

## PEMANFAATAN *CRUMB RUBBER*(TYRE RUBBER) SEBAGAI ADITIF PADA ASPAL MODIFIKASI POLIMER

**Wahyu Purnomo**  
Jurusan Teknik Sipil dan  
Lingkungan, Fakultas Teknik,  
UGM  
Jl. Grafika No.2, Kampus UGM  
Yogyakarta 55281  
Telp: (0274) 902245  
w\_purnomo88@yahoo.com

**Berry Evaldo**  
Magister Sistem dan Teknik  
Transportasi, UGM  
Jl. Grafika No.2, Kampus UGM  
Yogyakarta 55281  
Telp: (0274) 902245  
berry22diy@gmail.com

**Latif Budi Suparma**  
Jurusan Teknik Sipil dan  
Lingkungan, Fakultas Teknik,  
UGM  
Jl. Grafika No.2, Kampus UGM  
Yogyakarta 55281  
Telp: (0274) 902245  
suparma@yahoo.com

### Abstract

*Crumb rubber* is a type of thermoplastic polymer, if mixed with asphalt has an advantage capable at high temperatures, heavy traffic, as well as more flexible. Asphalt mixture used in Indonesia in the form of hot mixture with dense graded, which is called asphalt concrete (laston / AC). Mixing asphalt with *crumb rubber* used high speed rotation method. Testing a mixture of pavement was conducted using Marshall Method. In this study, variation of *crumb rubber* as an asphalt additive modification used 5%, 10% and 12%. The test results demonstrate the increasing value of the properties of asphalt penetration, softening point, and viscosity which is the interpretation of high load traffic and high temperature. Marshall Test results showed that the polymer modified asphalt mixture with *crumb rubber* has a value of stability, flexibility and durability which is above the conventional mix. Based on this it is concluded that *crumb rubber* can be used as an additive polymer modified asphalt and asphalt mixture properties pavement better than conventional asphalt and mix. Optimum value which can be used in asphalt modification of the polymer is between 5% and 10%.

**Keywords:** *Crumb rubber, Polymer Modified Asphalt, Asphalt Concrete (Laston), Marshall Testing*

### Abstrak

*Crumb rubber* merupakan salah satu jenis polimer tipe termoplastik, jika dicampurkan dengan aspal memiliki keunggulan mampu pada suhu tinggi, lalu lintas yang berat, serta lebih fleksibel. Campuran aspal yang digunakan di Indonesia berupa campuran panas dengan gradasi menerus, yang disebut dengan lapis aspal beton (laston/AC). Pencampuran aspal dengan *crumb rubber* dengan metode putaran tinggi. Pengujian campuran perkerasan dilakukan dengan metode Marshall. Pada penelitian ini menggunakan variasi *crumb rubber* sebagai aditif aspal modifikasi, sebesar 5 %, 10 % dan 12 %. Hasil pengujian sifat aspal menunjukkan meningkatnya nilai penetrasi, titik leleh, dan viskositas yang merupakan interpretasi kemampuan dalam menahan beban, suhu tinggi, dan suhu rendah. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa campuran dengan aspal modifikasi polimer *crumb rubber* memiliki nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas yang berada di atas campuran konvensional. Berdasarkan hal tersebut diambil kesimpulan bahwa *crumb rubber* dapat digunakan sebagai aditif aspal modifikasi polimer memiliki sifat aspal dan campuran perkerasan yang lebih baik dari aspal dan campuran konvensional. Nilai optimum yang dapat digunakan dalam aspal modifikasi polimer adalah antara 5 % dan 10 %.

**Kata kunci:** *Crumb rubber, Aspal Modifikasi Polimer, Laston (AC), Pengujian Marshall*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Aspal minyak yang digunakan dalam perkerasan jalan di Indonesia belum dapat mengakomodasi kondisi jalan Indonesia yang memiliki beban berat (lalu lintas dan kendaraan), temperatur dan curah hujan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan modifikasi aspal minyak untuk memperbaiki sifat aspal minyak. Polimer merupakan salah satu bahan aditif dalam pencampuran aspal yang dapat memperbaiki sifat aspal minyak. *Crumb rubber* merupakan salah satu jenis polimer elastomer yang banyak terdapat di Indonesia

dalam bentuk natural atau hasil daur ulang. Penggunaan *crumb rubber* pada campuran perkerasan memiliki nilai fleksibilitas dan durabilitas yang lebih baik dari campuran perkerasan konvensional (Wahyu Purnomo, 2013). Selain itu, *crumb rubber* dapat memperbaiki kemampuan aspal terhadap kelengketan, titik lembek dan kelenturan.

Lapis aspal beton (laston/AC) merupakan perkerasan dengan campuran beraspal dengan agregat bergradasi menerus yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Perkerasan dengan menggunakan laston (AC) memiliki kekurangan sifat, yaitu fleksibilitasnya yang berpengaruh pada durabilitas. Sehingga karakteristik campuran perlu diperbaiki dengan aspal yang lebih elastis. Keunggulan dari laston (AC) adalah memiliki kekuatan struktural yang baik dalam menahan beban kendaraan dan lalu lintas tinggi.

Keunggulan yang dimiliki aspal modifikasi polimer *crumb rubber* yang di campurkan dengan perkerasan Laston (AC) berdasarkan keterangan tersebut akan menghasilkan perkerasan yang tahan terhadap beban berat, fleksibilitas tinggi dan tahan lama dari campuran konvensional.

### **Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui sifat aspal modifikasi polimer dengan *crumb rubber*, (2) untuk mengetahui karakteristik campuran perkerasan laston (AC) dengan aspal modifikasi polimer yang menggunakan *crumb rubber*; serta (3) untuk mengetahui persentase optimum *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer yang sesuai dengan standar dan persyaratan yang berlaku. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *crumb rubber* sebagai aspal modifikasi polimer dan pengaruhnya pada campuran perkerasan laston (AC) terhadap beban lalu lintas, fleksibilitas dan durabilitas.

### **Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini, antara lain: (1) memanfaatkan *crumb rubber* sebagai bahan tambah aspal modifikasi polimer dan lebih bermanfaat; (2) mengetahui cara membuat campuran dengan aspal polimer dengan *crumb rubber* dengan campuran laston (AC); serta (3) sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya, perencanaan, dan pelaksanaan di lapangan.

### **Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini, antara lain: (1) Persentase *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer sebanding dengan meningkatnya kekuatan dalam campuran; serta (2) meningkatnya *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer berbanding terbalik dengan jumlah kebutuhan aspal dalam campuran.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan lapisan antara beban lalu lintas dengan tanah dasar, yang berfungsi sebagai penerus beban lalu lintas ke tanah dasar, melindungi lapisan di bawahnya yang memiliki kelemahan dalam mendukung beban lalu lintas.

### **Karakteristik Campuran Aspal Perkerasan**

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah sebagai berikut: (1) stabilitas; (2) durabilitas (keawetan/daya tahan); (3) fleksibilitas

(kelenturan); (4) *skid resistance* (kekesatan); (5) *fatigue resistance* (ketahanan kelelahan); serta (5) *workability* (kemudahan pelaksanaan).

### **Agregat**

Agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran agregat aspal yang berupa berbagai jenis butiran-butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain; pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran aspal buatan.

### **Bahan Pengisi (Filler)**

*Filler* adalah material yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, Portland semen dan abu batu. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran.

### **Aspal**

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat, yang terdiri dari *hydrocarbons* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylen* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna hitam, material keras (bersifat semen) yang memiliki konsistensi dari pada menuju ke semi pada pada temperatur normal. (MS-22, *Asphal Institute*, 1989).

### **Aspal Modifikasi Polimer**

Aspal modifikasi adalah pencampuran aspal dengan aditif atau bahan tambahan untuk memperbaiki sifat aspal. Polimer Aspal modifikasi polimer merupakan penambahan polimer sebagai aditif pada aspal konvensional dengan tujuan untuk mendesain perkerasan dengan tahan terhadap suhu tinggi, dan elastisitas mengurangi deformasi permanen terhadap beban lalu lintas. Polimer yang umumnya digunakan dalam aditif aspal adalah plastomer (plastik) dan elastomer (karet).

### **Crumb Rubber**

*Crumb rubber* merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk campuran aspal dari golongan *polymer* dengan jenis *elastomer*. Jenis tersebut diharapkan dapat memperbaiki sifat elastis, kekuatan saat menerima beban, serta ketahanan pada campuran aspal.

### **Campuran Aspal Lapis Aspal Beton (Laston/AC)**

Lapis aspal beton (Laston / Asphalt Concrete) merupakan lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri dari agregat bergradasi menerus (*dense graded*) dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston merupakan campuran yang memiliki nilai struktural (Pedoman Teknik No.025/T/BM/1999).

### **Pengujian Marshall**

Pengujian *Marshall* meliputi pengujian stabilitas dan kelelahan pada benda uji campuran aspal yang telah dipadatkan, untuk mengetahui karakteristik campuran.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian akan dilakukan dengan 3 tahapan, yaitu:

1. Tahapan Input yang dilakukan pada tahap ini, antara lain: pengumpulan data sekunder berupa data normatif berupa standar pengujian, persyaratan bahan dan kajian ilmiah kemudian dilakukan analisa awal terkait penelitian yang akan dilakukan;
2. Tahapan Proses yang dilakukan pada tahap ini, antara lain: melakukan pecampuran aspal dan pengujian bahan, merancang campuran rencana, pengujian campuran dan melakukan analisis; serta
3. Tahapan Output yang dilakukan pada tahap ini, antara lain: memberikan kesimpulan, saran dari penelitian yang dilakukan dan memberikan rekomendasi terhadap penggunaan *crumb rubber* sebagai bahan tambah aspal modifikasi dalam skala besar.

### Pelaksanaan Pengujian Laboratorium

Pada tahap pengujian dilakukan 3 proses. Proses awal melakukan kegiatan persiapan alat dan bahan, membuat campuran aspal dengan *crumb rubber* kemudian di uji sifat aspal, serta pengujian bahan campuran. Pada proses selanjutnya melakukan kegiatan perancangan campuran rencana untuk memperoleh KAO dan membuat benda uji campuran berdasarkan nilai KAO dan persentase maksimum *crumb rubber* pada aspal modifikasi yang berdasarkan nilai karakteristik Marshall. Pada proses akhir menitik beratkan pada pengujian Marshall.

### Metode Pencampuran *Crumb rubber* pada Aspal Modifikasi

*Crumb rubber* yang di campur aspal minyak menggunakan metode putaran tinggi. Hal ini, dikarenakan untuk menghancurkan partikel terkecil dari *crumb rubber* agar dapat menyatu dengan aspal minyak. Ukuran *crumb rubber* yang digunakan sebagai aditif adalah lolos saringan No.200, karena untuk mempermudah proses rotor bergerak dan mempercepat proses pencampuran. Pencampuran dilakukan setelah aspal minyak mencapai viskositas 0,2 Pa.s. Selama proses pencampuran suhu di jaga tetap stabil dengan suhu maksimal 200 °C agar tidak merusak susunan kimia aspal. Lama waktu pencampuran selama 60 menit atau sudah dianggap campuran homogen. Setelah proses pencampuran selesai, segera dilakukan pengujian sifat aspal terutama berat jenis, titik lembek, penetrasi, dan viskositas aspal modifikasi.

### Parameter Campuran Aspal (Karakteristik Marshall)

Parameter yang digunakan dalam mengukur kinerja campuran aspal yang bergantung pada karakteristik Marshall, antara lain: stabilitas, kepadatan, rongga di dalam agregat mineral (*voids in the mineral aggregate*, VMA), rongga dalam campuran (*voids in the mix*, VITM), rongga terisi aspal (*voids filled with asphalt*, VFWA), kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient*.

## HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan Campuran

Campuran beraspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi dan aspal. Pada studi penelitian ini menggunakan agregat dari Clereng dan bahan pengisi dari debu batu

dari PT. Perwita Karya, serta aspal berasal dari Pertamina AC Pen 60/70. *Crumb rubber* sebagai aditif berasal dari Surabaya dengan ukuran lolos saringan No.200 (0,075 mm). Berdasarkan hasil pengujian bahan yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan yang sesuai standar.

### Pengujian Aspal Modifikasi Polimer

Penambahan *crumb rubber* sebagai aditif aspal Pen 60/70 sebesar 5 %, 10 %, dan 12 %, dasar persentase dari viskositas, penelitian yang dilakukan sebelumnya dan Caltrans Guide. Persyaratan dan pengujian sifat aspal berdasarkan pada Spesifikasi Umum (Bina Marga, 2010), Revisi SNI 03-1737-1989 dan Per Caltrans 7/2002 (Asphalt Rubber Guide, 2003). Uji viskositas dengan menggunakan rotasional viskometer (hand held, Asphalt Rubber Guide, 2003).

**Tabel 1** Hasil Pengujian Aspal Modifikasi Polimer dengan *Crumb Rubber*

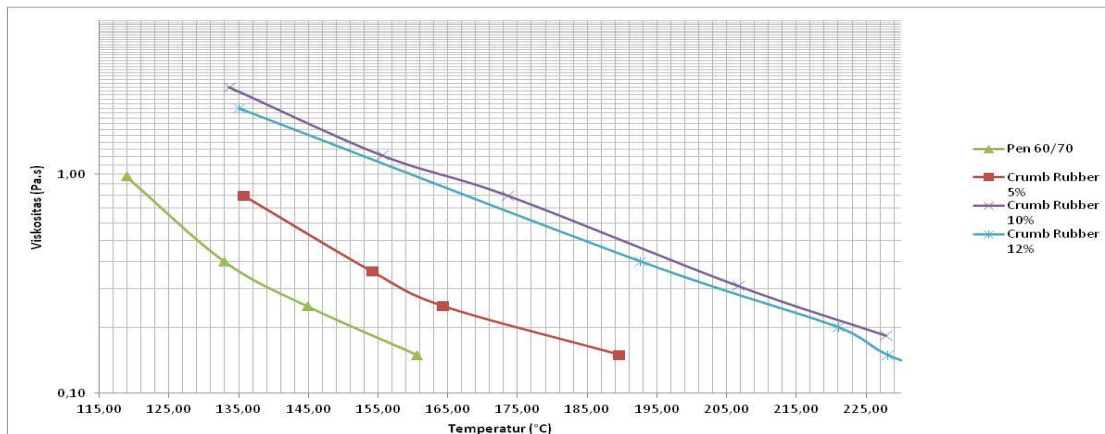
Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan*	Hasil Pengujian			
			Pen 60/70	CR 5%	CR 10%	CR12%
Titik Lembek	°C	52 – 72	49,25	53,75	55,75	54,5
Viskositas 135 °C	cSt	≤ 2000	346	2161	2354	1871
Penetrasi 25 °C	mm	≥ 40	60,6	56,6	67,4	79,6
Kehilangan Berat	%	≤ 0,8	0,048	0,027	0,034	0,038
Penurunan Penetrasi	%	≤ 40	4,95	2,47	9,20	2,51
Berat jenis	gr/cm <sup>3</sup>	≥ 1,0	1,039	1,069	1,062	1,053

\*Sumber: Spesifikasi Umum (Bina Marga, 2010), Revisi SNI 03-1737-1989 dan Per Caltrans 7/2002 (Asphalt Rubber Guide, 2003)

**Tabel 2** Suhu Pencampuran dan Pemasatan

Pelaksanaan di Laboratorium	Pen 60/70	<i>Crumb Rubber</i>		
		5 %	10 %	12%
Pencampuran (°C)	151	174	220	223
Pemasatan (°C)	133	152	193	198

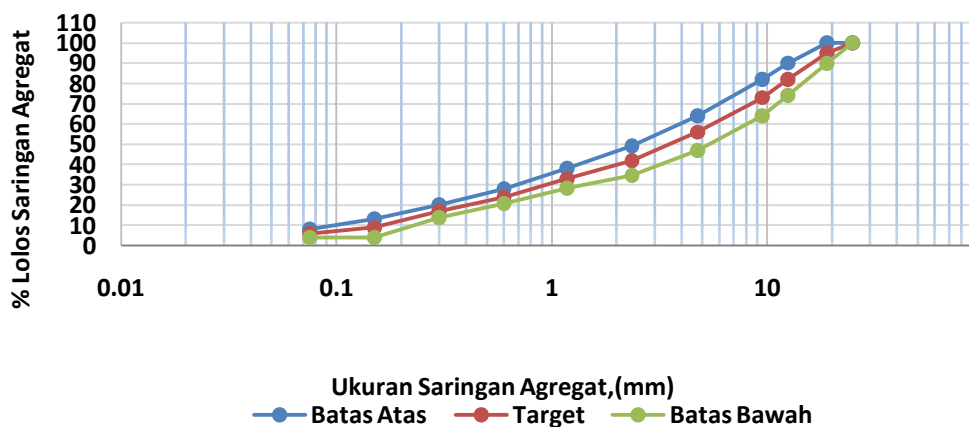
Dari hasil pengujian sifat aspal dapat diperoleh hasil bahwa *crumb rubber* dapat meningkatkan sifat aspal Pen 60/70, hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya nilai penetrasi sebagai interpretasi kekerasan aspal dalam menahan beban pada suhu rendah. Selain itu, titik lembek meningkat sebagai interpretasi kemampuan aspal mendukung beban terhadap suhu tinggi perkerasan. Viskositas yang meningkat dapat meningkatkan kekentalan yang terkait dengan daya lekat dan daya dukung aspal terhadap suhu dan beban. Hasil dan persyaratan terdapat pada Tabel 1. Proses pencampuran tetap menggunakan viskositas 0,2 Pa.s sesuai Revisi SNI 03-1737-1989. Grafik viskositas terdapat pada Gambar 1 dan suhu pencampuran dan pemasatan di laboratorium terdapat pada Tabel 2.



Gambar 1 Hasil pengujian viskositas Aspal Pen 60/70 dan Aspal Modifikasi Polimer (*Crumb Rubber*)

### Gradasi Campuran

Campuran lapis antara laston (AC-BC) dengan menggunakan aspal modifikasi polimer *crumb rubber* dan aspal Pen 60/70 menggunakan rencana gradasi yang terdapat dalam Gambar 2 yang berdasarkan pada Spesifikasi Umum 2010, Bina Marga.

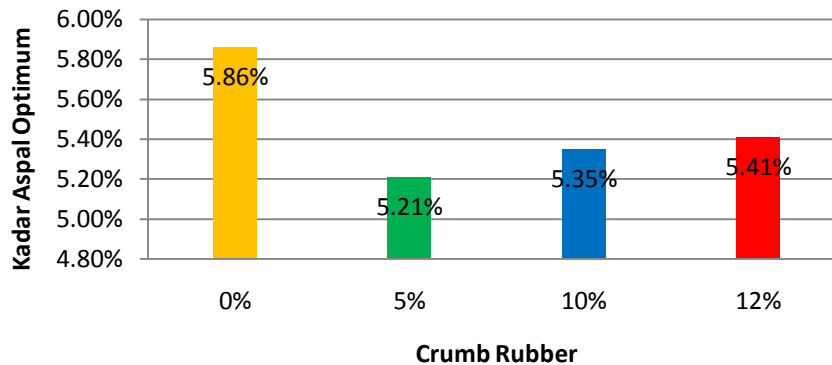


Gambar 2 Gradasi Lapis Antara Aspal Beton (Laston/AC-BC)

### Perancangan Campuran Rencana dan Pengujian Penentuan KAO

Langkah awal yang dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik campuran diperlukan penentuan kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum bertujuan untuk mengetahui suatu campuran memiliki kekuatan/persyaratan teknis yang baik dengan nilai ekonomis yang baik/rendah. Hasil pengujian KAO untuk masing-masing persentase *crumb rubber* terdapat pada Gambar 3 dan Tabel 3. Aspal modifikasi polimer yang menggunakan *crumb rubber* sebagai aditif, memiliki nilai KAO yang lebih rendah dari aspal Pen 60/70, tetapi semakin tinggi kadar *Crumb rubber* sebanding dengan meningkatnya kebutuhan aspal dalam campuran. Lebih rendahnya KAO aspal modifikasi polimer *crumb rubber* dari aspal Pen 60/70, karena aspal modifikasi polimer (*crumb rubber*) memiliki berat jenis lebih besar dari aspal Pen 60/70, sehingga dengan berat aspal yang sama memiliki volume yang lebih besar, sehingga aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga pada campuran lebih sedikit. Kadar aspal modifikasi polimer lebih rendah dari aspal Pen 60/70 mengindikasikan bahwa volume kebutuhan aspal berkurang atau lebih sedikit dari campuran perkerasan

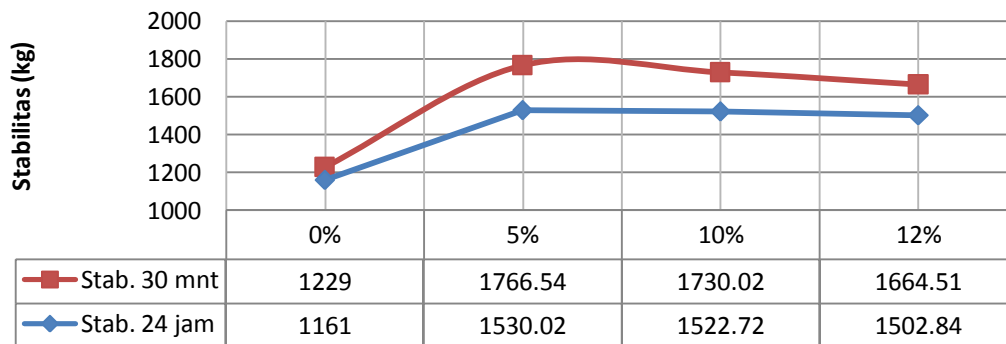
aspal konvensional. Hal ini, dapat mengurangi kebutuhan aspal campuran dan menghemat pengeluaran aspal (menurunkan harga campuran).



**Gambar 3** Kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan persentase *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer

### Hasil Pengujian dan Analisis Karakteristik Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran beraspal. Hasil pengujian Marshall terdapat pada Tabel 3.



**Gambar 4** Stabilitas campuran dengan menggunakan *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer

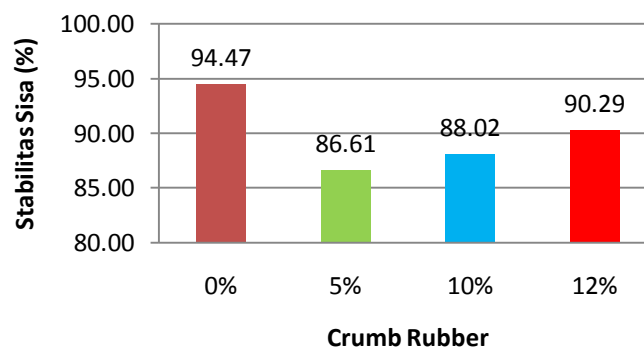
Aspal modifikasi polimer dengan *crumb rubber* sebagai aditif memiliki stabilitas yang lebih baik dari aspal Pen 60/70 yang ditunjukkan pada Gambar 4. *Crumb rubber* membuktikan bahwa kemampuan dalam menahan beban kendaraan lebih baik dari aspal konvensional. Akan tetapi semakin besar persentase *crumb rubber* pada campuran aspal perkerasan, semakin kecil stabilitasnya. Hal ini, menunjukkan kekuatan campuran aspal untuk menahan beban lalu lintas turun. Stabilitas dengan nilai tertinggi terdapat pada *crumb rubber* dengan persentase 5 %. Stabilitas aspal modifikasi dengan polimer *crumb rubber* dengan kadar aspal campuran yang lebih rendah, memiliki nilai di atas stabilitas aspal konvensional (aspal Pen 60/70).

Fleksibilitas campuran yang baik dapat diketahui dari menurunnya nilai VMA dan naiknya nilai Pelelehan. Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 6 menunjukkan nilai VMA semakin turun dan Pelelehan meningkat, ini membuktikan bahwa aspal modifikasi polimer *crumb rubber* dalam campuran meningkatkan fleksibilitas campuran perkerasan lapis aspal beton (laston /AC). Dengan fleksibilitas yang lebih baik berakibat pada durabilitas yang lebih baik, karena kemampuan fleksibilitas perkerasan dalam menahan deformasi permanen

semakin baik, sehingga kerusakan perkerasan dapat berkurang dan menambah kemampuan perkerasan dalam menahan beban lalu lintas lebih lama.

Salah satu yang mempengaruhi daya tahan (durabilitas) campuran perkerasan aspal adalah film aspal yang tebal. Film aspal direpresentasikan sebagai nilai VFA dalam campuran. Semakin besar nilai VFA menunjukkan semakin besar film aspal yang terdapat dalam campuran. VFA merupakan persentase jumlah aspal yang mengisi rongga antar agregat. Nilai VFA yang memiliki nilai di atas aspal Pen 60/70 adalah aspal modifikasi polimer dengan persentase *crumb rubber* dengan nilai 5 %. Selain itu VITM/VIM yang rendah akan menambah durabilitas campuran, karena dengan rendahnya nilai VITM/VITM maka lapisan lebih kedap air. Nilai VITM/VIM yang di bawah aspal Pen 60/70 adalah aspal modifikasi polimer dengan persentase *crumb rubber* dengan nilai 5 % dan 12 %.

*Fatigue resistance* merupakan ketahanan terhadap beban berulang dari lalu lintas. Perkerasan yang menggunakan aspal modifikasi polimer *crumb rubber* memiliki kemampuan menahan kelelahan lebih baik, karena memiliki fleksibilitas yang lebih baik dari aspal Pen 60/70.

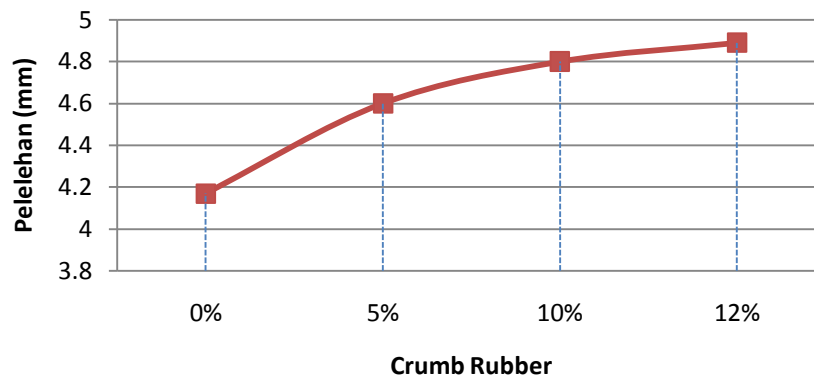


**Gambar 5** Stabilitas sisa dengan menggunakan *crumb rubber* dalam campuran HRS-WC

Stabilitas sisa perkerasan yang menggunakan aspal modifikasi polimer *crumb rubber* lebih rendah dari perkerasan yang menggunakan aspal Pen 60/70. Akan tetapi, dengan bertambahnya persentase *crumb rubber* nilai stabilitas sisa semakin meningkat. Secara umum nilai stabilitas sisa telah memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum 2010.

Nilai pelelehan semakin besar, maka fleksibilitas dan kemampuan menahan beban untuk terjadinya deformasi semakin baik. Jika nilai pelelehan semakin kecil, maka campuran akan cepat terjadinya kelelahan yang berakibat semakin cepat getas. Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan nilai pelelehan sebanding dengan kenaikan persentase *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer.





**Gambar 6** Pelelehan dengan menggunakan *crumb rubber* dalam campuran HRS-WC

### Persentase *Crumb rubber* yang Optimal dalam Campuran HRS-WC

Berdasarkan hasil dan pembahasan, *crumb rubber* sebagai aditif aspal modifikasi polimer memiliki sifat aspal yang lebih baik dari aspal Pen 60/70, serta karakteristik Marshall yang baik dan lebih baik dari campuran laston (AC). Nilai perbandingan tersebut terdapat pada Tabel 3.

Pada pelaksanaan di lapangan sebaiknya menggunakan *crumb rubber* aditif aspal modifikasi polimer dengan persentase antara 5 % hingga 10 %. Hal ini, disebabkan dalam beberapa hasil pengujian Marshall memiliki nilai yang lebih baik dari aspal pen 60/70 atau campuran laston (AC) konvensional.

**Tabel 3** Perbandingan nilai karakteristik Marshall, kuat tarik dan kehilangan berat

Pengujian		Persyaratan	Persentase <i>Crumb Rubber</i>			
			Kontrol	5%	10%	12%
KAO	%	$\geq 4,0$	5,86	5,21	5,35	5,41
VITM	%	3,5 - 5,5	4,76	3,67	5,63	4,58
VMA	%	$\geq 14$	16,66	16,62	16,14	15,69
VFA	%	$\geq 63$	69,17	70,34	65,8	66,05
Stabilias 30	kg	1000	1229	1766,54	1730,02	1664,51
Stabilias 24	kg	-	1161	1530,02	1522,72	1502,84
Stabilitas Sisa	%	80	94,47	86,61	88,02	90,29
Pelelehan	mm	$\geq 3,0$	4,17	4,6	4,8	4,89
MQ	kg/mm	300	294,72	384,03	360,42	340,39
Berat Jenis	gr/cm <sup>3</sup>	-	2,36	2,30	2,26	2,28

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini, antara lain:

1. Dalam pengujian sifat aspal menunjukkan bahwa *crumb rubber* dapat meningkatkan titik leleh, penetrasi dan viskositas sebagai interpretasi sifat aspal mampu menahan beban, suhu tinggi dan suhu rendah. Sifat aspal modifikasi polimer *crumb rubber* telah

memenuhi Revisi SNI 03-1737-1989, Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dan Per Caltrans 7/2002;

2. Persentase *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer pada campuran laston (AC) yang memberikan hasil optimal adalah campuran dengan persentase *crumb rubber* sebesar 5 % hingga 10 %.
3. Karakteristik Marshall pada campuran yang menggunakan *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer telah memenuhi ketentuan pada Revisi SNI 03-1737-1989 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010;
4. Nilai kadar aspal modifikasi polimer *crumb rubber* dalam campuran lebih rendah dari kadar aspal Pen 60/70, tetapi memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi. Menunjukkan bahwa kebutuhan aspal modifikasi polimer *crumb rubber* dalam campuran lebih sedikit dengan kekuatan menahan beban yang lebih tinggi dari aspal konvensional. Dan memiliki fungsi yang lebih baik dalam stabilitas (menahan beban), fleksibilitas, tahan terhadap kelelahan, ketahanan (durabilitas) lebih baik dari campuran konvensional.

### **Saran**

Saran yang diperlukan adalah: (1) Perlu ada penelitian dengan skala 1 : 1, untuk menguji efektivitas pada hasil pengujian laboratorium; (2) Perlu adanya tambahan bahan aditif lain yang dapat mengurangi kekurangan sifat *crumb rubber* dalam aspal modifikasi polimer; serta (3) Perlu adanya kajian nilai ekonomis, sehingga ada gambaran jika dilaksanakan dalam skala sebenarnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Asphalt Institute. 2001. *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement, Manual Series No.22 (MS-22)*. Second Edition. Lexington, Kentucky, USA.
- Caltrans. 2006. *Asphalt Rubber Usage Guide*. California: State of California Department of Transportation.
- Ditjen Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Purnomo, Wahyu. 2012. *Perancangan Laboratorium Campuran Perkerasan HRS-WC dengan Crumb rubber sebagai Filler*. Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- R-SNI M-01-2003. 2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Bandung: Pustran-Balitbang, Dep. PU.
- Rev-SNI 03-1737-1989. 2006. *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)*. Bandung: Balitbang, Dep. PU.
- Suparma, L. B. 2001. *The Use of Recycled Waste Plastic in Bituminous Composite*, PhD, Thesis, Unpublished. United Kingdom: The University of Leeds.