



PENGARUH *CRUMB RUBBER* DENGAN MATERIAL LOKAL SERTA *FILLER* BATU LATERIT TERHADAP NILAI MARSHALL ASPHALL CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)

Joko Suryono^{1*}, Karminto¹, Arifan¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

*email : jokosuryono55@gmail.com

ABSTRAK

Crumb Rubber sebagai bahan tambah pada aspal beton merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah, oleh sebab itu limbah *Crumb Rubber* sebagai campuran.. Penelitian ini, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *Crumb Rubber* sebagai bahan tambah dan abu laterit sebagai *filler* terhadap campuran beton aspal berdasarkan sifat – sifat dari campuran Marshall dan pengaruh penambahan *crumb rubber* terhadap sifat fleksibilitas campuran aspal beton lapis pengikat AC-BC. Meningkatkan sifat elastis pada campuran yang ditunjukkan pada nilai Flow yang meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* dalam campuran. Penggunaan 7 % parutan ban kendaraan roda 4 mempunyai Flow tertinggi yaitu 8,52 mm. Dalam hal ini mengindikasikan campuran aspal mampu menahan kelelahan plastis yang lebih baik dari campuran aspal tanpa penggunaan serbuk ban bekas serta dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC. Stabilitas terjadi penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* disebabkan oleh terlalu banyak penambahan kadar *Crumb Rubber* pada aspal yang dapat mengakibatkan kurangnya interlocking antara agregat dengan *Crumb Rubber*, sehingga agregat tidak menyatu sepenuhnya dan bertambahnya volume material menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat dan *Crumb Rubber* yang dapat mengakibatkan nilai stabilitas turun. Untuk nilai stabilitas dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 4%, 5%, 6%, dan 7% memenuhi standar persyaratan untuk campuran aspal beton AC-BC modifikasi *Crumb Rubber*.

Kata Kunci : Pengaruh *Crumb Rubber*, *Filler*, Stabilitas

1. PENDAHULUAN

Penggunaan *Crumb Rubber* sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton merupakan salah satu upaya untuk mengurangi limbah ban bekas yang selama ini hanya dibakar untuk mengurangi limbah dimana dapat mencemari lingkungan akibat pembakaran, oleh sebab itu limbah ban karet sebagai campuran aspal merupakan salah satu upaya yang optimal untuk mengurangi limbah ban bekas yang ada di lingkungan.

Aspal Concrete – Binder Course (AC-BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Tanah Dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran adalah stabilitas.

Sebagai *filler* digunakan *filler* abu batu laterit, dimana fungsinya sama dengan *filler* abu batu pada umumnya yang berfungsi sebagai mengisi rongga pada campuran aspal, pemilihan *filler* abu laterit di daerah Samarinda Provinsi Kalimantan Timur, dan *filler* batu laterit banyak tersedia.

Penelitian mengenai penggunaan *Crumb Rubber* yang berasal dari limbah karet ban sebagai bahan tambah campuran aspal AC-BC dengan variasi kadar 0%, 2%, 4%, 5%, 6% terhadap berat total campuran dan dengan menggunakan *filler* batu laterit serta agregat halus menggunakan pasir lokal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *Crumb Rubber* sebagai bahan tambah dan Abu batu laterit sebagai *filler* terhadap campuran beton aspal berdasarkan sifat – sifat dari campuran Marshall dan pengaruh penambahan *Crumb Rubber* terhadap sifat fleksibilitas campuran aspal beton lapis pengikat AC-BC.

Menurut Herlina N (2008), hasil penelitian Lateks sebagai *Filler* dapat memenuhi standar teknik perkerasan jalan raya, serta debu batu yang digunakan sebagai pengganti lateks dengan fungsi yang sama. Dari penelitian Sugiyanto (2008), hasil penelitian Campuran optimum diperoleh pada campuran yang mengandung serbuk ban bekas sebagai pengganti fraksi no. 50 (0,3 mm) mampu menambah ketahanan campuran HRA terhadap air. Juga penelitian Purnomo W (2012), hasil penelitian *Crumb Rubber* dapat digunakan sebagai pengganti debu. Pada *filler* dengan penetrasi 60/70. Kadar aspal yang digunakan 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Campuran perkerasan lapis aus laston (WRS-WC) yang menggunakan *Crumb Rubber* memiliki nilai stabilitas pelelehan, stabilitas sisa, keawetan, fleksibilitas, dan kehilangan berat beban roda diatas atau lebih baik dari campuran lapis aus laston (HRS-WC) konvensional. Penelitian Hanan F M (2011), hasil penelitian Pembuatan campuran perkerasan tersebut dilakukan dengan mengganti 100% agregat halus dalam campuran menggunakan *Crumb Rubber* dengan campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA). Pada campuran HRA penggantian agregat halus menggunakan *Crumb Rubber* memiliki nilai densitas. Berru E (2014), hasil penelitian Penggunaan limbah karet (*Crumb Rubber*) sebagai bahan tambah pada campuran aspal AC-BC, Dilakukan dengan variasi 0%, 5%, 10%, 12%. ditambahkan setelah agregat dan aspal dicampur, dengan Metode *Marshall* ditentukan kadar aspal optimum pada masing-masing variasi crumb rubber. Didapat hasil yang diperoleh pada persentase *Crumb Rubber* 0%, 5%, 10%, 12% berturut-turut adalah 74,87%; 75,86%; 74,10%; serta 72,63%. Disimpulkan *Crumb rubber* yang digunakan sebagai bahan tambah /adaktif campuran AC-BC dengan nilai optimum sebesar 5%. Karena campuran tidak mudah mengalami *cracking* dan deformasi oleh pembebanan lalu lintas dan menjadikan jalan lebih fleksibel. Hans (2016), dari hasil pengujian *Marshall* beton aspal nomor mesh 10 sebanyak 2% dengan kadar aspal optimum 6% – 7%, variasi *Crumb Rubber* nomor mesh 40 sebanyak 2% dengan kadar aspal optimum 5,5% - 7%, variasi *Crumb Rubber* nomor mesh 40 sebanyak 4% dengan kadar aspal optimum 6% - 7%, variasi *Crumb Rubber* nomor mesh 40 sebanyak 8% dengan kadar aspal optimum 7%. penambahan *Crumb Rubber* dalam campuran dilihat dari karakteristik *Marshall* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap campuran laston AC-WC.

2. METODOLOGI

2.1 Rancangan Campuran

2.1.1 Proporsi Campuran

Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia dilakukan dengan cara coba-coba (*trial error*). Untuk penggunaan pasir (*sand*) komposisinya tidak boleh lebih dari 15%. Persentase seluruh agregat dilakukan sehingga gabungan campuran aspal beton lapis antara (AC-BC) berada didalam batas-batas titik control.

2.1.2 Kadar Aspal Acuan

Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat. Dengan menggunakan rumus :

$$P = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\text{filler}) + K \quad 1)$$

Dimana :

P = Kadar aspal tengah

CA = Agregat kasar yang tertahan saringan No. 8

FA = Agregat halus yang lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200

Filler = Bahan pengisi yang lolos saringan No. 200

K = Konstanta dengan nilai 0.5 – 1.0 untuk laston dan 2.0 – 3.0 untuk lastasto

2.1.3 Pembuatan Benda Uji.

Tabel 1. Uji *Marshall* standar (2x75) tumbukan dalam menentukan KAO

Jenis Aspal	Pengujian <i>Marshall</i> Standar (2x75) tumbukan Dalam menentukan Kadar Aspal Optimum					Jumlah
	Variasi Kadar Aspal (%)					
	-1,0%	-0,5%	Pb	+0,5%	+1,0%	
Aspal Penetrasi 60/70	3	3	3	3	3	15
Sub Total						15

Dalam pembuatan benda uji, digunakan agregat yang sesuai dengan analisa saringan untuk masing-masing fraksi. Untuk 1 benda uji ditentukan dengan berat aspal + agregat adalah 1200 gram.

Langkah-langkah dalam pembuatan benda uji :



Gambar 1. Agregat dan *Filler Laterit*

Timbang agregat dan *filler* sesuai dengan berat agregat yang telah dihitung sebelumnya, campuran agregat digabung dan dimasukkan ke dalam wajan kemudian diaduk dan dipanaskan hingga mencapai suhu 135 °C, aspal dipanaskan hingga cair, meratakan campuran agregat dan aspal, setelah merata dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian ditusuk-tusuk dengan spatula, campuran dalam cetakan ditumbuk sebanyak 75 kali pada tiap sisinya, campuran yang telah ditumbuk dikeluarkan dari cetakan dengan bantuan dongkrak dan didiamkan pada suhu ruangan selama 24 jam.

3 Pengujian *Marshall*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas atau ketahanan terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Langkah-langkah dalam pengujian *Marshall* yaitu :

Benda uji yang sudah didiamkan selama 24 jam, diukur tingginya kemudian ditimbang, rendam benda uji di dalam air untuk mendapatkan volume isi, lalu dikeluarkan dan permukaannya dikeringkan dengan lap kemudian ditimbang dalam keadaan jenuh permukaan (SSD), benda uji direndam dalam bak perendam selama 30 menit dengan suhu 60° C, setelah direndam benda uji dikeluarkan dari bak perendam, Benda uji dipasang pada mesin *Marshall* untuk di test.

4 Pembuatan Benda Uji dengan variasi Kadar *Crumb Rubber*

Membuat benda uji pada kadar optimum (KAO), kemudian menambahkan dengan komposisi kadar *Crumb Rubber* (0%, 4%, 5%, 6%, 7%) dimana masing-masing kadar penambahan *crumb rubber* dibuat 4 (empat) benda uji. *Crumb Rubber* dicampurkan setelah aspal dan agregat tercampur pada suhu ± 165° C dengan pencampuran kering (*dry process*). Melakukan kembali

uji *Marshall* standar (2x75) tumbukan serta uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* setelah penambahan *crumb rubber*. Jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji *Marshall* standar (2x75) tumbukan dengan Penambahan *Crumb Rubber*.

Berat Benda uji	Pengujian <i>Marshall</i> Standar (2x75) tumbukan dengan Penambahan <i>Crumb Rubber</i> berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO)					Jumlah
	Variasi Kadar <i>Crumb Rubber</i> (%)					
	0%	4%	5%	6%	7%	
1200 gr	4	4	4	4	4	20
Sub Total						20

Cara Pengujian *Crumb Rubber*



Gambar 2. Memasak Agregat dan Mencampur *Filler Laterit*



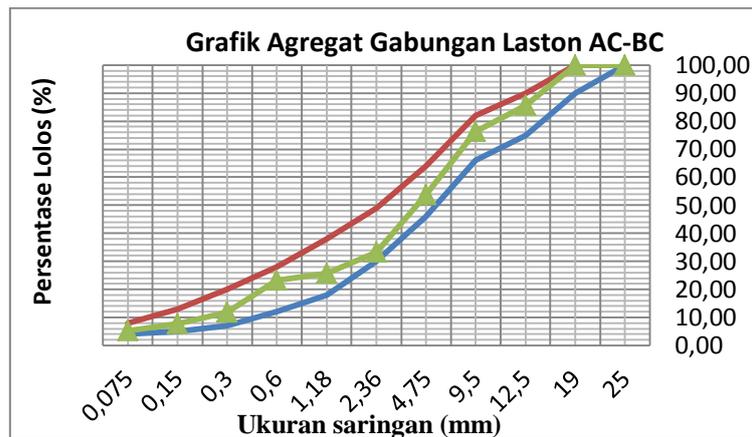
Gambar 3. Mengeluarkan dan Mendiamkan sampel

Analisa Data

Data yang dihasilkan dari percobaan kemudian dianalisa dengan menggunakan rumus dan sifat-sifat campuran yang ada.

3. PEMBAHASAN

Hasil penelitian, adalah hasil pengaruh penambahan kadar *Crumb Rubber* terhadap kadar aspal optimum campuran AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*. Namun disamping itu akan disajikan pula data – data hasil pemeriksaan terhadap material yang digunakan dalam campuran aspal beton yang meliputi hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat, hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal, dan hasil pengujian *Marshall*.



Gambar 4. Grafik Agregat Gabungan Untuk AC-BC

Pada agregat gabungan didapatkan proporsi dari tiap fraksi agregat yaitu :

- Batu Palu 3/4" = 30 %
- Batu Palu 3/8" = 35 %
- Pasir Palu = 15 %
- Abu Batu = 15 %
- Filler = 5 %

Pada penelitian ini untuk menentukan kadar aspal acuan menggunakan rumus Depkimpraswil 2002 sebagai *Mix Design* :

$$P = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\text{filler}) + K$$

$$CA = 100\% - 31.78\% = 68.22\%$$

$$FA = 31.78\% - 4.96\% = 26.82\%$$

$$F = 4.96\%$$

$$P = 5.48\% \longrightarrow 5.5\%$$

Dari perhitungan didapatkan nilai kadar aspal tengah sebesar 5.5% dari berat total campuran agregat. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, maka dibuat benda uji dengan rentang 2 kadar aspal dibawah kadar aspal tengah (4,5% ; 5%) dan 2 rentang kadar aspal diatas kadar aspal tengah (6% ; 6,5%) seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Variasi Kadar Aspal

Kadar Aspal (%)	4.5	5	5.5	6	6.5

Kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalam pori masing-masing butir agregat

Rancangan Campuran Benda Uji Marshall

Setelah diperoleh komposisi agregat dan variasi kadar aspal, maka dibuat rancangan campuran benda uji pada variasi kadar aspal. Masing-masing kadar aspal dibuat tiga buah benda uji. Adapun hasil berat agregat dan aspal berdasarkan proporsi masing-masing dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat Agregat dan Aspal

Material	Kadar Aspal %				
	4.5	5	5.5	6	6.5
	Berat (gram)				
Aspal	54.00	60.00	66.00	72.00	78.00

Batu 3/4"	30 %	343.8	342	340.2	338.4	336.6
Batu 3/8"	35 %	401.1	399	396.9	394.8	392.7
Abu Batu	15%	171.90	171.00	170.10	169.20	168.30
Pasir	15%	171.90	171.00	170.10	169.2	168.30
Filler	5%	57.30	57.00	56.70	56.40	56.10
Berat 1 Benda Uji		1200	1200	1200	1200	1200

(Hasil Pengujian)

Karakteristik Campuran AC - BC

Setelah membuat campuran benda uji dilanjutkan dengan melakukan pengujian *Marshall*. Dari hasil pengujian *Marshall*, didapatkan data berupa nilai Stabilitas dan *Flow*. Untuk mendapatkan nilai stabilitas yang sesuai, maka angka pembacaan alat perlu dikoreksi terhadap tebal benda uji. Sedangkan nilai VIM, VMA, dan *Marshall Quotient* didapat dari hasil perhitungan. Adapun nilai karakteristik campuran AC – BC setelah dilakukan pengujian *Marshall* dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Karakteristik Campuran AC-BC

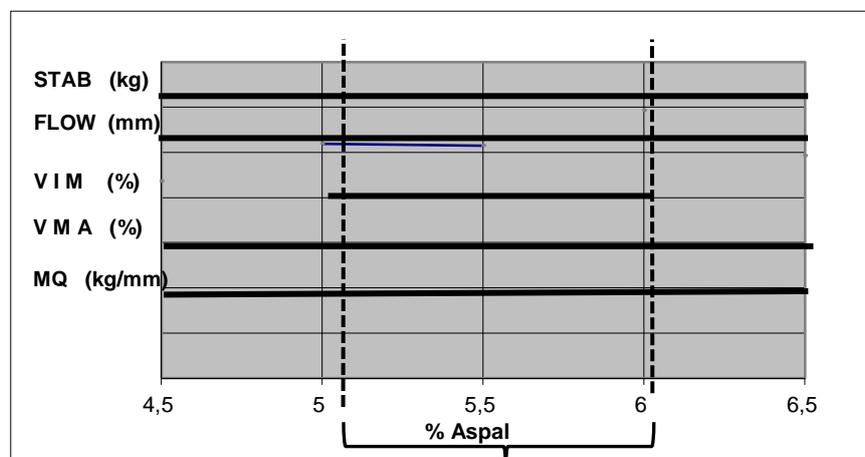
Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)					Persyaratan Campuran
	4.5	5	5.5	6	6.5	
Stabilitas (kg)	1926	2252	2259	2552	2397	Min. 800
<i>Flow</i> (mm)	5.01	4.61	4.99	4.41	4.90	Min. 3.00
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	436.7	519.3	514.7	592.2	492.5	Min. 250
VIM (%)	6.45	4.97	3.58	2.41	1.21	3 - 5
VMA (%)	16.60	16.39	16.18	16.23	1625	Min. 14

Hubungan Kadar Aspal dengan Karakteristik

Setelah karakteristik campuran diperoleh setelah pengujian *Marshall* dan perhitungan, maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dengan karakteristik yang didapat di antaranya stabilitas, *flow* (kelelahan), *Marshall Quotient*, VIM, dan VMA.

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang ditentukan dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi spesifikasi masing-masing karakteristik antara lain nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, dan *Marshall Quotient*. Dari hubungan karakteristik campuran AC-BC dengan variasi kadar aspal sebelumnya dapat dilihat rentang yang memenuhi syarat spesifikasi keseluruhan yang tercantum dalam Gambar 5.



KAO = 5,6 %

Gambar 5. *Bar chart* karakteristik campuran AC-BC dengan variasi kadar aspal

Berdasarkan pada grafik perbandingan karakteristik campuran AC-BC dengan variasi kadar aspal didapatkan *bar chart* Gambar 5. Pada *bar chart* nilai stabilitas, *flow*, VMA, dan *MQ* untuk kadar aspal 4.5% sampai 6.5% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan untuk nilai VIM yang memenuhi syarat spesifikasi pada kadar aspal 5.13% sampai 6%. Untuk penentuan nilai kadar aspal optimum didapatkan dari nilai rata-rata dari kadar aspal yang menunjukkan nilai masing-masing karakteristik campuran AC-BC yang optimum. Nilai stabilitas yang optimum terletak pada kadar aspal 6%, *flow* optimum terletak pada kadar aspal 5.5%, VIM optimum terletak pada kadar aspal 5.5%, VMA optimum terletak pada kadar aspal 5.5% dan *MQ* optimum terletak pada kadar aspal 5.5%, berdasarkan nilai optimum semua karakteristik campuran terhadap kadar aspal didapat nilai rata-rata kadar aspal yaitu 5.6% yang sekaligus menjadi kadar aspal optimum (KAO).

Rancangan Campuran AC-BC Dengan Penambahan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Tambah dan *Filler* Batu Laterit Sebagai Pengganti *Filler*.

Pada penelitian ini dibuat benda uji sebanyak 3 (tiga) buah untuk masing-masing variasi kadar *Crumb Rubber* dan *filler* batu laterit dengan kadar 5% pengganti *filler* batu palu. Campuran agregat dan aspal yang sudah dicampur pada suhu $\pm 165^{\circ}\text{C}$ ditambahkan dengan parutan karet ban atau *Crumb Rubber*. Persentase penambahan *crumb rubber* adalah 4%, 5%, 6%, 7% berdasarkan berat total campuran AC-BC pada kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5,6%.

Hasil Karakteristik Campuran AC-BC Dengan Penambahan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Tambah dan *Filler* Batu Laterit Sebagai Pengganti *Filler* Batu Palu.

Dari hasil pengujian *Marshall*, didapatkan data berupa nilai stabilitas dan *flow*. Untuk mendapatkan nilai stabilitas yang sesuai maka angka dari pembacaan *dial* perlu dikoreksi terhadap tebal benda uji. Nilai *Marshall Quotient*, VMA, dan VIM. Didapat dari hasil perhitungan. Ringkasan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Karakteristik Campuran AC-BC Dengan Penambahan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Tambah dan *Filler* Batu Laterit Sebagai Pengganti *Filler* Batu Palu dengan kadar 5%

Karakteristik Campuran	Kadar <i>Crumb Rubber</i> (%)					Persyaratan Campuran
	0	4	5	6	7	
Stabilitas (kg)	1889	873.8	805.5	735.3	428.3	Min. 800
<i>Flow</i> (mm)	4.09	7.93	6.45	8.04	8.52	Min. 3.00
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	461.1	109.8	125.9	91.61	50.97	Min. 250
VIM (%)	4.31	4.92	5.02	4.87	4.97	3 - 5
VMA (%)	17.02	16.46	16.31	15.94	15.79	Min. 14

(Hasil Pengujian)

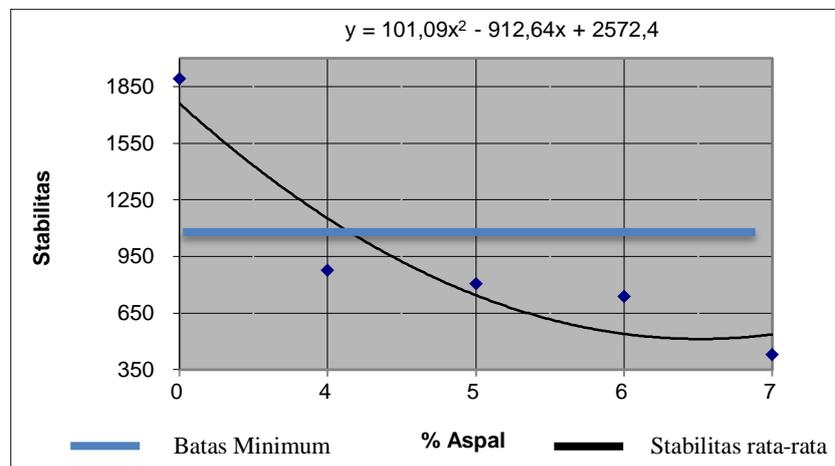
Hubungan Kadar *Crumb Rubber* dengan Karakteristik AC-BC

Setelah karakteristik campuran diperoleh dari pengujian *Marshall* dan perhitungan, maka selanjutnya dibuat grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dan *filler* batu laterit dengan karakteristik yang didapat di antaranya stabilitas, *flow* (kelelahan), *Marshall Quotient*, VIM, dan VMA.

Stabilitas

Stabilitas campuran mengindikasikan kemampuan lapis perkerasan jalan untuk menerima beban tanpa terjadi deformasi sesuai tingkat beban lalu lintas yang direncanakan. Stabilitas yang rendah akan memudahkan terjadinya lendutan, sebaliknya stabilitas terlalu tinggi dapat berakibat campuran menjadi kaku dan menyebabkan campuran menjadi relatif lebih cepat retak. Stabilitas terjadi karena geseran antar butir, penguncian antar agregat dan daya ikat dari aspal.

Nilai stabilitas rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 0 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 % berturut-turut adalah 1889 kg, 873.8 kg, 805.5 kg, 735.3 kg, 428.3 kg. Spesifikasi minimum untuk nilai stabilitas campuran AC-BC modifikasi *Crumb Rubber* adalah 1000 kg. Adapun grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan stabilitas rata-rata dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan Stabilitas

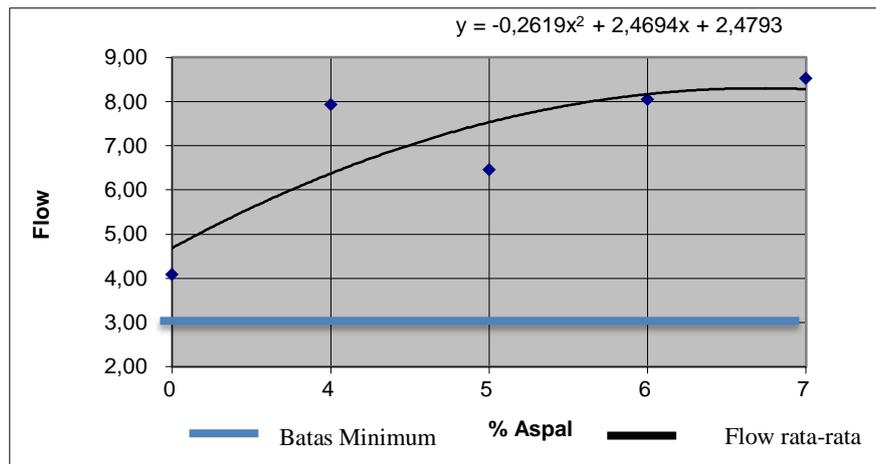
Gambar 6. menunjukkan bahwa nilai stabilitas rata-rata menurun seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* pada campuran. Sehingga semua kadar *Crumb Rubber* belum memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga dengan dengan stabilitas minimal 1000. Stabilitas rata-rata menurun disebabkan oleh bertambahnya volume material yang terjadi karena penambahan *Crumb Rubber* sehingga menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat dan *Crumb Rubber*.

Flow

Flow menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* yang rendah dapat mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* terlalu tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami deformasi seperti gelombang dan alur.

Nilai *flow* rata-rata campuran AC-BC pada pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 0 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 % berturut-turut adalah 4.09 mm, 7.93 mm, 6.45 mm, 8.04 mm, 8.52 mm. Spesifikasi minimum untuk nilai *flow* campuran AC-BC adalah 3 mm. Adapun grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan *flow* rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.3.

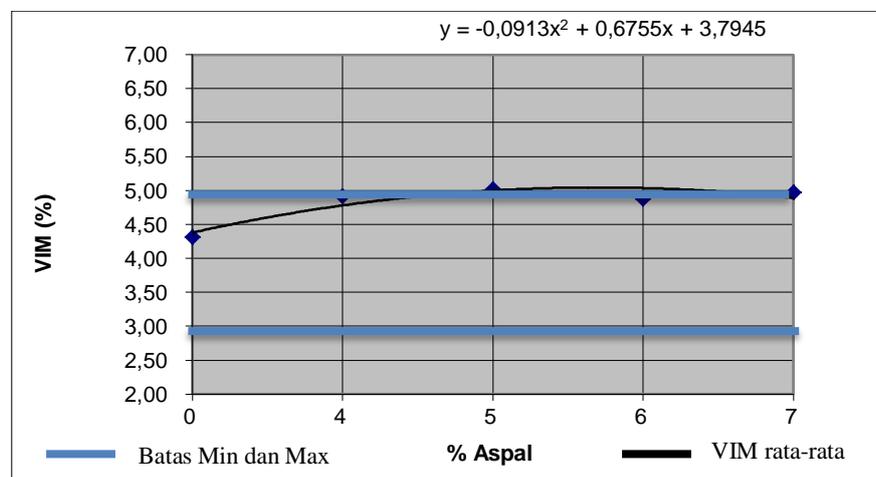
Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai *flow* rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* dalam campuran dan tetap memenuhi spesifikasi laston AC-BC yaitu nilai *flow* minimum 3 mm. Meningkatnya nilai *flow* rata-rata disebabkan oleh butir-butir *Crumb Rubber* yang memiliki sifat plastis pada campuran sehingga mampu meningkatkan sifat plastis pada campuran AC-BC yang dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC. Akan tetapi campuran yang memiliki nilai *flow* terlalu tinggi dapat menyebabkan butiran agregat akan semakin mudah bergeser dari kedudukannya, hal tersebut berarti bahwa sifat mengunci antar agregat rendah hingga agregat mudah bergeser sewaktu dibebani lalu lintas. Akan tetapi jika dilakukan penambahan jumlah pemadatan akan akan mengubah campuran aspal semakin rapat sehingga deformasi vertikal atau kelelahan plastis mengecil.



Gambar 7. Grafik Hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan *Flow*

VIM

Rongga udara dalam campuran (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam campuran. Nilai VIM yang tinggi dapat menimbulkan penuaan aspal dengan masuknya udara sehingga campuran bersifat *porous*, sedangkan nilai VIM yang terlalu rendah akan menimbulkan *bleeding* karena pada suhu yang tinggi, viskositas aspal akan menurun sesuai sifat termoplastisnya. Nilai VIM rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 % berturut-turut adalah 4.31 mm, 4.92 mm, 5.02 mm, 4.87 mm, 4.97 mm. Spesifikasi untuk nilai VIM campuran AC-BC adalah 3 - 5. Adapun grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VMA rata-rata dapat dilihat pada gambar 8.



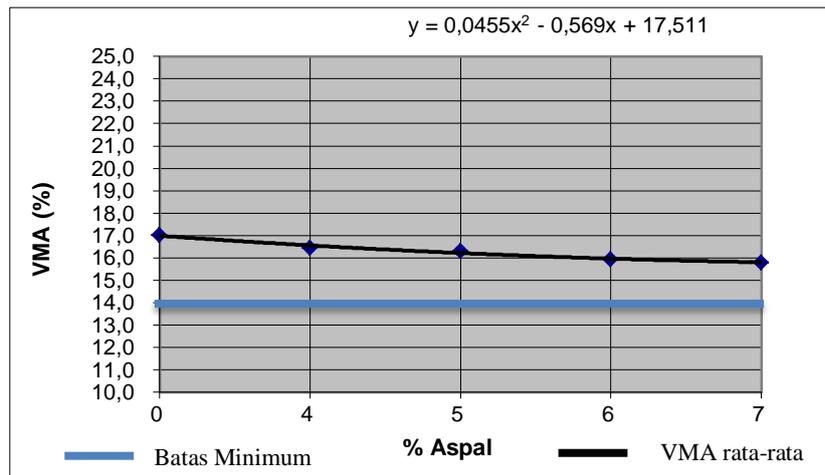
Gambar 8. Grafik Hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VIM

Gambar 8. menunjukkan bahwa nilai VIM mengalami peningkatan pada kadar *Crumb Rubber* 0% sampai 4% dan mengalami penurunan pada kadar seterusnya. Hal ini disebabkan semakin bertambah kadar *Crumb Rubber* menyebabkan aspal tidak optimum mengisi rongga pada agregat sehingga pada kadar tertentu VIM mengalami penurunan. Semua kadar penambahan *Crumb Rubber* memiliki Nilai VIM yang memenuhi persyaratan untuk campuran AC-BC yaitu 3% - 5%.

Rongga Antara Butiran Agregat (VMA)

Rongga Antara Butiran Agregat (VMA) adalah rongga akibat susunan partikel agregat yang terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran. VMA yang terlalu besar menyebabkan campuran memiliki stabilitas yang rendah sedangkan VMA yang terlalu kecil menyebabkan campuran memiliki durabilitas rendah.

Nilai VMA rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 0 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 % berturut-turut adalah 17.02 mm, 16.46 mm, 16.31 mm, 15.94 mm, 15.79 mm. Spesifikasi untuk nilai VMA campuran AC-BC adalah minimum 14%. Adapun grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VMA rata-rata dapat dilihat pada Gambar 9.



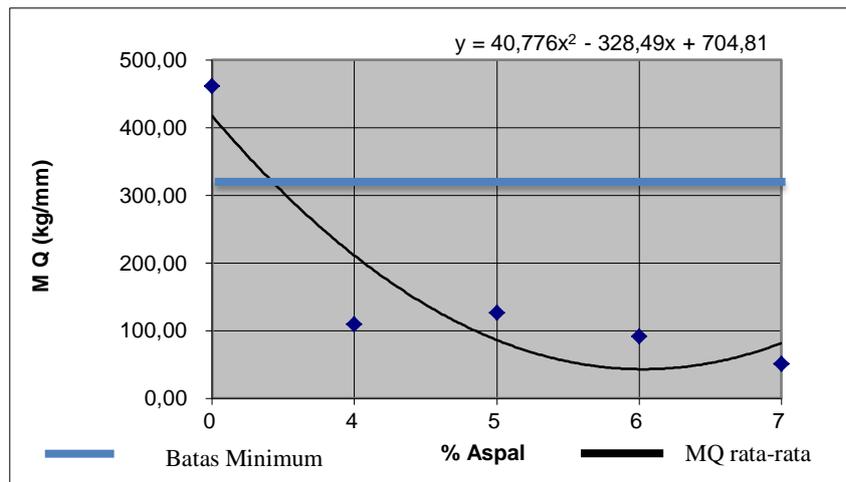
Gambar 9. Grafik Hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VMA

Gambar 9. menunjukkan bahwa VMA terjadi penurunan seiring bertambahnya kadar *Crumb Rubber* akan tetapi semua kadar *Crumb Rubber* masih memiliki nilai VMA memenuhi syarat spesifikasi umum yaitu minimum 14 %. Terjadinya penurunan VMA diakibatkan bertambahnya volume agregat sehingga aspal yang menyelimuti agregat dan *crumb rubber* membentuk selimut yang tipis, akibatnya rongga antar agregat semakin kecil.

Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan *flow*. Semakin besar nilai *Marshall Quotient*, campuran yang dihasilkan akan semakin kaku sebaliknya jika semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur.

Nilai *Marshall Quotient* rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 0 %, 4 %, 5 %, 6 %, 7 % berturut-turut adalah 461.1 kg/mm, 109.8 kg/mm, 125.9 kg/mm, 91.61 kg/mm, 50.97 kg/mm. Spesifikasi untuk nilai *Marshall Quotienta* campuran AC-BC adalah minimum 250 kg/mm. Adapun grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan *Marshall Quotienta* rata-rata dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan antara kadar aspal dengan MQ

Gambar 10. menunjukkan bahwa MQ dari campuran dengan kadar *Crumb Rubber* 0 % sampai 7 % cenderung mengalami penurunan. Penurunan nilai MQ disebabkan penurunan stabilitas yang seiring dengan meningkatnya nilai *flow* pada campuran. Penurunan nilai MQ menunjukkan campuran cenderung menjadi fleksibel dan tidak getas bila campuran aspal mengalami peningkatan jumlah pemadatan. Campuran aspal yang tidak getas menyebabkan kemampuan untuk menyesuaikan diri akibat lendutan beban atau fleksibilitas meningkat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Aspal Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, dan analisa data yang sudah dilakukan terhadap pengaruh penambahan variasi kadar *Crumb Rubber* terhadap aspal beton lapis pengikat (AC-BC) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil pengujian awal campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,6 %. Perbandingan Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar penambahan kadar *Crumb Rubber* semakin meningkatkan sifat elastis pada campuran yang ditunjukkan pada nilai *Flow* yang meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* dalam campuran. Penggunaan 7 % parutan ban kendaraan roda 4 mempunyai *Flow* tertinggi yaitu 8,52 mm. dalam hal ini mengindikasikan campuran aspal mampu menahan kelelahan plastis yang lebih baik dari campuran aspal tanpa penggunaan serbuk ban bekas serta dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC. Stabilitas terjadi penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb Rubber* disebabkan oleh terlalu banyak penambahan kadar *Crumb Rubber* pada aspal yang dapat mengakibatkan kurangnya interlocking antara agregat dengan *Crumb Rubber*, sehingga agregat tidak menyatu sepenuhnya dan bertambahnya volume material menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat dan *Crumb Rubber* yang dapat mengakibatkan nilai stabilitas turun. Untuk nilai stabilitas dengan penambahan kadar *Crumb Rubber* 4%, 5%, 6%, dan 7% memenuhi persyaratan dasar untuk campuran aspal beton AC-BC modifikasi *Crumb Rubber*.

DAFTAR PUSTAKA

Cut Khairani, D, E, Sofyan, M, S & Sugiarto, 2018, Uji *Marshall* Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) Dengan Ban Bekas Tambahan Parutan Ban Bekas, *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 1 (3) : 559-570.



- Darunifah, N, 2007, Pengaruh Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC), *Tesis*, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Faisal, Sofyan, M, S& Isya, M, 2004, Karakteristik *Marshall* Campuran Aspal Beton AC-BC Menggunakan Material Agregat Basalt Dengan Aspal Pen. 60/70 dan Tambahan Parutan Ban Dalam Bekas Kendaraan Roda 4, *Jurnal Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*, 3 (3) : 38-48.
- Hendarsin, S, L, 2000, Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya, Politeknik Negeri Bandung – Jurusan Teknik Sipil, Bandung.
- Julian, L, E, 2005, *Recycling of Ground Tyre Rubber and Polyolefin Westes by Producing Thermoplastic Elastomer*, *Genehmigte Dissertation, Technischen Universitats Kaiserslautern zur Erlangung des akademischen Grades*, Argentina.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *Dokumen Pelelangan Nasional jasa Penyediaan Pekerjaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum (Divisi 6)*, Revisi 3, Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Jakarta.
- Mataram, I, N, K, Thanaya, I, N, A, Suparsa, I, G, P & Dewi, L, G, N, 2015, Kajian Karakteristik Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas A dengan *Crumb Rubber 40 Mesh* Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bukit Jimbaran.
- Nathaniel, H, A, 2016, Pengaruh Penggunaan Bahan Adiktif *Crumb Rubber* Dengan *Filler* Semen Portland Terhadap Nilai *Marshall* Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC), *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Purnomo W, Evaldo B, & Suparma, L, B, 2014, Pemanfaatan *Crumb Rubber* (TYRE RUBBER) Sebagai Aditif Pada Aspal Modifikasi Polimer, *FSTPT International Symposium Jember University*.
- Ridho, A, N, 2012, Perencanaan Campuran aspal Porus Terhadap Karakteristik Marshall Dan Kuat Tarik Tidak Langsung Dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Halus, *Skripsi*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sugiyanto, G, 2008, Kajian Karakteristik Campuran *Hot Rolled Asphalt* Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas, *Jurnal Teknik Fakultas Sains dan Teknik UNSOED Purwokerto*, 8 (2) : 91 - 104.
- Subaganta, B, 2012, Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Terhadap Kinerja Campuran Aspal Panas Jenis *Hot Rolled Sheet* (HRS), *Jurnal Penelitian Dosen Fakultas Teknik Universitas Darwan Ali*, 2.