

PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL BATU LATERIT DAN PASIR MAHAKAM DALAM CAMPURAN ASPAL KARET TERHADAP JUMLAH SIKLUS PEMBEBANAN

Karminto¹, Sakti Adji Adisasmita², Sumarni Hamid Aly³ dan Muralia Hustim⁴

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

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

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

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

ABSTRAK

Batu laterit dan pasir Mahakam merupakan salah satu material yang banyak terdapat di Kalimantan Timur dan dianggap sebagai material substandard. Dikatakan substandard karena salah satu dari sifat fisik dari material tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jumlah siklus pembebanan yang dihasilkan dari pengujian fatigue campuran aspal karet yang menggunakan batu laterit dan pasir Mahakam sebagai agregat. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Alat uji *Four Point Bending Beam Machine* (tipe CRT-SA4PT-BB) digunakan untuk mengetahui jumlah siklus pembebanan yang dihasilkan dari campuran. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah mendapatkan umur kelelahan campuran aspal karet dengan batu laterit dan pasir Mahakam sebagai agregat yang didapatkan dari jumlah siklus pembebanan pengujian fatigue.

Kata kunci: batu laterit, pasir Mahakam, siklus pembebanan

PENDAHULUAN

Provinsi Kalimantan Timur mempunyai luas wilayah dan daratan sekitar 12.726.752 ha yang terdiri dari daratan seluas 12.533.681 ha dan perairan darat seluas 193.071 ha. Sebagai provinsi terluas ketiga, Provinsi Kalimantan Timur memiliki luas wilayah mencapai 6,66 persen dari luas wilayah Indonesia. Kalimantan Timur mempunyai panjang ruas jalan Nasional 1.493,68 km yang terdiri dari 1.357,25 km jalan beraspal, 63,27 km dengan perkerasan kaku dan 73,16 km masih agregat dan tanah, belum termasuk panjang jalan kabupaten dan jalan kota. Sehingga sarana dan prasarana transportasi sangat diperlukan karena merupakan komponen yang penting dalam penunjang aksesibilitas pembangunan, dengan adanya bahan material jalan yang awet dan memadai akan mempercepat proses pembangunan, bahan perkerasan (agregat) dan aspal merupakan bahan perekat perkerasan jalan merupakan komponen penting dalam pembangunan jalan baru maupun rehabilitasi jalan yang sudah ada.

Masalah yang dihadapi pemerintah provinsi Kalimantan-Timur tentang pembangunan jalan saat ini adalah minimnya ketersediaan material lokal, Kebutuhan material untuk pembangunan perkerasan jalan di Kalimantan Timur, selama ini masih sangat tergantung dari batu dan pasir palu, sehingga biaya konstruksi jalan di Kalimantan Timur menjadi mahal. sehingga perlunya penelitian tentang mutu agregat lokal batu laterit dan bahan pengikat untuk perkerasan aspal, penelitian tersebut yang bisa dilakukan diantaranya adalah mencari alternatif dengan memanfaatkan batu laterit sebagai pengganti batu palu dan menambah *crumb rubber* pada perkerasan aspal, alasan penggunaan batu laterit karena ketersediaannya cukup banyak dibandingkan dengan batu gunung serta bahan tambah pengikat karet karena bahan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang, mengurangi kebisingan dan solusi alternatif dalam mengurangi limbah ban karet yang ada.

Menurut data Direktorat Jenderal Mineral, batu bara dan Panas Bumi tahun 2010, Indonesia adalah salah satu negara penghasil laterit terbesar di dunia dengan total 1,463,843,000 ton dari hasil pemetaan tahun 2010) dimana 50% terdapat di Kalimantan. Diprediksi hampir 70% jenis Batu Laterit yang ada di Kalimantan adalah yang kualitas baik dan dapat dimanfaatkan untuk bahan-bahan pembuatan konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan sehingga dapat bernilai ekonomis dan dapat dijadikan mata pencarian warga sekitar yang memiliki gunung laterit. Di beberapa daerah lain sudah memanfaatkan batu laterit ini untuk bahan campuran dalam membuat komponen pada bangunan, seperti beton ringan (Wikipedia).

Untuk memenuhi fungsi sebagai lapisan perkerasan yang meneruskan beban lalu lintas menuju ke pondasi, dilakukan dengan meningkatkan sifat fleksibilitas dan ketahanan campuran aspal terhadap air, dalam hal ini dibutuhkan bahan lain yang dapat meningkatkan kualitas bahan penyusun lapisan perkerasan. Salah satunya adalah penggunaan *crumb rubber* yang berasal dari limbah karet ban yang diolah melalui proses *Ambient grinding*, dimana ban bekas diparut dan digiling ukuran lolos saringan No.4 (4.75 mm) pada temperatur ruang yang nantinya digunakan sebagai bahan tambah pada campuran aspal lapis pengikat (AC-BC), karet ban mempunyai komposisi zat karet tinggi yang mampu meningkatkan fleksibilitas pada campuran aspal

Ban bekas merupakan bagian utama dari masalah pengelolaan limbah padat dunia. Setiap tahun Indonesia memerlukan ban sekitar 51 juta - 53 juta per tahun. Hampir setengah dari ban bekas tersebut ditimbun atau ditimbun dengan sisanya didaur ulang, diekspor dan dibuang secara ilegal. Jika alternatif pembuangan TPA tidak ditemukan, biaya pembuangan akan meningkat dan pembuangan ilegal atau penyimpanan yang tidak memadai akan terus memburuk. Resiko kebakaran yang terkait dengan pembuangan ilegal berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan yang signifikan. Populasi kendaraan yang ada di seluruh bagian Indonesia mencapai 124.348.224 unit. Data tersebut didapat dari pendaftaran registrasi kendaraan terhitung sampai Juli 2016. Setiap tahun dikatakan pertumbuhan kendaraan enam juta unit per tahun. Sebesar 10 – 15 persen kontribusinya berasal dari mobil dan akibatnya jumlah ban bekas yang muncul di Indonesia cenderung meningkat. Dalam pasar daur ulang yang meluas, hanya dua aplikasi, sampai saat ini dan telah menunjukkan potensi untuk menggunakan sejumlah besar ban bekas, (i) bahan bakar untuk pembakaran dan (ii) *crumb rubber asphalt* untuk perkerasan aspal. Meski pembakaran bisa menghabiskan jutaan ban, itu bukan solusi lingkungan yang ideal. Satu-satunya alternatif yang potensial dapat dimanfaatkan yaitu dengan menggunakan *crumb rubber asphalt* untuk perkerasan aspal. Dalam dua dekade terakhir, pemanfaatan ban bekas sebagai bahan konstruksi jalan telah menjadi sarana yang populer untuk meminimalkan pencemaran lingkungan.

Dari hasil survey dilokasi penelitian ini dilakukan karena melimpahnya material agregat kasar (batu laterit), pasir Mahakam dan limbah karet belum termanfaatkan secara optimal sumber daya alam yang ada khususnya untuk berbagai kepentingan konstruksi perkerasan jalan Sehingga bermanfaat sebagai alternative bahan material untuk campuran aspal beton.

Menurut Mc Quillen and Hicks, (1987), dibandingkan aspal konvensional, *crumb rubber asphalt* memiliki kelebihan yaitu memiliki viskositas yang lebih tinggi pada suhu 60°C, lebih tahan lama dan mempunyai permukaan yang lebih elastis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemakaian *crumb rubber asphalt* pada perkerasan jalan raya telah terbukti dapat mengurangi dampak *cracking* pada *overlay*, mengurangi biaya pemeliharaan, meningkatkan ketahanan terhadap *cracking* dan *rutting* pada perkerasan baru, meningkatkan *skid resistance* dan umur perkerasan, serta mengurangi tingkat kebisingan. Berdasarkan hasil penelitian Sugiyanto (2008) penggantian agregat dengan serbuk ban bekas mampu menambah ketahanan campuran aspal terhadap air, sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan. Penggunaan *crumb rubber* pada campuran lapis aspal beton dapat memberikan manfaat untuk mendaur ulang atau memberikan manfaat kembali limbah karet dimana limbah karet kendaraan tidak dapat dipakai kembali dan tidak larut di dalam tanah maupun air tanah.

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.

Kondisi tegangan yang terjadi akibat beban roda pada lapisan perkerasan dapat diuji di laboratorium namun dengan banyak faktor yang disederhanakan. Pada kondisi sesungguhnya tekanan atau beban diterapkan tiga dimensi. Oleh karena itu, sejumlah pengujian yang telah disederhanakan, diperkenalkan 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*, 2013).

Dari uraian-uraian diatas, peneliti memandang perlu melakukan penelitian tentang kinerja campuran AC-BC dengan menggunakan material lokal (batu laterit dan pasir mahakam) dengan bahan pengikat aspal dan modifikasi bahan tambah karet, dengan menguji sifat fisik dari batu laterit sesuai dengan standar perkerasan jalan.

Pengujian awal dilakukan pada agregat batu laterit dan kadar aspal optimum dan juga agregat dengan variasi crumb rubber. Dari hasil pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles diperoleh keausan agregat sebesar 22,5 %. Nilai ini memenuhi syarat agregat menurut spesifikasi umum 2010 revisi 3 yaitu keausan agregat dengan mesin Los Angeles untuk campuran AC Maksimal 40 %.

Hasil pengujian karakteristik Marshall pada kondisi KAO 5,4 % dengan penambahan kadar batu laterit 100 % didapatkan nilai Marshall properties, yaitu : Stabilitas sebesar 1396 kg (min 1000 kg), Flow sebesar 4,02 mm (min 3 mm), Marshall Quotient sebesar 352,22 kg/mm, VIM sebesar 10,65 (3-5%) %, VMA sebesar 22,11 % (min 14 %)

Hasil pengujian karakteristik Marshall kondisi KAO (5,4 %) dengan penambahan kadar crumb rubber 2%, didapatkan nilai Marshall properties yaitu : Stabilitas sebesar 1111 kg (min 1000 kg), Flow sebesar 7,46 mm (min 3 mm), Marshall Quotient sebesar 155,5 kg/mm, VIM sebesar 4,93 (3-5%) %, VMA sebesar 16,66 % (min 14 %). Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisis sifat mekanik campuran AC-BC yang menggunakan *Crumb Rubber Modified*.
2. Menganalisis interaksi *crumb rubber* dengan aspal dengan proses kering *crumb rubber modified* sebagai bahan utama pada pengujian kimia dan rheology aspal.
3. Menemukan perilaku fatigue campuran AC-BC yang menggunakan *Crumb Rubber Modified*.

TINJAUAN PUSTAKA

Isu Strategis Pemanfaatan Batu Laterit dan Limbah Karet dalam Campuran Beraspal

Indonesia merupakan negara penghasil karet nomor dua terbesar didunia setelah Thailand. Produksi karet alam Indonesia saat ini sekitar 3,2 juta ton dengan luas lahan perkebunan sekitar 3,4 juta hektar. Produksi karet dalam negeri sekitar 85% masih di ekspor dalam bentuk karet mentah dan sisanya untuk konsumsi dalam negeri. Rendahnya permintaan ekspor karet mentah menyebabkan kelebihan suplai dalam negeri sehingga harga karet turun drastis. Salah satu upaya untuk menstabilkan harga karet adalah dengan meningkatkan konsumsi domestik. Untuk mendukung hal

tersebut maka Kementerian PUPR melalui Pusjatan Balitbang dan Kementerian Perindustrian berupaya untuk memanfaatkan karet alam dalam bidang infrastruktur, salah satunya sebagai bahan tambah untuk aspal (aspal karet).

Bertolak dari upaya meningkatkan penyerapan karet alam dalam negeri dan kebutuhan aspal kinerja tinggi, Pusjatan melakukan litbang mengenai karet alam sebagai modifier aspal sejak 2007. Penelitian aspal karet merupakan salah satu penelitian yang dilakukan Pusjatan dalam memanfaatkan karet alam yang digunakan adalah karet pekat (lateks) yang memiliki kandungan karet kering 60% (KKK 60). Berdasarkan hasil monitoring dan uji coba lapangan menunjukkan bahwa pada perkerasan dengan aspal karet muncul bercak-bercak putih dan mulai terjadi kerusakan pada umur 18 bulan sampai kerijanya dibawah perkerasan dengan aspal Pen 60. Hal ini disebabkan karena masih digunakan karet alam yang belum melalui proses vulkanisasi sehingga mudah mengalami penuaan (aging) oleh sinar ultra violet.

Proses penelitian dan pengembangan aspal karet mengalami beberapa kendala, seperti pada proses pencampuran aspal dan karet cair langsung di tangki aspal AMP selama 4 jam pada temperature 150°C sehingga menambah waktu produksi dan meningkatkan biaya. Untuk menjaga konsistensi produk aspal karet disarankan proses pencampuran aspal dan karet alam cair dilakukan di bitumen plant. Demikian juga dengan karet alam padat, untuk menghasilkan campuran aspal karet yang homogen pada skala lapangan dibutuhkan 2 mesin colloid mill. Inlet untuk mesin colloid mill maksimal untuk material ukuran 2 cm sehingga perlu pemotongan master batch agar dapat dimasukkan kedalam colloid mill. Tahun 2015 Kementerian PUPR dengan Kementerian Perindustrian dan Puslit Karet melakukan pengembangan aspal karet sebagai modifier aspal. Dan Tahun 2017 dilakukan penghamparan di beberapa tempat. Penghamparan yang dilakukan antara lain pada ruas jalan raya Parung – Depok pada Minggu dini hari 5 November 2017. Penghamparan sepanjang 500 m untuk perkerasan aspal karet padat master batch dan 100 m untuk perkerasan aspal Pen 60 sebagai pambanding.

Crumb Rubber (Karet Padat Ban Bekas)

Sebagai pelapis ban bekas, lapisan ini berbentuk lembaran karet yang lunak sehingga mudah untuk dibentuk. Lapisan ini tidak begitu mendapatkan banyak perhatian dari orang. Komposisi ban terdiri dari empat bahan utama : karet, karbon hitam, logam dan tekstil. Bahan yang tersisa adalah aditif, yang memudahkan pencampuran, dan vulkanisir. Tabel 1 adalah versi gabungan dari komposisi ban umum pada ban mobil dan truk (Shulman, 2000). Secara umum, ban terdiri dari karet alam dan sintetis. Proporsi bervariasi sesuai dengan ukuran dan penggunaan ban. Aturan umum yang berlaku umum adalah bahwa semakin besar ban dan penggunaannya yang lebih kasar, semakin besar rasio karet alam terhadap karet sintetis. Komponen terpenting kedua dari ban adalah karbon hitam. Karbon hitam terutama digunakan untuk meningkatkan kekakuan pada tapak ban untuk meningkatkan daya tarik, mengendalikan getaran dan mengurangi aquaplaning; di dinding samping untuk menambahkan fleksibilitas dan untuk mengurangi panas (Shulman. 2000).

Tabel 1. Perbandingan ban mobil penumpang dan truk

Material	Car	Truk
Rubber/Elastomers	48%	45%
Carbon Black	22%	22%
Metal	15%	25%
Textile	5%	-
Zinc Oxide	1%	2%
Sulphur	1%	1%
Addtives	8%	5%

Crumb Rubber adalah produk karet daur ulang yang ramah lingkungan karena diperoleh dari daur ulang limbah berbahan dasar karet ban bekas. *Crumb Rubber* memiliki kelebihan seperti : daya lekat yang bagus, kokoh, awet dan tahan lama, lebih tahan terhadap bensin dan minyak pelumas serta tahan terhadap cuaca.

Crumb Rubber bisa didapatkan dengan proses pengolahan daur ulang *ambient grinding*. *Ambient grinding* adalah suatu metode proses dimana ban bekas diparut, digiling yang diproses pada temperatur ruang. Bahan utama dari *Crumb Rubber* pada umumnya berasal dari limbah karet ban bekas.



Gambar 1. Butiran *crumb rubber* (Suhaemi (2013))

Pada penelitian yang dilakukan Lievana Emililiano Julian (2005), kandungan kimia *Crumb Rubber* memiliki unsur unsur penyusun yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi zat ban (Lievana Emililiano Julian, 2005)

Bahan	Zat Ban Kendaraan (%)
Karet	48
Karbon <i>black</i>	22
Logam	15
Tekstil	5
Zinc Oksida	1
Sulfur	1
Bahan Aditif	8

Batu Laterit dan Pasir Mahakam

Batu laterit adalah tanah yang mengeras menyerupai batu dari hasil pengendapan zat-zat seperti nikel dan besi. Laterit sendiri terbentuk secara alami yang didalamnya banyak terkandung unsur dan zat-zat hara yang membentuk lapisan tanah tersebut mengeras seperti batu. Dahulu kala batu laterit sering dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bata karena ketika lembab laterit mudah dipotong, namun setelah terkena udara dalam waktu yang lama akan mengeras seperti batu. Laterit banyak ditemui diwilayah beriklim tropis yang panas dan lembab. akibat dari kandungan oksida besi dan nikel yang begitu banyak sehingga menjadikan tanah laterit mengeras menyerupai batu. Komposisi mineral dan kimia di dalam batu [laterit](#) sangat berpengaruh pada batuan induknya, laterit umumnya mengandung sejumlah besar kwarsa dan oksida titanium, zirkon, besi, timah, mangan dan aluminium, yang tertinggal dari dari proses pengausan (Inco, 2005). Gambar 2 memperlihatkan batu laterit Kalimantan Timur.



Gambar 2. Batu laterit Kalimantan Timur

Menurut Yves Tardy, peneliti dari *French Institut National Polytechnique De Toulouse And The Centre National De La Recherche Scientifique*, memperkirakan bahwa jenis laterit menutupi sekitar sepertiga dari seluruh daratan di dunia. Lapisan ini adalah sublapisan dari hutan-hutan di [khatulistiwa](#), sabana-sabana di wilayah tropis yang lembab. Negara-negara yang kaya akan jenis laterit adalah Brazil, Australia, Guatemala, Kolombia, Eropa Tengah, Myanmar, Kuba, [Indonesia](#) dan Filipina. Beberapa penemuan geografis menunjukkan bahwa deretan batu laterit banyak digunakan sebagai fondasi kuil-kuil di Kamboja pada abad ke-9 dan ke-12. Indonesia adalah salah satu penghasil laterit terbesar di dunia dengan total 1,063,843,000 ton dari hasil pemetaan tahun 2004 dimana 50% terdapat di [Pulau Kalimantan](#). Diprediksi hampir 70% jenis batu laterit yang ada di Kalimantan adalah yang kualitas baik dan dapat dimanfaatkan untuk bahan-bahan pembuatan [elemen konstruksi](#) bangunan sehingga dapat bernilai ekonomis dan dapat dijadikan mata pencarian warga sekitar yang memiliki gunung laterit.

Pasir berasal dari sungai Mahakam, Tenggarong Kalimantan yang berada pada daerah pertambangan sehingga mengandung partikel berwarna hitam yang berasal dari batubara, akan tetapi bentuknya masih menyerupai pasir biasa seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pasir Mahakam

Karakteristik Mekanik Campuran Beraspal

Kekakuan

Modulus kekakuan merupakan indikator kinerja penting untuk campuran aspal terutama lapisan pengikat dan bahan dasar. Kekakuan elastis di perkerasan adalah ukuran kemampuan material untuk menyebarkan pemuatan lalu lintas di suatu area. Campuran dengan kekakuan elastis tinggi menyebar melebihi area yang lebih luas yang mengurangi tingkat regangan suhu lebih rendah pada struktur perkerasan, bergantung pada suhu dan frekuensi pemuaian. Kekakuan material bitumen dapat digunakan dalam perhitungan ketebalan lapisan yang dibutuhkan pada desain perkerasan. Parameter kekakuan umumnya dievaluasi sebagai rasio antara tegangan maksimum dan regangan maksimum (persamaan 1).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1)$$

Dimana:

E = *elastic stiffness* (MPa)

σ = *stress* (N/mm²)

ε = *strain*

Modulus elastisitas untuk suatu benda mempunyai batas regangan dan tegangan elastisitasnya. Batas elastisitas suatu bahan bukan sama dengan kekuatan bahan tersebut menanggung tegangan atau regangan, melainkan suatu ukuran dari seberapa baik suatu bahan kembali ke ukuran dan bentuk aslinya. Nilai elastisitas diperoleh dari tegangan yang dibagi dengan regangan yang diperoleh dari material yang diuji.

Fatigue

Kelelahan dapat didefinisikan sebagai tekanan berulang atau berfluktuasi yang memiliki nilai maksimum umumnya kurang dari kekuatan tarik material. Ini terdiri dari dua fase utama, inisiasi retak dan perambatan retak, dan disebabkan oleh tegangan tarik yang dihasilkan di perkerasan dengan tidak hanya pemuatan lalu lintas tetapi juga variasi suhu (Baca, 1996; Rao et al, 1990). Karakteristik kelelahan campuran aspal biasanya ditunjukkan dalam bentuk tegangan atau regangan awal dan jumlah pengulangan beban terhadap kegagalan dan dapat dinyatakan sebagai berikut (Monismith et al. 1985) :

$$N_f = A \left(\frac{1}{\varepsilon} \right)^b \left(\frac{1}{s_{max}} \right)^c \quad (2)$$

Dimana :

N_f = jumlah repetisi beban terhadap kegagalan

ε_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

s_{max} = kekakuan campuran

A, b, c = koefisien yang ditentukan secara eksperimen

Model Retak The Asphalt Institute (1982)

Persamaan retak fatik perkerasan lentur untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah :

$$N_f = 0.0796 (\varepsilon_t)^{-3.291} (E)^{-0.854} \quad (3)$$

Dimana :

N_f = jumlah repetisi beban

ε_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

EAC = modulus elastis lapis permukaan

Model Retak Shell Pavement Design Manual

Berdasarkan hasil AASHTO road test, manual perencanaan perkerasan Shell mengembangkan persamaan yaitu :

$$N_f = 0.0685 (\epsilon_t)^{-5.671} (E_1)^{-2.363} \quad (4)$$

Dimana :

N_f = jumlah beban 18-kip ESALs

ϵ_t = regangan tarik di bawah lapisan aspal (AC)

E_1 = modulus resilient lapisan AC-BC

Model Retak Finn *et al*

Persamaan untuk mengetahui jumlah repetisi beban berdasarkan regangan tarik di bawah lapis permukaan adalah :

$$\text{Log } NF = 15,947 - 3,291 \log \left(\frac{\epsilon_t}{10^{-6}} \right) - 0,854 \log \left(\frac{E}{10^3} \right) \quad (5)$$

Dimana :

N_f = jumlah repetisi beban

ϵ_t = regangan tarik pada bagian bawah lapis permukaan

E = modulus elastis lapis permukaan

METODE PENELITIAN

Pengambilan Material Penelitian

Adapun bahan/material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar batu Laterit dan agregat halus pasir mahakam dan *filler* pasir mahakam
2. Crumb rubber yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 2-8 mm dan diayak untuk mendapatkan dua fraksi ukuran tunggal; melewati 6,3 mm dan bertahan pada 3,35 mm, dan melewati 3,35 mm dan bertahan pada 0,3 mm. Karena sebagian besar butiran Crumb rubber kurang dari 3,35 mm, kedua fraksi tersebut tidak ditempatkan dalam jumlah yang sama tetapi terdiri dari 20% < 6,3 mm dan > 3,35 mm dan 80% < 3,35 mm dan > 0,3 mm.
3. Aspal, yaitu aspal Pertamina penetrasi 40/60, 60/70, 160/220 yang diperoleh dari Polnes Samarinda.

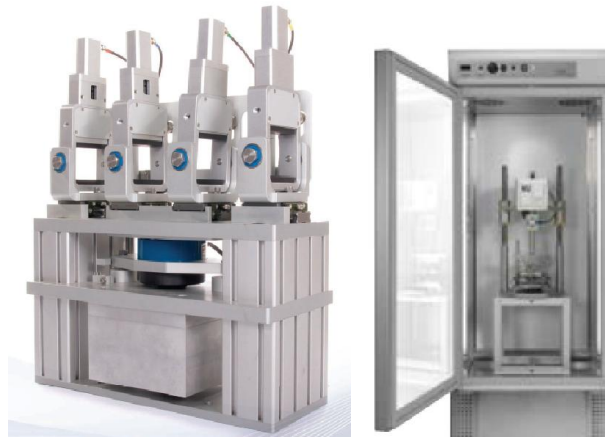
Rancangan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, yang perlu dilakukan adalah membuat urutan atau prosedur kerja yang akan dilakukan. Prosedur kerja berfungsi sebagai pemandu dalam melakukan penelitian sehingga tidak ada tahapan yang terlewat. Langkah pertama yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah persiapan material, seperti agregat kasar (batu pecah), agregat halus (pasir) dan *filler*, aspal penetrasi 60/70 dan bahan pengganti agregat yaitu *crumb rubber* lolos saringan 6,3 mm. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan dan proporsi agregat untuk memperoleh agregat yang memenuhi spesifikasi laston AC-BC. Untuk aspal dilakukan pengujian sesuai spesifikasi aspal penetrasi 60/70. Untuk bahan pengganti agregat (*crumb rubber* lolos saringan 6,3 mm) dilakukan pengujian berat jenis dan titik lembek. Berdasarkan proporsi agregat dicari nilai persentase kadar aspal dalam campuran dan dibuat rancangan benda uji. Setelah benda uji terbentuk, pekerjaan dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*. Dari pengujian *Marshall* didapatkan data yang menghasilkan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum ini digunakan untuk campuran dengan menggunakan bahan pengganti (*crumb rubber* lolos saringan 6,3 mm). Kemudian didapatkan data yang akan dianalisis dan ditarik kesimpulan. Metode yang digunakan adalah penelitian di laboratorium, dengan mengacu pada :

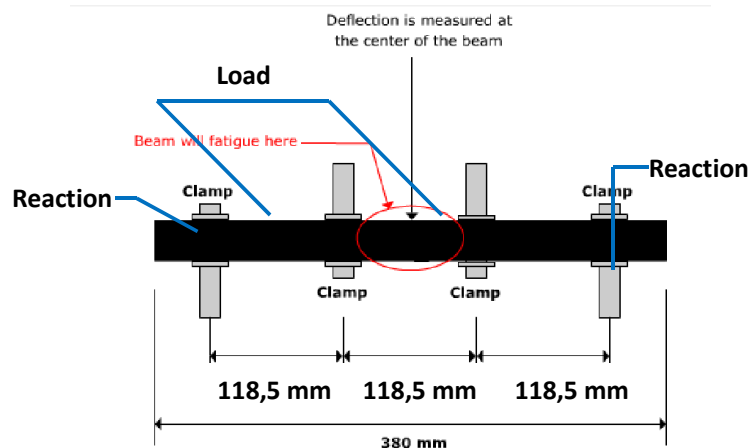
1. Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. *American Association for Testing and Material (ASTM)*.
3. *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.
4. *Strategic Highway Research Program (SHRP-A-383)*.

Pengujian Benda Uji

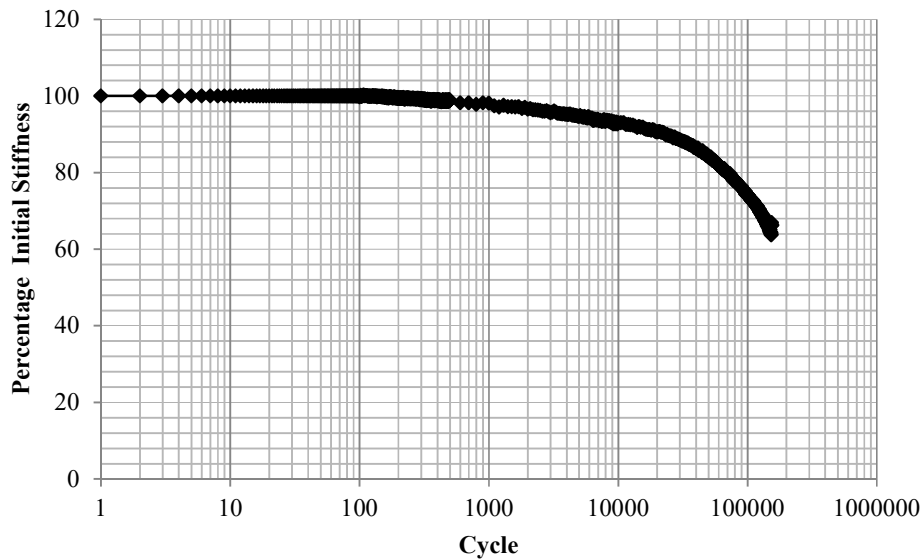
Alat uji yang digunakan untuk mengetahui pengaruh pembebanan berulang pada campuran beton aspal dalam penelitian ini, yaitu *Four Point Bending Beam Machine*. Dari pengujian pembebanan berulang tersebut, maka akan diketahui umur lelah suatu campuran beton aspal. Pada suatu desain perkerasan aspal yang baik, regangan yang dihasilkan akan rendah sehingga kelelahan bukan menjadi suatu masalah. Namun, ketika perkerasan mengalami pembebanan berulang kali akibat beban lalu lintas ataupun *overloading* yang sering terjadi di jalan akan mengakibatkan regangan yang cukup tinggi sehingga akan timbul keretakan akibat kelelahan campuran dan bertambahnya waktu akan menyebabkan kerusakan yang lebih pada suatu campuran beton aspal (Pavement Interactive, 2011).



Gambar 4. Alat uji four point bending beam machine



Gambar 5. Prinsip pengujian alat four point bending beam machine (Pavement Interactive, 2011)



Gambar 6. Hubungan modulus kekakuan dan siklus pembebanan dari alat uji

Dari pengujian menggunakan alat ini maka akan diperoleh gambaran grafik hubungan antara modulus kekakuan dengan jumlah siklus pembebanan campuran AC-WC hingga benda uji mengalami keruntuhan (modulus kekakuan berkurang 50% dari nilai modulus kekakuan awal) seperti terlihat pada Gambar 13. Umur kelelahan merupakan jumlah pengulangan pembebanan yang menyebabkan benda uji mengalami keruntuhan, sehingga dari grafik tersebut juga akan digambarkan bagaimana pengaruh pembebanan berulang terhadap kinerja campuran AC-WC.

Pengujian ini menggunakan standar sesuai dengan AASHTO T 321:07 Determining The Fatigue Life of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending.

HASIL YANG DIHARAPKAN

Penelitian mengenai campuran AC-BC sebagai konstruksi jalan telah banyak dilakukan, namun kebanyakan hanya menitik beratkan pada variasi agregat dan variasi temperatur, penelitian mengenai Crumb Rubber telah dilakukan sebelumnya dan lebih menitik beratkan pada karakteristik campuran perkerasan (stabilitas dan durabilitas), penelitian yang menitik beratkan pada stiffness, fatigue and rutting resistance untuk Crumb Rubber aspal terhadap beban berulang belum ada. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya:

1. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyu Purnomo tahun 2012 dengan judul "Perancangan Laboratorium Campuran Perkerasan HRS-WC dengan Crumb Rubber sebagai Filler"
2. Penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayat Delfianto tahun 2012 dengan judul "Tinjauan Durabilitas Campuran HRS-WC yang Menggunakan Limbah Crumb Rubber sebagai Pengganti Filler".
3. Pada dua penelitian diatas telah dilakukan pengujian terhadap karakteristik dan durabilitas aspal pen 60/70 yang telah dimodifikasi menggunakan Crumb Rubber dengan kadar 3%. Dengan campuran aspal yang digunakan adalah Hot Rolled Sheet sebagai wearing coarse.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Berry Evaldo tahun 2014 dengan Judul "Kajian Laboratorium pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Crumb Rubber pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) terhadap Nilai Properties Marshall dan ITS" Pada penelitian ini didapatkan karakteristik properties Marshall dan ITS pada berbagai kadar tambahan Crumb Rubber. Properties Marshall dan ITS optimum didapatkan pada kadar penambahan Crumb Rubber 5% dan 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), 1998a, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Part I : Specifications. 19th edition, Washington D.C.
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), 1998b, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Part II : Tests. 19th edition, Washington D.C.
- AASHTO T 245-97 (ASTM D 1559-76). Resistance Plastic of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus. American Society for Testing and Materials.
- Affandi F. (2006). Hasil pemurnian Asbuton Lawele sebagai bahan pada campuran aspal untuk perkerasan jalan. *Jurnal jalan – jembatan*, Vol. 23 No. 3, hal. 6 – 28.
- Affandi F. (2008). Karakteristik bitumen Asbuton butir pada campuran beraspal panas. *Jurnal jalan – jembatan*, Vol. 25 No. 3, hal. 350 – 368.
- Affandi F. (2008). Pengaruh Asbuton Semi Ekstraksi Pada Campuran Stone Mastic Asphalt. Bandung : Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Al-Hdabi A., Nageim H. A., Ruddock F., & Seton L. Laboratory Studies to Investigate The Properties of Novel Cold-Rolled Asphalt Containing Cement and Waste Bottom Ash. *Road Materials and Pavement Design*, Volume 15, Issue 1.
- Ali N., Samang L., Tjaronge, M.W., & Ramli M.I. (2012). Experimental study on effects of flood puddle to durability of asphaltic concrete containing Refined Butonic Asphalt. *Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9: 1364-1375.
- ASTM D 1559-89. Standard test method for resistance to plastic flow of bituminous mixtures using Marshall Apparatus.
- ASTM D6931 – 12, Standard Test Method for Indirect Tensile (IDT) Strength of Bituminous Mixtures.
- Birgisson B. et al. (2007). Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. *Science Direct, Construction and Building Materials* : 664 -673.
- Budiamin, Tjaronge M.W., Aly S.H., & Djamaluddin R. (2015). Mechanical characteristics of hotmix cold laid containing Buton Granular Asphalt (BGA) and flux oil as wearing course. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(12): 5200-5205.**
- Gaus A., Tjaronge M.W., Ali N., & Djamaluddin R. (2015) Compressive strength of asphalt concrete binder corse (AC-BC) mixture using Buton Granular Asphalt (BGA). *Procedia Engineering, The 5th International Confrence of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5)*, 125: 657-662.**
- Israil, M.W. Tjaronge, Nur Ali, Rudy Djamaluddin (2016). Extraction of Bitumen Asbuton as Asphalt Emulsion in Cold Asphalt Mix Ac-Wc. *International Journal of Applied Engineering Research* ISSN 0973-4562.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revuisi 3. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.