

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL ARANG AMPAS TEBU TERHADAP
KARAKTERISTIK VULKANISASI KOMPON BAN LUAR
KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA**

*THE EFFECT PARTICLE SIZE OF BAGASSE CHARCOAL ON THE
CHARACTERISTICS OF VULCANIZATION OUTSIDE TIRE OF
COMPOUND MOTORCYCLE*

Hari Adi Prasetya

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

e-mail: hariadiprasetya@yahoo.co.id

Diterima: 28 September 2012; Direvisi: 01 Oktober – 08 Oktober 2012; Disetujui: 21 November 2012

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel arang aktif dari ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua. Karakteristik vulkanisasi kompon berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor perlakuan dan masing-masing diulang 3 (tiga) ulangan. Faktor pertama adalah variasi ukuran partikel arang aktif dari ampas tebu (50 mesh, 100 mesh dan 150 mesh), faktor kedua adalah variasi waktu vulkanisasi (20 menit dan 40 menit). Hasil penelitian pengaruh ukuran partikel arang aktif dari ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua, menunjukkan bahwa pengaruh ukuran partikel arang aktif ampas tebu dan waktu vulkanisasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua, meliputi karakteristik waktu *scorch* (ts_2), waktu matang optimum (t_{90}), modulus torsi (t) dan laju vulkanisasi. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah kombinasi perlakuan P_2W_1 (ukuran partikel arang aktif dari ampas tebu 150 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit dengan karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua meliputi waktu *scorch* 2,16 menit, waktu matang optimum 3,69 menit, modulus torsi 4,4 kg cm dan laju vulkanisasi 10,45 menit.

Kata kunci : Ampas tebu, arang, ban, kompon, vulkanisasi

Abstract

The research aimed to study the effect of particle sizes of charcoal bagasse and vulcanization time to vulcanization characteristics of motorcycle outside tire compound. Particle sizes of bagasse charcoal used for the research were varied at 50 m, 100 m and 150 m and vulcanization times are at 20 minutes and 40 minutes. The results show that the particle size of charcoal bagasse and vulcanization time had significant effects on the scorch time (ts_2), optimum cure time (t_{90}), modulus torsi (t), and vulcanization rate for rubber compound tire for motorcycle. The best treatment was found to be the P_2W_1 (particle size of bagasse charcoal 150 m and vulcanization time 20 minutes) with vulcanization characteristics of tire compound for motorcycle of 2.16 minute for the scorch time, 3.69 minute for the optimum cure time, 4.4 kg cm for the torque modulus and 10.45 minute for the vulcanization rate.

Keywords : Bagasse, charcoal, compound, tire, vulcanization

PENDAHULUAN

Mutu kompon karet dapat dipengaruhi oleh kualitas karet mentah, jenis dan konsentrasi bahan-bahan kimia pokok yang ditambahkan dalam pembuatan kompon. Salah satu bahan kimia pokok yang digunakan dalam pembuatan kompon karet adalah bahan pengisi. Bahan pengisi adalah bahan yang ditambahkan ke dalam kompon karet dalam jumlah yang cukup besar dengan tujuan untuk meningkatkan sifat fisik, memperbaiki karakteristik pengolahan tertentu dan menekan biaya.

Bahan pengisi berfungsi sebagai penguat. Salah satu yang mempengaruhi penguatannya adalah ukuran partikel bahan pengisi. Ukuran partikel bahan pengisi akan mempengaruhi sifat fisik kompon karet. Semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi yang digunakan, maka akan dapat meningkatkan kekerasan, kekuatan tarik, ketahanan kikis dan pampatan tetap (Alfa, 2005). Partikel-partikel yang berukuran nano memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Partikel-partikel yang berukuran nano tersebut memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Semakin banyak partikel yang berinteraksi, semakin kuat pula materialnya. Inilah yang membuat ikatan antar partikel semakin kuat sehingga sifat mekanik material bertambah (Hadiyawarman, 2008).

Proses pengolahan barang jadi karet dapat dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu proses pembuatan kompon dengan pencampuran bahan baku karet dan bahan-bahan pembantu, tahapan selanjutnya adalah proses vulkanisasi (Baron, 1998). Proses vulkanisasi sangat menentukan kualitas dari barang jadi karet. Proses vulkanisasi adalah proses pemasakan karet mentah menjadi vulkanisat. Vulkanisasi merupakan proses *irreversible* (tidak dapat balik) yang menggabungkan rantai-rantai molekul karet secara kimiawi dengan molekul belerang membentuk ikatan tiga dimensi, sehingga karet mentah yang semula plastis setelah vulkanisasi berubah menjadi elastis, kuat dan liat. Vulkanisasi sering juga disebut *curing* adalah suatu proses merubah

molekul karet yang panjang saling mengait menjadi suatu struktur tiga dimensi melalui pembentukan ikatan silang (*cross linking*) secara kimia (Haris, 2004).

Vulkanisasi berlangsung apabila dalam kompon karet terdapat bahan pemvulkanisasi, karena tanpa bahan tersebut kompon karet tidak akan matang. Bahan pemvulkanisasi adalah bahan kimia yang dapat bereaksi dengan gugus aktif pada molekul karet untuk membentuk ikatan silang antar molekul, sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi (Yuniari, *et al.*, 2001).

Ban luar kendaraan bermotor merupakan salah satu bentuk produk barang jadi karet. Ban merupakan salah satu komponen kendaraan bermotor yang erat kaitannya dengan masalah lingkungan karena pemakaian bahan bakar dan emisi karbon dioksida sangat bergantung pada besarnya gesekan antara ban dan jalan ketika kendaraan melaju. Penggunaan jenis bahan pengisi kompon ban dan ketahanannya terhadap aus serta besar gaya-gaya gesek yang bekerja pada kendaraan bermotor pada saat kendaraan sedang berjalan akan sangat mempengaruhi penghematan bahan bakar dan lingkungan (Raharjo, 2009).

Arang aktif ampas tebu sebagai bahan pengisi merupakan salah satu usaha untuk mengurangi ketergantungan impor terhadap bahan pengisi pembuatan ban kendaraan bermotor roda dua sekaligus pemanfaatan limbah biomassa ampas tebu.

Limbah pabrik gula berupa ampas tebu sangat mengganggu lingkungan apabila tidak dimanfaatkan. Selama ini pemanfaatan ampas tebu hanya terbatas untuk pakan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *pulp*, *particle board*, dan untuk bahan bakar *boiler* di pabrik gula. Nilai ekonomi yang diperoleh dari pemanfaatan tersebut masih cukup rendah. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengembangan teknologi sehingga terjadi diversifikasi pemanfaatan limbah pertanian (Witono 2003). Kandungan karbon yang tinggi dalam ampas tebu (44-48%) menjadi

dasar untuk memanfaatkannya sebagai arang aktif (Daulay, 2010).

Pembuatan arang aktif ampas tebu terdiri atas dua tahap utama, yaitu proses karbonisasi (pirolisis) bahan baku dan proses aktivasi bahan terkarbonisasi pada suhu 600 °C selama 4-5 jam. Arang aktif kemudian ditumbuk dengan dan diayak dengan ukuran partikel sesuai perlakuan dan karbon aktif yang diperoleh kemudian diuji daya serap I₂ (Wijayanti, 2009).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh ukuran partikel arang aktif dari ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ribbed smoke sheet* (RSS), styrena butadiena *rubber* (SBR), arang aktif ampas tebu (AAT), minyak parafinik, ZnO, stearat acid (SA), anti oksidan N-1,3-Dimethylbutyl-N-phenyl-p-phenylenediamine (6PPD), parafin wax, Dibenzothiazyl disulfida (MBTS), Tetrametiltiuram disulfida (TMTD), cumaron resin, dan sulfur.

B. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *open mill*, *pressing rubber*, *moulding*, *cutting scrub*, neraca analitis, dan *glassware*.

C. Metode Penelitian

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial.

Faktor pertama yaitu variasi ukuran partikel arang ampas tebu :

P1 = Ukuran partikel arang ampas tebu 50 mesh

P2 = Ukuran partikel arang ampas tebu 100 mesh

P3 = Ukuran partikel arang ampas tebu 150 mesh

Faktor kedua yaitu waktu vulkanisasi :
W1 = 20 menit

W2 = 30 menit

D. Prosedur Pembuatan Kompon Karet

1). Penimbangan

Bahan yang diperlukan untuk masing-masing formulasi kompon ditimbang sesuai perlakuan. Jumlah dari setiap bahan di dalam formulasi kompon dinyatakan dalam phr (berat per seratus karet).

2). *Mixing* (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses :

- i. Mastikasi RSS selama 1-3 menit, dilanjutkan mastikasi SBR selama 1-3 menit.
- ii. Pencampuran polymer dengan bahan kimia (pembuatan kompon karet/ vulkanisasi) :
 - 1) Vulkanisator (sulfur) ditambahkan dan giling selama 2-3 menit.
 - 2) Bahan penggiat/activator, ZnO dan asam stearat ditambahkan, dipotong setiap sisi, satu sampai tiga kali selama 2-3 menit.
 - 3) Anti oksidan, 6PPD, resin dan bahan bantu lain ditambahkan, dipotong setiap sisi sampai 3 kali selama 2-3 menit.
 - 4) Sebagian *filler* (pengisi) arang ampas tebu (sesuai rancangan percobaan), *parafin wax* dan pelunak minyak parafinik ditambahkan, setiap sisi dipotong sampai dua atau tiga kali selama 3-8 menit.
 - 5) Sisa *filler* ditambahkan dan dipotong setiap sisi dua atau tiga kali selama 3-8 menit.
 - 6) *Accelerator* MBTS dan TMTD ditambahkan, setiap sisi dipotong dua atau tiga kali selama 1-3 menit.
 - 7) Kompon dikeluarkan dari *open mill* dan ditentukan ukuran ketebalan lembaran kompon dengan menyetel jarak roll pada cetakan sheet, dikeluarkan dan diletakkan diatas plastik transaran dan kompon dipotong disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat.

Selama penggilingan temperatur dipertahankan 70 ± 5 °C, dan sebelum

divulkanisasi kompon dikondisikan dulu selama 24 jam. Untuk proses vulkanisasi dilakukan menggunakan waktu yang divariasikan (sesuai rancangan percobaan). Sampel diambil sebanyak 7 gram untuk diuji karakteristik vulkanisasinya menggunakan rheometer.

E. Peubah yang diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter waktu *scorch* (ts_2), waktu vulkanisasi optimum (tc_{90}), laju vulkanisasi, dan modulus torsi (t).

HASIL DAN PEMBAHASAN

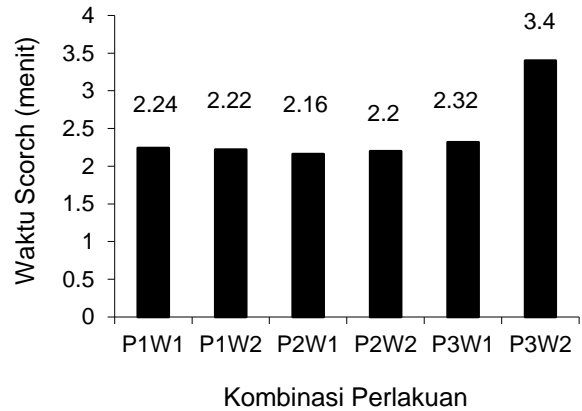
A. Waktu *scorch* (ts_2), menit

Waktu sebelum vulkanisasi disebut waktu *scorch* (*scorch time*) yang digunakan untuk mengalir, mengisi dan pengempaan kompon. Waktu *scorch* dilakukan untuk mengetahui waktu yang ditempuh kompon dari awal pemanasan hingga awal vulkanisasi, atau disebut juga waktu induksi (Wicaksono *et al.*, 2004).

Waktu *scorch* dengan variasi ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil pengujian waktu *scorch* kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua tertinggi diperoleh pada perlakuan P3W2 (ukuran partikel arang ampas tebu 150 mesh dan waktu vulkanisasi 40 menit) yaitu 3,4 menit, dan terendah terdapat pada perlakuan P₂W₁ (ukuran partikel arang ampas tebu karbida 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu 2,16 menit.

Bahan pengisi berfungsi sebagai penguat kompon karet yang berpengaruh dalam meningkatnya rapat ikatan silang pada proses vulkanisasi (Kahar, 2003). Untuk memperoleh penguatan yang optimum maka partikel bahan pengisi tersebut harus tersebar secara merata dalam komponen karet. Semakin kecil ukuran partikel bahan pengisi maka pada penambahan dengan jumlah berat yang sama, akan meningkatkan sifat fisik dan mekanik kompon karet.



Gambar 1. Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap waktu *scorch* kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua

Ukuran partikel bahan pengisi arang ampas tebu akan berpengaruh terhadap mempercepat proses pencampuran kompon karet.

Perlakuan terbaik diperoleh pada P₂W₁ (ukuran partikel arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu 2,16 menit. Sesuai pendapat Honggokusumo (2002), selama vulkanisasi berlangsung proses harus berjalan lancar dan cepat tanpa ada gangguan sehingga vulkanisasi sempurna. Waktu vulkanisasi juga berpengaruh dalam proses vulkanisasi. Semakin cepat waktu vulkanisasi maka proses vulkanisasi akan semakin cepat berlangsung sehingga akan mempengaruhi waktu *scorch*.

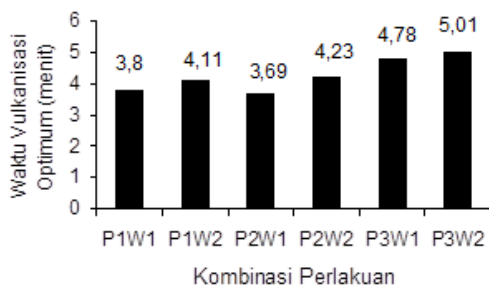
Adanya aktivitas karet dan karbon aktif dari arang ampas tebu terhadap bahan pemvulkanisasi sulfur dipengaruhi oleh ikatan rangkap C dalam karet alam. Karet alam mempunyai ikatan rangkap C dalam tiap unit monomernya, dengan adanya pemanasan selama proses vulkanisasi dapat memutuskan rantai karbon karet, memutuskan rantai samping sampai terbentuk monomer-monomer atau depolimerisasi (Schnabel, 1999). Pemutusan ikatan silang belerang atau karbon menyebabkan karet bersifat plastis sehingga memungkinkan untuk diolah menjadi barang jadi karet.

B. Waktu Vulkanisasi Optimum (tc90), menit

Waktu matang optimum (tc90) merupakan waktu yang diperlukan sejak awal pemanasan untuk mematangkan kompon sampai kematangan optimum (Wicaksono *et al.*, 2004).

Hasil pengujian waktu vulkanisasi optimum kompon ban luar kendaraan bermotor tertinggi terdapat pada perlakuan P₃W₂ (ukuran partikel arang ampas tebu 150 mesh dan waktu vulkanisasi 40 menit) yaitu, 5,01 menit, dan terendah terdapat pada perlakuan P₂W₁ (ukuran partikel arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu yaitu 3,69 menit.

Waktu vulkanisasi optimum dengan variasi ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap waktu vulkanisasi optimum kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua

Ukuran partikel bahan pengisi berperan dalam proses berlangsungnya vulkanisasi. Semakin kecil ukuran partikel akan semakin mudah proses pencampuran dan akan semakin cepat proses vulkanisasi karena partikel bahan pengisi nano arang ampas tebu tersebar merata (Peng, 2007). Dalam penelitian ini menggunakan partikel arang ampas tebu sehingga mempermudah proses pencampuran kompon karet. Waktu vulkanisasi optimum kompon ban luar kendaraan bermotor terbaik diperoleh pada P₂W₁ (ukuran partikel arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20

menit) yaitu yaitu 3,69 menit, hal ini disebabkan arang ampas tebu mengandung gugus C (karbon) yang bereaksi dengan karet pada proses vulkanisasi sehingga interaksi partikel-partikel karbon dengan rantai molekul poliisopren berlangsung lebih cepat (Omofuma, 2001).

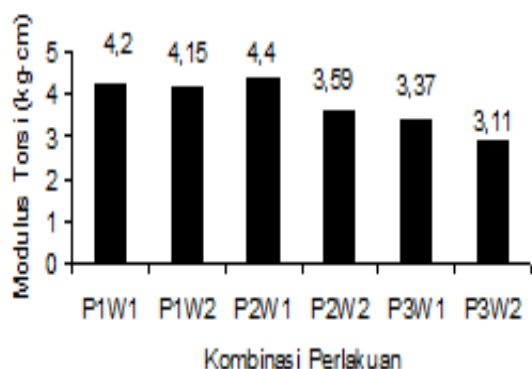
Pemasakan kompon karet juga dipengaruhi perbedaan viskositas campuran bahan-bahan kimia yang ditambahkan. Perbedaan viskositas yang makin besar dapat memperlambat pembentukan campuran yang homogen, akibatnya bahan-bahan kimia yang digunakan tidak terdistribusi merata dalam campuran. Arang ampas tebu yang mempunyai luas permukaan yang lebih besar (80,7 g/kg) dibandingkan *carbon black* (106,14 g/kg) mempercepat proses compounding karena arang ampas tebu akan lebih cepat terdispersi dalam karet yang mempunyai viskositas rendah.

Perlakuan panas cenderung memecah unit-unit besar dan melunakkan molekul karet. Suhu vulkanisasi akan mempercepat proses pemasakan kompon. Selain itu waktu vulkanisasi yang lebih cepat akan membuat kompon karet menjadi lebih cepat matang dibandingkan waktu vulkanisasi yang lebih lama (Wicaksono, 2004). Penggunaan waktu vulkanisasi yang lebih lama akan menghasilkan kompon karet kelewat matang yang mempengaruhi sifat fisik dari kompon karet.

C. Modulus torsi (t), kg.cm

Berlangsungnya proses vulkanisasi ditandai dengan meningkatnya modulus torsi. Besarnya nilai modulus torsi dapat digunakan sebagai indikator banyaknya ikatan silang yang terbentuk sebagai hasil vulkanisasi (Manna *et al.*, 1997). Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap kompon ban luar kendaraan bermotor dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian modulus torsi kompon ban luar kendaraan bermotor tertinggi diperoleh pada perlakuan P₂W₁ (ukuran partikel nano arang ampas tebu 100 mesh dan

waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu 4,4 kg cm.



Gambar 3. Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap modulus torsi kompon ban luar kendaraan bermotor

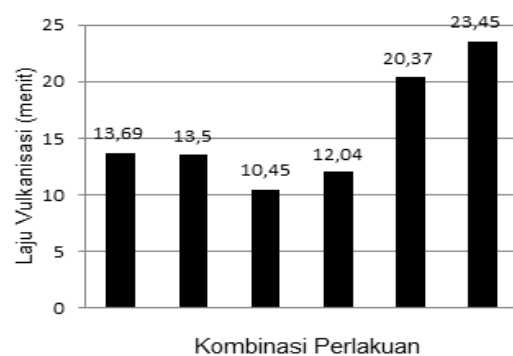
Modulus torsi terendah diperoleh pada perlakuan P₃W₂ (ukuran partikel arang ampas tebu 150 mesh dan waktu vulkanisasi 40 menit), yaitu 3,11 kg cm. Perlakuan terbaik diperoleh pada P₂W₁ dengan nilai modulus torsi paling tinggi. Modulus torsi yang tinggi akan meningkatkan rapat ikatan silang karet dan menggambarkan kekuatan vulkanisat yang baik (Honggokusumo, 2002). Pencampuran bahan pengisi karbon dari arang ampas tebu dengan ukuran partikel terbukti dapat mempercepat proses vulkanisasi kompon ban kendaraan bermotor. Arang ampas tebu dapat berperan sebagai bahan penguat dalam kompon karet sehingga meningkatkan viskositas, akibatnya modulus torsi yang dihasilkan tinggi. Selain itu, suhu vulkanisasi juga berperan dalam meningkatkan viskositas karet, sehingga modulus torsinya meningkat.

D. Laju Vulkanisasi (menit)

Laju vulkanisasi merupakan waktu yang diperlukan untuk mencapai kematangan optimum yang diukur sejak pertama kali terjadi vulkanisasi.

Hasil pengujian laju vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor tertinggi terdapat pada perlakuan P₃W₂ (ukuran partikel arang ampas tebu 150 mesh dan waktu vulkanisasi 40 menit) yaitu, 23,45 menit, dan terendah terdapat pada perlakuan P₂W₁ (ukuran

partikel arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu 10,45 menit. Laju vulkanisasi dipengaruhi oleh aktivitas karet terhadap bahan pemvulkanisasi. Adanya kemampuan arang ampas tebu yang mengandung gugus aktif C, yang dapat bereaksi dengan rantai polimer karet akibatnya terjadi pemutusan rantai polimer karet membentuk struktur karet yang lebih stabil sehingga laju vulkanisasi akan semakin cepat. Selain itu penggunaan arang ampas tebu yang berukuran partikel lebih kecil sampai batas tertentu akan meningkatkan reaktivitas pencampuran bahan kimia pemvulkanisasi, sehingga laju vulkanisasi yang lebih cepat.



Gambar 4. Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap laju vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor

Pengaruh ukuran partikel arang ampas tebu dan waktu vulkanisasi terhadap kompon ban luar kendaraan bermotor disajikan pada Gambar 4.

Laju vulkanisasi terbaik diperoleh pada perlakuan P₂W₁ (ukuran partikel nano arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit) yaitu 10,45 menit. Suhu dan waktu vulkanisasi juga berpengaruh dalam laju vulkanisasi kompon karet. Dalam penelitian ini digunakan suhu vulkanisasi 140 °C. Panas akan memutuskan ikatan sulfida, namun pemanasan juga dapat menyebabkan peningkatan kembali sulfida yang terputus. Panas yang berkelanjutan menghasilkan degradasi ikatan silang sulfida dan dapat terbentuk ikatan sulfida kembali terutama ikatan

sulfida siklis (Nieuwenhuizen, 1997). Menurut Kahar (2003), pencampuran bahan pengisi karbon akan mempercepat vulkanisasi dan meningkatkan kekakuan material. Butiran-butiran karbon akan membentuk ikatan silang fisik yang berikatan dengan ikatan silang kimiawi oleh adanya unsur belerang pada proses vulkanisasi kompon karet.

KESIMPULAN

Pengaruh ukuran partikel arang serbuk gergaji dan waktu vulkanisasi berpengaruh nyata terhadap karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor roda dua, yaitu waktu *scorch* (t_{s2}), waktu matang optimum (t_{90}), modulus torsi (t) dan laju vulkanisasi.

Perlakuan terbaik diperoleh pada P_2W_1 (ukuran partikel arang ampas tebu 100 mesh dan waktu vulkanisasi 20 menit dengan karakteristik vulkanisasi kompon ban luar kendaraan bermotor meliputi waktu *scorch* 2,16 menit, waktu matang optimum 3,69 menit, laju vulkanisasi 10,45 menit dan modulus torsi 4,4 kg cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, A. A. (2005). *Bahan Kimia untuk Kompon Karet*. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Baron, H. (1998). *Modern Rubber Chemistry*. D. New York: Van Nostrand Company Inc.
- Daulay, SHNS. (2010). *Penggunaan serat alami limbah ampas tebu (baggase) PTPN II Sei Semayang dan perekat abu terbang batu bara PLTU Sibolga (fly ash) substitusi semen pada pembuatan genteng*. Tesis. Program Pascasarjana Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hadiyawardman. (2008). Fabrikasi material nanokomposit superkuat, ringan dan transparan menggunakan metode simple mixing. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 1 (1): 48-54.
- Haris, U. (2004). *Karet Alam Hevea dan Industri Pengolahannya*. Balai Penelitian Karet Bogor. Pusat Penelitian Karet. Bogor: Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Honggokusumo, S., Bahar, N. (2002). *Penggunaan Lignin Termodifikasi sebagai Bahan Pelunak Kompon Karet*. Prosiding Simposium Nasional Polimer II.
- Kahar, N. (2003). Rapat Ikatan Silang pada Karet Alam yang Divulkanisir. *Jurnal Teknologi Indonesia* Jilid VIII. No. 2.
- Manna, A.K., P.P.De, D.K. Tripathy. (1997). Chemical Interaction between Surface Oxidized Carbon Black and Epoxidized Natural Rubber. *Rubber Chemical Technology*. 70(4): 624-633.
- Nieuwenhuizen, J. Reedijk, M. (1997). Thiuram and Dithiocarbamate Accelerated Sulfur Vulcanization from the Chemist's Perspective; Methods, Materials and Mechanisms Reviewed. *Rubber Chem. Technology*. 70(3): 368-429.
- Omofuma FE, Adeniye, SA and Adeleke, AE. (2001). The Effect of Particle Sizes on the Performance of Filler: A Case Study of Rice Husk and Wood Flour. *World Appl. Sci. J.* 14 (9): 1347-1352.
- Peng, Y.K. (2007). *The Effect of Carbon Black and Silica Fillers on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Breaker Compounds*. Thesis. University Science Malaysia.
- Raharjo, P. (2009). Karet, Material Andalan Ekspor di Bawah Harapan dan Ancaman. www.infometrik.com/2009/08/Karet-Material-Andalan-Ekspor-di-Bawah-Harapan-dan-Ancaman. diakses pada tanggal 2 Desember 2009.
- Schnabel, W. (1999). *Polymer Degradation: Principles and Practical Applications*. Hanser International. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Wicaksono, R. Sutardi dan Herminiwati. (2004). Pembuatan Karet Riklim

- dari Ban Bekas dengan Microwave Ditinjau dari Karakteristik Vulkanisasi Kompon. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 20(2): 23-29.
- Witono JA. (2003). Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia. <http://www.chem-istry.org/sect=fokus/htm>. Diakses tanggal 20 Maret 2012.
- Wijayanti, DS. (2009). *Karakteristik briket arang dari serbuk gergaji dengan penambahan arang cangkang kelapa sawit*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yuniari, A. Setyaningsih dan Buchori, A. (2001). *Optimalisasi Kondisi Proses Vulkanisasi Terhadap Sifat Fisis Kompon Karet yang Menggunakan Bahan Pengisi Jenis Silikat*. Proseding Seminar Nasional Kimia. Surakarta 13 Oktober 2001: 55-59.