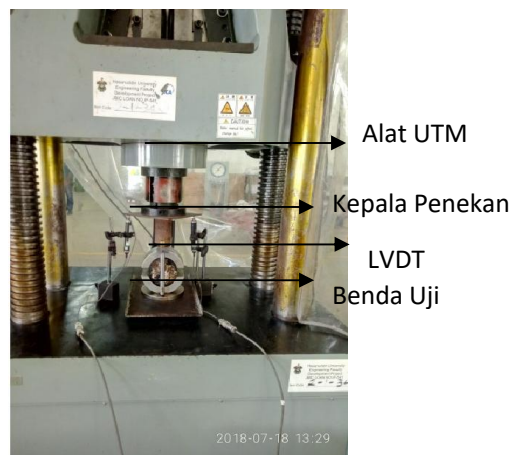
Rancangan Penelitian

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-pengujian ; karakteristik Marshall, kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*), XRF dan XRD (komposisi senyawa kimia yang dominan) dan pengujian statistik (uji-t) untuk mengetahui karakteristiknya.

Pengujian Karakteristik Marshall

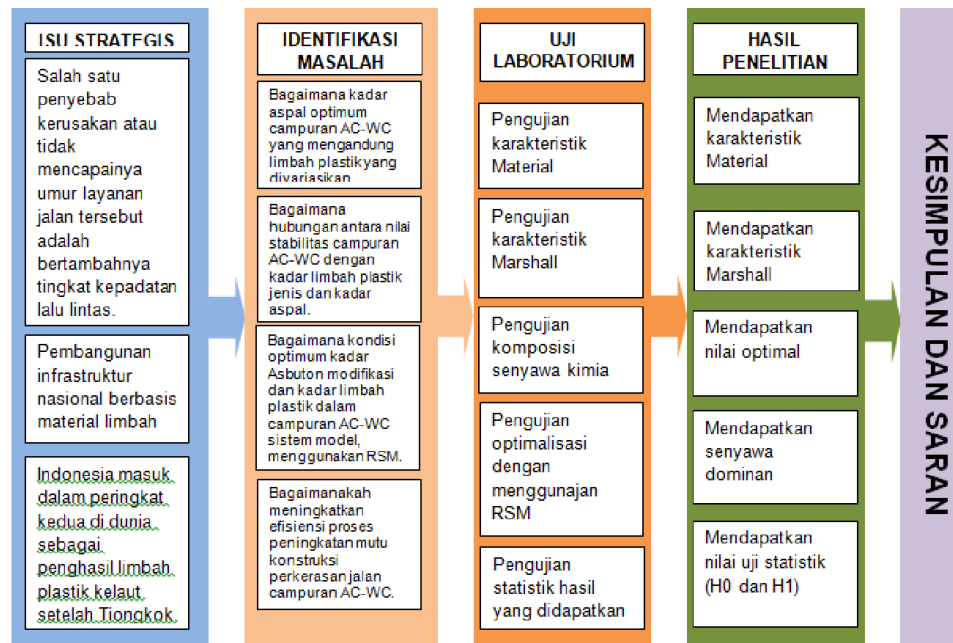
Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall mengacu pada SNI 06-2489-1991 tentang metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall. Gambar 1 menunjukkan alat pengujian *Marshall* yang dapat digunakan untuk mengukur stabilitas dan *flow* sehingga dapat menunjukkan ukuran ketahanan benda uji dalam menerima beban.



Gambar 1. Alat pengujian *Marshall*

Kerangka Pikir Penelitian

Gambar 2 memperlihatkan kerangka pikir penelitian.



Gambar 2. Kerangka pikir penelitian

HASIL YANG DIHARAPKAN

Hasil yang diharapkan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah :

- Pemanfaatan limbah plastik jenis PET sebagai bahan tambah dalam campuran AC-WC.
- Mendapatkan nilai kadar aspal optimum untuk masing-masing kadar limbah plastik yang digunakan.
- Mengetahui kondisi optimum kadar Asbuton modifikasi dan kadar limbah plastik dalam campuran AC-WC sistem model, menggunakan RSM.
- Merumuskan model hubungan antara nilai stabilitas dengan kadar limbah plastik jenis PET.
- Mendapatkan efisiensi proses peningkatan mutu konstruksi perkerasan jalan campuran AC-WC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadinia E. *et al.* 2011. Using Waste Plastic Bottles as Additive for Stone Mastic Asphalt. *Materials and Design* 32 (2011): 4844 – 4849.
- ASTM D6931 – 12, Standard Test Method for Indirect Tensile (IDT) Strength of Bituminous Mixtures.
- Birgisson, B., A. Montepara, E. Romeo, R., Roncella, J. A. L., Napier, G., Tebaldi., 2008. Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. *Science Direct, Construction and Building Materials*, hal. 664 -673.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2000. Buku 1. Pemanfaatan Asbuton. Umum No : 001-01/BM/2006. Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006.
- Erliza & Sutedja. 1987. Pengantar Pengemasan. *Laboratorium Pengemasan, Jurusan TIP. IPB. Bogor.*
- Jambeck R. J. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. www.sciencemag.org.

- Mote VD, Y Purushotham, BN Dole, "Williamson-Hall analysis in estimation of lattice strain in nanometer-sized ZnO particles" in *Journal of Theoretical and Applied Physics* 2012,6:6.
- SNI 06-2489-1991, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall, Badan Standar Nasional Jakarta.
- Spesifikasi Umum Bina marga Divisi 6. (2010). Perkerasan Aspal. Direktorat Jendral Bina marga.
- Suryana A., Inventory on Solid Bitumen Sediment Using 'Outcrop Drilling' in Southern Buton Region, Buton Regency, Province Southeast Sulawesi, Colloquium on Result Activities of Mineral Resources Inventory. - DIM, the TA. 2003, Directorate Mineral (Bandung, in Indonesian).
- Tayfur S., Ozen H., Aksoy A., 2005. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. ScienceDirect, Construction and Building Materials, hal. 328-337.
- Tjaronge, M.W. and Rita Irmawaty. 2012. Influence of Water Immersion on Physical Properties of Porous Asphalt Containing Liquid Asbuton as Bituminous Asphalt Binder.
- Wikipedia. 2016 a. *Plastik*, (Online), (<https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik> diakses pada 18 Agustus 2016).