

**PENGARUH PENGGUNAAN CRUMB RUBBER DENGAN
MATERIAL PALU DAN *FILLER* BATU LATERIT
TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)**

***THE EFFECT OF USING CRUMB RUBBER WITH PALU
MATERIAL AND LATERITE STONE AS A FILLER ON THE
MARSHALL CHARACTERISTICS VALUE OF ASPHALT
CONCRETE – BINDER COURSE (AC – BC)***

Rahmat Mulyadi

Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
rahmatmulyadi283@gmail.com

M. Hidayat

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
mohammad_hidayat18@yahoo.com

Karminto

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda
karminto_m@yahoo.com

INTISARI

Aspal Concrete – Binder Course (AC-BC) adalah Lapisan yang berguna untuk meneruskan beban menuju ke pondasi. Untuk meningkatkan sifat *fleksibilitas*, salah satunya dengan penggunaan *Crumb Rubber* berasal dari limbah ban ukuran lolos saringan No. 4 (4,75 mm) sebagai bahan Tambah. Penelitian ini bertujuan mengetahui kadar aspal optimum campuran AC-BC dan mengetahui pengaruh penambahan *Crumb Rubber* dan *filler* batu laterit terhadap nilai karakteristik *Marshall* serta nilai kadar optimum penambahan *crumb rubber* pada campuran AC-BC. Tahapan awal penelitian mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), kemudian dilakukan penambahan *Crumb Rubber* kadar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap total berat benda uji dan *filler* batu laterit dengan kadar 5 %. Hasil penelitian didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,4 % dan Nilai stabilitas, VMA, dan MQ tertinggi didapat pada kadar *crumb rubber* 2 % adalah 1111 kg dan 16,66%, nilai *flow* tertinggi pada kadar 8 % adalah 13,18 mm, nilai VIM tertinggi pada kadar 4 % adalah 4,96%. Nilai optimum yang dapat digunakan dalam campuran AC-BC adalah 2%. Penggunaan *crumb rubber* pada campuran AC-BC mampu menahan kelelahan plastis lebih baik dari campuran aspal konvensional.

Kata kunci: *Crumb Rubber*, *filler* batu laterit, KAO

ABSTRACT

Asphalt Concrete Binder Course – (AC-BC) is useful for forwarding Layer loads headed to the Foundation. To improve the properties of flexibility, one of them with the use of *Crumb Rubber* derived from waste tires size passes sieve No. 4 (4.75 mm) as material Added. This research aims to know the levels of optimum asphalt mix AC-BC and how the addition of *Crumb Rubber* and *filler* of laterite stone characteristics of *Marshall* as well as optimum levels of value addition of *crumb rubber* on the mix AC-BC. The initial stages of research looking for the Optimum Asphalt Levels (KAO), then do the addition of

Crumb Rubber levels of 0%, 2%, 4%, 6% and 8% to the total weight of the test objects and laterite stone filler with levels of 5%. The research results obtained by the value of the levels of Optimum Asphalt (KAO) by 5,4 % and the value of stability, VMA, and MQ the highest obtainable levels on crumb rubber 2% is 1111 kg and 16.66%, the highest flow value at the rate of 8% is 13.18 mm, the value of the highest levels on VIM 4% is 4.96%. The optimum values that can be used in a mixture AC-BC is 2%. The use of crumb rubber on the mix AC-BC was able to withstand kelelahan plastis better than conventional asphalt mixtures.

Keywords: *Crumb Rubber, filler laterite stone, KAO*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkerasan Jalan di Indonesia pada saat ini umumnya menggunakan jenis perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perkerasan lentur yang umum digunakan berupa perkerasan dengan campuran Aspal Concrete (AC) yang didasarkan pada AASHTO yang memiliki lapisan struktural antara lain Aspal Concrete – Wearing Course (AC-WC), Aspal Concrete – Binder Course (AC-BC), dan Aspal Concrete Base (AC- BASE). Aspal Concrete – Binder Course (AC- BC) adalah Lapisan perkerasan jalan yang berada di antara lapisan aus dan lapisan pondasi yang disebut lapisan pengikat (Asphalt Concrete- Binder Course). Lapisan AC-BC ini berguna untuk meneruskan beban yang diterimanya menuju ke pondasi. Oleh karena itu, kestabilan bahan penyusun lapisan ini sangat berpengaruh terhadap kualitas perkerasan.

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.

Penggunaan limbah karet ban pada campuran aspal beton juga merupakan salah satu upaya mengurangi sampah ban kendaraan yang biasanya dilakukan dengan cara pembakaran, ternyata menghasilkan dampak polusi yang berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan limbah karet ban bekas dapat mengurangi limbah dengan menggunakannya sebagai bahan tambah pada campuran aspal beton lapis pengikat.

Penelitian sejenis juga pernah diteliti oleh Faisal dkk, mengenai Karakteristik Marshall AC-BC dengan tambahan parutan ban bekas kendaraan, Universitas Syiah Kuala, 2014. Hasilnya penggunaan parutan ban dalam bekas dapat membantu meningkatkan parameter Marshall, penggunaan 4% parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 mempunyai nilai stabilitas dan durabilitas tertinggi yaitu 2512,04 kg dan 89,64%, dan semua variasi parutan ban dalam kendaraan roda 4 memenuhi persyaratan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3. Sebagai filler, batu laterit digunakan sebagai alternatif yang memiliki fungsi sama dengan kualitas abu batu pecah mengisi daerah kosong (rongga-rongga) antara aspal dan agregat kasar. Berdasarkan hipotesa diatas, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan crumb rubber sebagai bahan tambah terhadap karakteristik campuran AC-BC sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap berat campuran dengan menggunakan filler Batu Laterit.

TINJAUAN PUSTAKA

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, S.,1999).

Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air, dan mudah dikerjakan. (Hendarsin, Shirley L, 2000). Spesifikasi aspal keras Pen 60/70 ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Spesifikasi aspal keras Pen 60/70

| No. | Jenis Pengujian | Metode | Persyaratan |
|-----|-----------------|------------------|-------------|
| 1 | Penetrasi, | SNI 06-2456-1991 | 60-70 |
| 2 | Titik Lembek | SNI 2434-2011 | ≥ 48 |
| 3 | Daktilitas pada | SNI 2432-2011 | ≥ 100 |
| 4 | Berat Jenis | SNI 2441-2011 | ≥ 1 |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3

Agregat

Agregat dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, S.,1999). Spesifikasi agregat kasar, halus dan filler ditampilkan pada **Tabel 2**, **3** dan **Tabel 4**.

Tabel 2 Spesifikasi Agregat Kasar

| Pengujian | Standar | Nilai |
|----------------------|------------------|-----------|
| Abrasi | SNI 03-2417-2008 | Maks. 40% |
| Berat Jenis | SNI 03-1969-2008 | Min. 2,5 |
| Penyerapan | SNI 03-1969-2008 | Maks. 3% |
| lolos Ayakan No. 200 | SNI 03-4142-1996 | Maks. 2% |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Tabel 2 Spesifikasi Agregat Halus

| Pengujian | Standar | Nilai |
|-------------------------------|--------------------|-----------|
| Berat Jenis | SNI 03-1970-2008 | Min. 2,5 |
| Penyerapan | SNI 03-1970-2008 | Maks. 3% |
| Material lolos Ayakan No. 200 | SNI ASTM C117:2012 | Maks. 10% |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Tabel 3 Spesifikasi filler

| Pengujian | Standar | Nilai |
|----------------------|--------------------|--------|
| Berat Jenis | SNI 15-2531-1991 | Min. 1 |
| Lolos ayakan No. 200 | SNI ASTM C136:2012 | ≥ 75% |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Crumb Rubber

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. Komposisi zat penyusunnya ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Komposisi *Crumb Rubber*

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

Laterit

Batu Laterit berasal dari tanah yang mengeras menyerupai batu dari hasil pengendapan zat-zat seperti nikel dan besi. Indonesia khususnya wilayah Kalimantan Timur merupakan salah satu daerah yang kaya akan batu laterit. Salah satu pemanfaatan dalam perkerasan jalan digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal untuk mengurangi pemakaian dari abu batu dan semen yang dari segi ekonomis lebih murah serta

banyak tersedia di beberapa tempat lokasi yang ada di provinsi Kalimantan Timur.

Perencanaan Campuran AC-BC

Perencanaan campuran meliputi pemilihan gradasi agregat, tingkatan aspal dan penentuan kadar aspal optimum. Tujuannya adalah untuk menghasilkan suatu perencanaan yang memenuhi kriteria teknik. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat dengan cara coba-coba (*trial and error*). Untuk menentukan kadar aspal acuan digunakan rumus Spesifikasi Depkimpraswil 2002:

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

Adapun Spesifikasi gradasi agregat untuk AC-BC ditampilkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Spesifikasi gradasi agregat AC - BC

| UKURAN | | % (PERSEN) |
|---------|-------|-------------|
| | | LOLOS |
| | | LASTON (AC) |
| ASTM | (mm) | BC |
| 1 " | 25 | 100 |
| ¾ " | 19 | 90 – 100 |
| ½ " | 12.5 | 75 – 90 |
| 3/8 " | 9.5 | 66 – 82 |
| No. 4 | 4.75 | 46 – 64 |
| No. 8 | 2.36 | 30 – 49 |
| No. 16 | 1.18 | 18 – 38 |
| No. 30 | 0.6 | 12 – 28 |
| No. 50 | 0.3 | 7 – 20 |
| No. 100 | 0.15 | 5 – 13 |
| No. 200 | 0.075 | 4 – 8 |

Sumber: *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010*

Perencanaan Campuran AC-BC dan Crumb Rubber

Setelah didapatkan nilai kadar aspal optimum dari campuran AC-BC sebelumnya, dilakukan penambahan *Crumb Rubber* yang menggunakan kadar aspal optimum dengan variasi penambahan kadar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% terhadap berat total Benda uji (bricket). pencampuran aspal menggunakan *dry process* dimana *Crumb Rubber* ditambahkan setelah semua agregat di gabung dan bersuhu 165°C.

Marshall Test

Rancangan campuran yang berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Brace Marshall dan telah distandarisasikan oleh ASTM ataupun AASHTO. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori-pori campuran padat yang berbentuk. Spesifikasi Marshall ditampilkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6 Spesifikasi Marshall

| Sifat – Sifat Campuran | | Laston (AC) |
|------------------------|-----|-------------|
| | | BC |
| Jumlah tumbukan | - | 75 |
| VIM (%) | Min | 3,5 |
| | Max | 5 |
| VMA (%) | Min | 14 |
| Stabilitas (kg) | Min | 800 |
| Pelelehan (mm) | Min | 3 |
| MQ (kg/mm) | Min | 250 |

Sumber: *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010*

METODE PENELITIAN

Metode pengujian yang digunakan mengikuti prosedur standar Depatemen Pekerjaan Umum.

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah batu pecah palu. *Filler* berupa abu batu palu dan batu laterit dan bahan tambah berupa *crumb rubber*. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Pen. 60/70 produksi Pertamina. Gradasi yang digunakan adalah gradasi lapisan AC-BC. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia dilakukan dengan cara coba-coba (*trial error*). Jumlah benda uji dalam penelitian ini sebanyak 30 buah yang dibuat terdiri dari dua kelompok yaitu :

- Benda uji dengan variasi kadar aspal dalam campuran AC-BC. Dengan jumlah benda uji 15 buah dari evaluasi parameter Marshall akan diperoleh kadar aspal optimum (KAO).
- Benda uji dengan variasi penambahan *crumb rubber* mulai 0%, 2%, 4%, 6%, 8% pada kadar aspal optimum dan *Filler* Batu Palu diganti *filler* Batu Laterit dengan kadar yang sama 5% dengan jumlah benda uji 15 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang disajikan adalah hasil pengaruh penambahan kadar *crumb rubber* terhadap kadar aspal optimum campuran AC-BC terhadap karakteristik *Marshall*. Hasil dari pengujian agregat dan *filler* ditampilkan pada **Tabel 7** hingga **Tabel 9**.

Tabel 7 Hasil Uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar

| No | Pengujian | 3/4" | 3/8" |
|----|-------------|------|------|
| 1 | Berat Jenis | | |
| | a. Bulk | 2,70 | 2,64 |
| | b. SSD | 2,71 | 2,67 |
| | c. Aparent | 2,73 | 2,73 |
| 2 | (Absorpsi) | 0,45 | 1,21 |

Tabel 8 Hasil Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus

| No | Pengujian | Pasir | Abu Batu |
|----|-------------|-------|----------|
| 1 | Berat Jenis | | |
| | a. Bulk | 2,57 | 2,51 |
| | b. SSD | 2,60 | 2,54 |
| | c. Aparent | 2,64 | 2,60 |
| 2 | (Absorpsi) | 0,96 | 1,42 |

Tabel 9 Hasil Uji berat jenis dan penyerapan *filler*

| No | Pengujian | Spesifikasi | Nilai |
|----|-------------------|-------------|-------|
| 1 | Debu Batu Palu | Min 1 | 2,521 |
| 2 | Debu Batu Laterit | | 2,508 |

Agregat diuji keausan sesuai SNI 2417-2008 masuk dalam gradasi B 11 bola

baja. Dari hasil pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* diperoleh keausan agregat sebesar 22,5 %. Hasil pengujian aspal dan nilai karakteristik campuran AC –BC ditampilkan pada **Tabel 10** dan **Tabel 11**.

Tabel 10 Hasil pengujian aspal pertamina Pen. 60/70

| Sifat | Hasil | Syarat |
|--------------|-------|-------------|
| Berat Jenis | 1,02 | Min . 1 |
| Penetrasi | 64,6 | 60 – 70 mm |
| Daktalitas | 115,5 | Min. 100 mm |
| Titik Lembek | 51,75 | Min. 48 C |

Berdasarkan **Tabel 11**, Sehingga ditentukan nilai kadar aspal optimum dengan perhitungan :

$$KAO = \frac{6\% + 5\% + 5,5\% + 5,5\% + 5\%}{5} = 5,4\%$$

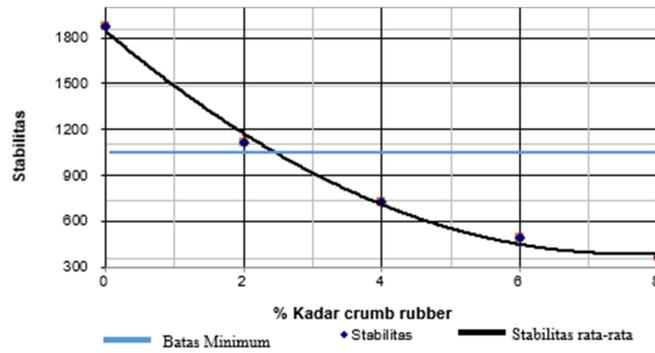
Didapat nilai rata-rata kadar aspal yaitu 5.4% yang sekaligus menjadi kadar aspal optimum (KAO). Nilai karekteristik campuran AC – BC dengan penambahan *Crumb Rubber* ditampilkan pada **Tabel 12**. Grafik hubungan antara penambahan *Crumb rubber* dengan karakteristik *Marshall* ditampilkan pada **Gambar 1** hingga **Gambar 5**.

Tabel 11 Nilai Kareeteristik Campuran AC - BC

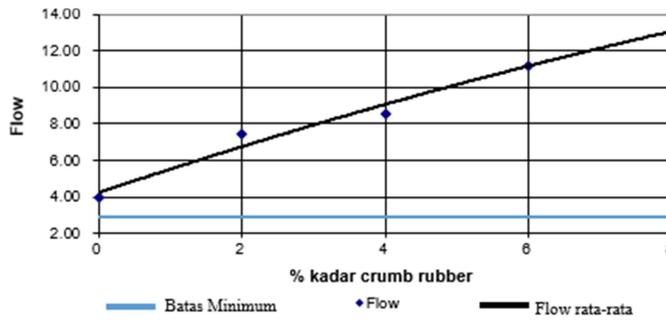
| Karakteristik Campuran | Kadar Aspal (%) | | | | | Persyaratan Campuran |
|---------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | |
| Stabilitas (kg) | 1693 | 1736 | 1789 | 1861 | 1829 | Min. 800 |
| Flow (mm) | 3.12 | 3.03 | 3.29 | 4.00 | 4.60 | Min. 3.00 |
| Marshall Quotient (kg/mm) | 545.90 | 574.9 | 584.4 | 463.3 | 410.9 | Min. 250 |
| VIM (%) | 7.93 | 4.85 | 4.17 | 3.27 | 2.76 | 3 - 5 |
| VMA (%) | 17.99 | 16.32 | 16.78 | 17.05 | 17.66 | Min. 14 |

Tabel 12 Nilai Karakteristik Campuran AC-BC Dengan Penambahan *Crumb Rubber* Sebagai Bahan Tambah dan *Filler* Batu Laterit Sebagai Pengganti *Filler* Batu Palu dengan kadar 5%

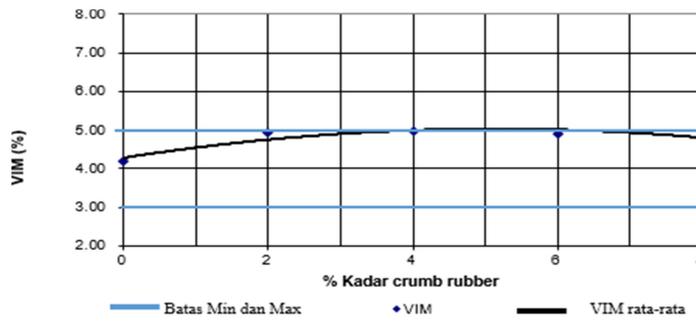
| Karakteristik Campuran | Kadar <i>Crumb Rubber</i> (%) | | | | | Persyaratan Campuran |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| Stabilitas (kg) | 1874 | 1111 | 722.5 | 493.2 | 369.4 | Min. 1000 |
| Flow (mm) | 3.97 | 7.46 | 8.57 | 11.15 | 13.18 | Min. 3.00 |
| Marshall Quotient (kg/mm) | 503.6 | 155.5 | 85.46 | 47.04 | 28.42 | - |
| VIM (%) | 4.20 | 4.93 | 4.96 | 4.88 | 4.87 | 3 - 5 |
| VMA (%) | 16.59 | 16.66 | 16.18 | 15.64 | 15.20 | Min. 14 |



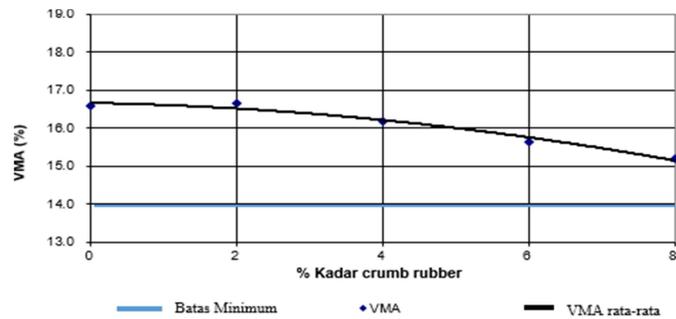
Gambar 1 Grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan Stabilitas



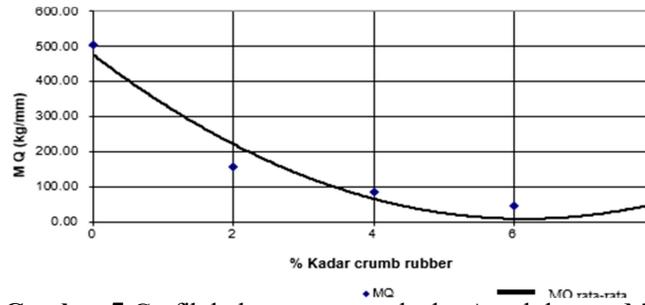
Gambar 2 Grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan Flow



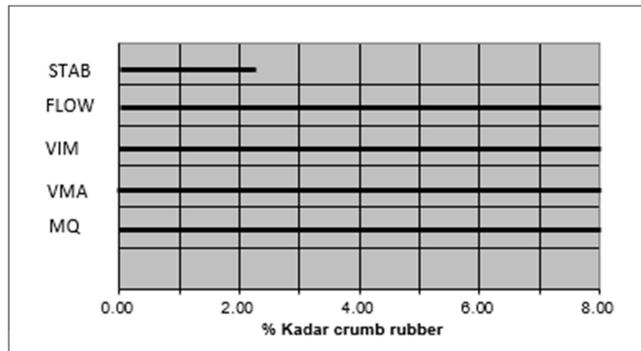
Gambar 3 Grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VIM



Gambar 4 Grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan VMA



Gambar 5 Grafik hubungan antara kadar Aspal dengan MQ



Gambar 6 Grafik hubungan antara kadar *Crumb Rubber* dengan karakteristik Marshall

Stabilitas

Nilai stabilitas rata-rata campuran AC- BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % berturut-turut adalah 1874 kg, 1111 kg, 722.5 kg, 493.2 kg, 369.4 kg. **Gambar 1** menunjukkan bahwa nilai stabilitas rata-rata menurun seiring dengan bertambahnya kadar *crumb rubber* pada campuran. Sehingga kadar yang memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga hanya pada kadar *crumb rubber* 2% dengan nilai stabilitas 1111 kg \geq 1000 . sedangkan untuk kadar *crumb rubber* 4 % sampai dengan 8% belum memenuhi persyaratan nilai stabilitas yang ditentukan. disebabkan oleh terlalu banyak penambahan kadar *crumb rubber* ada aspal yang dapat mengakibatkan kurangnya *interlocking* antara agregat dengan *crumb rubber* dan bertambahnya volume material yang terjadi karena penambahan *crumb rubber* sehingga

menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat dan *crumb rubber* yang dapat mengakibatkan nilai stabilitas turun.

Flow

Nilai *flow* rata-rata campuran AC-BC pada pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % berturut-turut adalah 3.97 mm, 7.46 mm, 8.57 mm, 11.15 mm, 13.18 mm. Spesifikasi minimum untuk nilai *flow* campuran AC-BC adalah 3 mm. **Gambar 2** menunjukkan bahwa nilai *flow* rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *crumb rubber* dalam campuran, Penggunaan 8 % parutan ban kendaraan roda 4 mempunyai *Flow* tertinggi yaitu 13,18 mm 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, dengan adanya serbuk ban bekas akan mengakibatkan campuran aspal beton menjadi lebih elastis

sehingga campuran aspal mampu menahan kelelahan plastis lebih baik dari pada campuran aspal tanpa penggunaan serbuk ban bekas. Selain itu, meningkatnya sifat elastis pada campuran AC-BC dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC.

VIM

Nilai VIM rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % berturut-turut adalah 4.20 mm, 4.93 mm, 4.96 mm, 4.88 mm, 4.87 mm. Spesifikasi untuk nilai VIM campuran AC- BC adalah 3 – 5.

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VIM mengalami peningkatan pada kadar *crumb rubber* 0% sampai 4% dan mengalami penurunan pada kadar seterusnya. Semua kadar penambahan *crumb rubber* memiliki Nilai VIM yang memenuhi persyaratan untuk campuran AC-BC yaitu 3% - 5%.

Hal ini mengindikasikan penggunaan *filler* batu laterit sebagai pengganti *filler* batu palu dapat digunakan sebagai campuran aspal AC-BC karena nilai VIM yang dihasilkan masih mendekati dengan campuran aspal pada kondisi normal

VMA

Nilai VMA rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % berturut-turut adalah 16.59 mm, 16.66 mm, 16.18 mm, 15.64 mm, 15.20 mm. Spesifikasi untuk nilai VMA campuran AC-BC adalah minimum 14%. **Gambar 4** 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

Nilai *Marshall Quotient* rata-rata campuran AC-BC pada kadar aspal aspal optimum dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0 %, 2 %, 4 %, 6 %, 8 % berturut-turut adalah 503.6 kg/mm, 155.5 kg/mm, 85.46 kg/mm, 47.04 kg/mm, 28.42 kg/mm. Spesifikasi untuk nilai *Marshall Quotient* campuran AC-BC dengan *Crumb Rubber* tidak diberi batasan. Gambar 4.12 menunjukkan bahwa MQ dari campuran dengan kadar *crumb rubber* 0 % sampai 8 % cenderung mengalami penurunan. Penurunan nilai MQ disebabkan penurunan stabilitas yang seiring dengan meningkatnya nilai *flow* pada campuran. Penurunan nilai MQ menunjukkan campuran cenderung menjadi lembek dan tidak getas bila campuran aspal mengalami peningkatan jumlah pemadatan. Campuran aspal yang lembek dan tidak getas menyebabkan kemampuan untuk menyesuaikan diri akibat lendutan beban atau *fleksibilitas* meningkat.

Penambahan 2 % kadar *crumb rubber* cenderung menghasilkan aspal beton yang lebih elastis dari pada campuran aspal tanpa *crumb rubber*, ditinjau dari nilai *flow* yang meningkat dari tanpa *crumb rubber* sebesar 3,97 mm menjadi 7,46 mm terjadi kenaikan sebesar 88 %. Stabilitas dari 1874 kg menjadi 1111 kg terjadi penurunan sebesar 40,71 % tetapi stabilitas masih memenuhi persyaratan campuran aspal AC-BC. Dan nilai MQ terjadi penurunan sebesar 69 %.

Penurunan nilai MQ menunjukkan campuran cenderung menjadi lebih lembek, Campuran aspal yang lebih lembek dalam hal ini masih memenuhi syarat campuran aspal AC-BC memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri akibat lendutan beban atau *fleksibilitas* meningkat. dalam hal ini mengindikasikan penambahan *crumb rubber* sebesar 2% terhadap 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 saat menerima beban berulang.

KESIMPULAN DAN SARAN
KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian awal campuran aspal beton lapis pengikat (AC-BC) didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,4 %.
2. Hasil pengujian karakteristik Marshall kondisi KAO 5,4 % dengan penambahan kadar *crumb rubber* 0%, 2%, 4%, 6%, 8% didapatkan nilai *Marshall properties* yang ditampilkan pada Tabel 13.

3. Berdasarkan nilai karakteristik Marshall yang didapat, penambahan kadar *crumb rubber* 2 % memenuhi semua persyaratan campuran dan menghasilkan aspal beton yang lebih elastis dan mampu menahan kelelahan plastis yang lebih baik dari campuran aspal tanpa penggunaan *crumb rubber* serta dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC saat menerima beban berulang.

Tabel 13 Marshall Propertis

| Karakteristik Campuran | Kadar <i>Crumb Rubber</i> (%) | | | | | Persyaratan Campuran |
|---------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | |
| Stabilitas (kg) | 1874 | 1111 | 722.5 | 493.2 | 369.4 | Min. 1000 |
| Flow (mm) | 3.97 | 7.46 | 8.57 | 11.15 | 13.18 | Min. 3.00 |
| Marshall Quotient (kg/mm) | 503.6 | 155.5 | 85.46 | 47.04 | 28.42 | - |
| VIM (%) | 4.20 | 4.93 | 4.96 | 4.88 | 4.87 | 3 - 5 |
| VMA (%) | 16.59 | 16.66 | 16.18 | 15.64 | 15.20 | Min. 14 |

SARAN

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penggantian jenis *crumb rubber*, maupun nomor mesh *Crumb Rubber* yang berbeda. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan penggantian jenis agregat yang disubstitusi dengan material agregat lain. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan tipe perkerasan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Apriani W, & Silfiani, 2003, *Karakteristik Marshall Dan Evaluasi Kadar Aspal Optimum Campuran Hot Rolled Sheet Dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah*, Skripsi, Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi, Bandung.

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.

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.

Julian, L, E, 2005, *Recycling of Ground Tyre Rubber and Polyolefin Westes by Producing Thermoplastic Elastomer*, Genehmigte Dissertation, Technischen Universitas Kaiserslautern zur Erlangung des akademischen Grades, Argentina.

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.

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.

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.