

ARANG AKTIF KAYU WARU (*Hibiscus tiliaceus*) SEBAGAI BAHAN PENGISI KOMPON SOL LUAR SEPATU CASUAL

Himawan Hendro Santopo

Program Studi Teknologi Pengolahan Karet Plastik, Politeknik ATK
Jl. Ringroad Selatan, Glugo, Panggunharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta
Email : info@atk.ac.id

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain a weight (per hundred rubber) of hibiscus wood active carbon as a filler and vulcanization time in the outsole compound production of casual shoes. Variations in weight of hibiscus wood active carbon are 25 phr, 30 phr, 35 phr; and those in vulcanization time are 10 minutes and 15 minutes. Phr of hibiscus wood active carbon as a filler and vulcanization time significantly affects the physical properties of outsole compound on tensile strength, tear resistance, abrasion resistance, and bend-cracking resistance. The best formula is the P₃W₂ (the weight of hibiscus wood active carbon is 35 phr and the vulcanization time is 15 minutes), equal to the raw formula of outsole compound and complies the SNI 0778:2009 with the physical properties of outsole compounds on tensile strength 82,76 kg/cm², tear resistance 48,75 kg/cm², abrasion resistance 201,59 DIN/mm³, and bend-cracking resistance which is not crack for 150.000 times deflection.

Keywords : *hibiscus wood carbon, fillers, vulcanization time*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh berat (*per hundred rubber*) arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan waktu vulkanisasi yang tepat dalam pembuatan kompon sol luar sepatu *casual*. Variasi berat arang aktif kayu waru adalah 25 phr, 30 phr, 35 phr dan variasi waktu vulkanisasi 10 menit dan 30 menit. Phr arang aktif kayu waru sebagai bahan pengisi dan waktu vulkanisasi berpengaruh nyata terhadap sifat fisik kompon sol luar, yaitu : kuat tarik, ketahanan sobek, ketahanan kikis, dan ketahanan retak lentur. Perlakuan terbaik adalah kombinasi perlakuan P₃W₂ (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) setara dengan formula baku kompon sol luar (menggunakan bahan pengisi *carbon black*) serta memenuhi SNI 0778:2009 dengan karakteristik kompon sol luar meliputi : kuat tarik 82,76 kg/cm², ketahanan sobek 48,75 kg/cm², ketahanan kikis 201,59 DIN/mm³, dan ketahanan retak lentur baik tidak retak untuk pelenturan sebanyak 150.000 kali.

Kata kunci : *Arang kayu waru, bahan pengisi, waktu vulkanisasi*

PENGANTAR

Carbon black adalah jenis bahan pengisi yang paling umum digunakan dalam pembuatan kompon karet. *Carbon black* dibuat dari proses *thermal cracking* hidrokarbon dari minyak bumi (Ellis and Novak, 1978). Pemecahan rantai karbon dalam minyak bumi dilakukan dengan proses *thermal cracking* menggunakan energi panas sebagai alat pemecah rantai hidrokarbon. *Carbon black* ditambahkan ke dalam kompon karet dalam jumlah besar dengan tujuan meningkatkan sifat fisik dan memperbaiki karakteristik pengolahan. Penambahan *carbon black* akan mempengaruhi sifat kompon, viskositas dan kekuatan kompon akan bertambah, namun penggunaan *carbon black* mempunyai kelemahan, yaitu daya lengket kompon akan berkurang, oleh karena itu perlu adanya alternatif lain untuk mengatasi kelemahan ini (Thomas, 2003).

Sol luar (*outsole*) merupakan komponen terbawah dari bawahan sepatu yang langsung bersinggungan dengan badan jalan dan merupakan unsur penentu kualitas sepatu. Kualitas sol luar sebagai komponen bawahan sepatu atau alas kaki sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisisnya, antara lain : tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan, pampatan tetap, berat jenis dan ketahanan retak lentur (Bayu Prasetyo, 2002).

Sejalan dengan keterbatasan minyak bumi dan isu pentingnya pengurangan efek emisi karbon dioksida yang timbul dalam proses pembuatan sol luar sepatu dan mengurangi penggunaan bahan turunan dari minyak bumi untuk pembuatan sol luar sepatu, maka dalam penelitian ini dilakukan

pembuatan sol luar dari unsur non minyak bumi, salah satunya adalah penggunaan bahan pengisi arang kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) yang berasal dari serat alami kayu. Studi terhadap penggunaan bahan yang bersifat *biodegradable* sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kompon karet telah banyak dilakukan, diantaranya terhadap karbon ampas tebu (John *et al.*, 2010) pati (Ganjali *et al.*, 2010) batu apung (Rahmaniar *et al.*, 2006) dan arang aktif serbuk gergaji (Hari Adi Prasetya, 2012).

Selulosa merupakan serat alami yang struktur rantainya mirip dengan hidokarbon dalam minyak bumi. Rantai panjang dalam selulosa ini dimungkinkan dapat dipecah menjadi agregat karbon dan senyawa-senyawa kimia dengan berat molekul rendah (Pari, 2002).

Arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi merupakan salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan impor bahan pengisi sekaligus pemanfaatan kayu waru yang nilai ekomisnya masih rendah.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui jumlah *phr* (*part hundred rubber* = berat per seratus karet) arang aktif kayu waru sebagai bahan pengisi dan waktu vulkanisasi yang tepat dalam pembuatan kompon sol luar sepatu *casual*.

CARA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Terapan, Laboratorium Instrumen & Teknik Polimer, Workshop Pengolahan Karet dan Plastik, dan Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik Yogyakarta.

Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai populasi adalah kompon sol luar yang dibuat berdasarkan formula baku yang telah ditetapkan dan bersifat homogen. Berdasarkan sifat populasi yang homogen maka teknik pengambilan sampel dilakukan secara acak lengkap, dimana pada setiap komposisi formula kompon akan mendapat perlakuan dengan variasi penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*). Dari setiap komposisi formula kompon yang telah mendapat perlakuan penambahan variasi arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) kemudian di proses menjadi kompon sol luar, setelah itu dilakukan pengujian mutu kompon sol luar dengan replikasi sebanyak 3 kali untuk setiap perlakuan dari masing-masing sampel.

Proses pengarangan (karbonisasi) kayu waru dilakukan secara tradisional, yaitu potongan kayu waru yang telah dibelah dan dijemur kering dibakar dalam galian lubang tanah sampai menjadi bara api. Kemudian lubang tempat pembakaran kayu waru tersebut ditimbun dengan tanah dan dibiarkan selama 5 jam sampai pengarangan sempurna. Aktivasi (pirolisis) arang kayu waru dilakukan dengan cara direndam dalam Na Cl 4 % selama 1 jam, kemudian dicuci dengan air beberapa kali sampai pH mencapai netral (pH 7) dan ditiriskan sampai kering. Pirolisis arang dilanjutkan pada suhu 500⁰C selama 1 jam dalam furnace, kemudian arang aktif yang dihasilkan digiling dan diayak menggunakan saringan 400 mesh.

Penimbangan bahan baku karet dan bahan kimia penyusun kompon sol luar sesuai formulasi dan perlakuan. Jumlah dari setiap bahan di dalam

formulasi kompon dinyatakan dalam phr (*part hundred rubber* = berat per seratus karet).

Tabel 1. Formulasi Kompon Sol Luar

No.	Nama Bahan	Formula baku/kontrol (phr)	Perlakuan Arang Aktif Kayu Waru (phr)		
			P ₁	P ₂	P ₃
1.	SIR 3 L	20,00	20,00	20,00	20,00
2.	SBR 1502	20,00	20,00	20,00	20,00
3.	KBR 01	50,00	50,00	50,00	50,00
4.	Reclaimed Rubber	10,00	10,00	10,00	10,00
5.	Carbon Black	30,00	-	-	-
6.	Kalsium (Ca CO ₃)	25,00	25,00	25,00	25,00
7.	Parafenik Oil	3,75	3,75	3,75	3,75
8.	Zn O	5,00	5,00	5,00	5,00
9.	Stearic Acid	1,25	1,25	1,25	1,25
10.	PEG ≠ 4000	4,16	4,16	4,16	4,16
11.	BHT	1,25	1,25	1,25	1,25
12.	MBT	1,08	1,08	1,08	1,08
13.	MBTS	1,08	1,08	1,08	1,08
14.	TMTM	0,03	0,03	0,03	0,03
15.	Sulfur	2,00	2,00	2,00	2,00
16.	Arang Aktif Kayu Waru	-	25,00	30,00	35,00

Proses pencampuran (*nixing*) bahan baku karet dengan bahan kimia penyusun kompon dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*) pada suhu 70°C dengan waktu 15 menit. Kompon karet yang terbentuk selanjutnya dipotong sesuai ukuran potongan/ukuran conyoh uji, dan kemudian dipress menggunakan mesin press vulkanisasi (*vulcanization press moulding*) pada suhu 150°C dengan waktu 10 sampai 15 menit.

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental laboratorium dengan disain acak lengkap faktorial. Faktor pertama yaitu variasi phr penggunaan arang aktif kayu waru (P₁ = 25 phr, P₂ = 30 phr, P₃

= 35 phr), faktor kedua yaitu waktu vulkanisasi ($W_1 = 10$ menit, $W_2 = 15$ menit).

Analisis data menggunakan analisa varians (ANAVA) dengan program SPSS versi 17.00 dan tingkat signifikansi yang digunakan 5%, untuk mengetahui diterima atau ditolaknya hipotesa yang diajukan. Dari uji F dapat diketahui bahwa variasi penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan variasi waktu vulkanisasi secara bersama-sama mempengaruhi sifat fisik-mekanik kompon sol luar.

Peubah yang diamati dalam penelitian ini adalah : kuat tarik, kg/cm^2 ; (SNI 0778 : 2009); ketahanan sobek, kg/cm^2 ; (SNI 0778 : 2009); ketahanan kikis DIN, mm^3 (ISO 20871 – ISO 4649); ketahanan retak lentur, 150.000 kali (SNI 0778 : 2009). Hasil penelitian selanjutnya dibandingkan dengan formula baku kompon sol luar sepatu *casual*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan pengujian sifat fisika karet yang menunjukkan besarnya gaya maksimum yang diperlukan untuk menarik potongan uji sampai putus dengan menggunakan alat uji kuat tarik (*tensile strength*). Selain itu, pengujian ini juga menggambarkan kekuatan dan kekenyalan karet (Basseri, 2005).

Pengaruh penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan variasi waktu vulkanisasi terhadap kuat tarik kompon sol luar adalah rata-rata sebesar $51,76 \text{ kg/cm}^2$ pada perlakuan P_1W_1 (

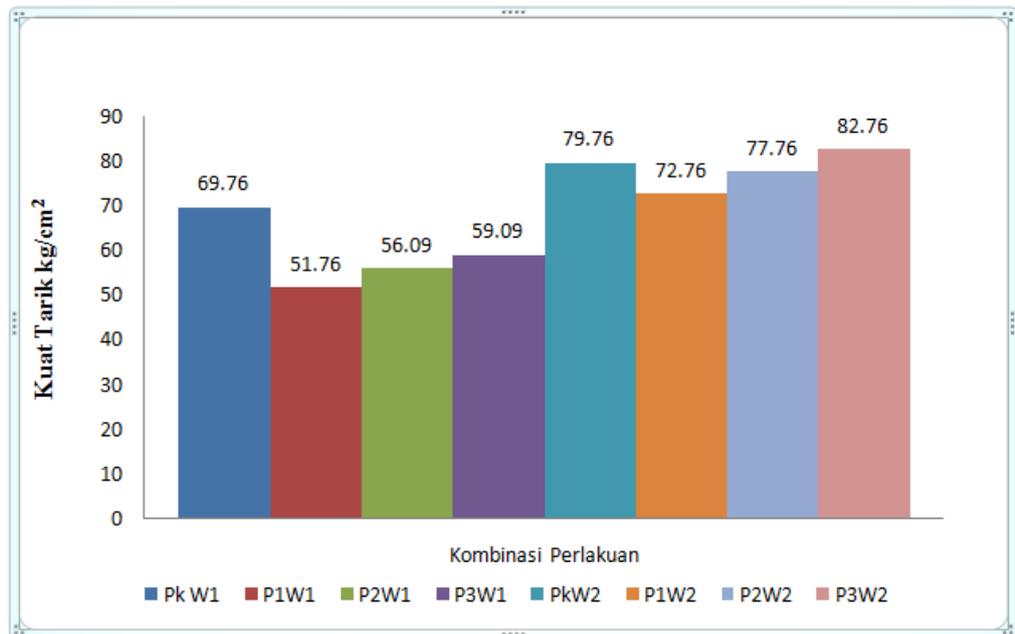
25 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit); rata-rata 56,09 kg/cm² pada perlakuan P₂W₁ (30 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; rata-rata 59,08 kg/cm² pada perlakuan P₃W₁ (35 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; sedangkan pengaruh penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi diperoleh nilai rata-rata 69,76 kg/cm² pada penambahan 30 phr (P_K W₁) yang digunakan sebagai kontrol. Perlakuan di atas menunjukkan bahwa variasi penggunaan arang aktif (25 phr, 30 phr, dan 35 phr) dengan waktu vulkanisasi 10 menit, sifat kuat tariknya lebih rendah dari pada formula baku (kontrol) yang menggunakan karbon hitam (*carbon black/synthetics carbon*) sebanyak 30 phr (P_K W₁). Hal ini disebabkan karena ukuran partikel karbon hitam lebih kecil dan lebih halus jika dibandingkan dengan ukuran partikel arang aktif kayu waru. Perlakuan ukuran partikel akan mempengaruhi nilai kuat tarik kompon sol luar.

Makin kecil ukuran partikel memungkinkan bahan pengisi terdispersi dengan baik dan merata dalam kompon karet. Akibatnya terjadi interaksi secara fisika dan kimia dengan lebih baik pula. Secara fisika terjadi adsorpsi antara bahan pengisi dengan karet melalui ikatan *Van der Waal's*. Secara kimia terbentuk ikatan antara karet dengan gugus fungsional pada permukaan kompon (Herminiwati, et al., 2003).

Menurut Morton (1987), sifat fisik dan kimia yang berpengaruh terhadap vulkanisat karet adalah ukuran partikel, luas permukaan, struktur dan jumlah (phr) bahan pengisi yang digunakan.

Pada perlakuan P₁W₂ (25 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 72,76 kg/cm² ; pada perlakuan P₂W₂ (30 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 77,76 kg/cm² ; perlakuan P₃W₂ (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 82,76 kg/cm² ; sedangkan penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi untuk formula baku (kontrol) pada perlakuan P_K W₂ (30 phr carbon black dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 79,76 kg/cm² .

Dari nilai kuat tarik tersebut di atas , dapat dijelaskan bahwa penambahan phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan waktu vulkanisasi memiliki pengaruh terhadap kuat tarik, dimana semakin tinggi phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan waktu vulkanisasi semakin tinggi nilai kuat tariknya seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Pengaruh phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi terhadap kuat tarik kompon sol luar

Perlakuan terbaik diperoleh pada P3W2 (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 72,76 kg/cm².

2. Ketahanan Sobek

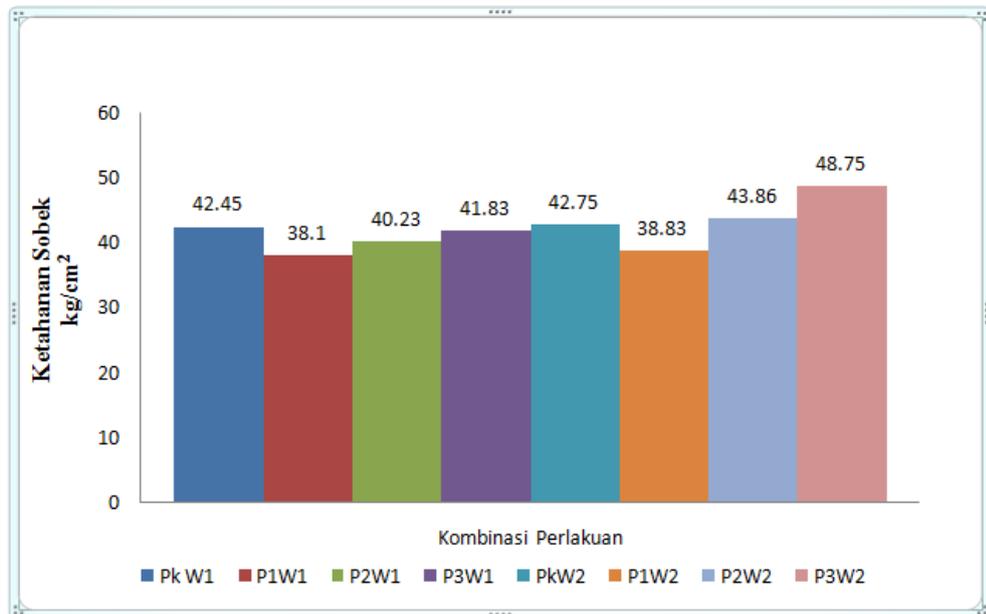
Menurut Basseri (2005), ketahanan sobek adalah besarnya gaya maksimum yang diperlukan untuk menyobek potongan uji sampai putus dengan menggunakan alat uji kuat tarik (*tensile strength*).

Besarnya pengaruh penggunaan arang aktif kayu waru (*Hisbiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan variasi waktu vulkanisasi terhadap ketahanan sobek sol luar adalah rata-rata sebesar 38,10 kg/cm² pada perlakuan P₁W₁ (25 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit); rata-rata 40,23 kg/cm² pada perlakuan P₂W₁ (30 phr arang aktif kayu

waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; rata-rata 41,83 kg/cm² pada perlakuan P₃W₁ (35 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; sedangkan pengaruh penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi diperoleh nilai rata-rata 42,55 kg/cm² pada penambahan 30 phr dengan waktu vulkanisasi 10 menit (P_K W₁) yang digunakan sebagai kontrol.

Pada perlakuan P₁W₂ (25 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan sobeknya rata-rata sebesar 37,83 kg/cm² ; pada perlakuan P₂W₂ (30 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan sobeknya rata-rata sebesar 43,86 kg/cm² ; perlakuan P₃W₂ (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai kuat tariknya rata-rata sebesar 48,75 kg/cm² ; sedangkan penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi untuk formula baku (kontrol) pada perlakuan P_K W₂ (30 phr carbon black dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan sobeknya rata-rata sebesar 46,75 kg/cm² .

Dari nilai ketahanan sobek tersebut di atas , dapat dijelaskan bahwa penambahan phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan variasi waktu vulkanisasi memiliki pengaruh terhadap ketahanan sobeknya, dimana semakin tinggi phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan waktu vulkanisasi semakin meningkat nilai ketahanan sobeknya seperti digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Pengaruh phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi terhadap ketahanan sobek kompon sol luar

3. Ketahanan Kikis

Pengujian ketahanan kikis (*abrassion resistance*), bertujuan untuk mengetahui ketahanan kikis dari vulkanisat karet yang digesekkan pada sebuah gerinda kikis dengan tingkat kekasaran tertentu, dengan menggunakan tekanan dan luas permukaan tertentu. Kesanggupan karet bertahan terhadap pengikisan dengan benda lain pada pemakaiannya, disebut ketahanan kikis (Basseri, 2005).

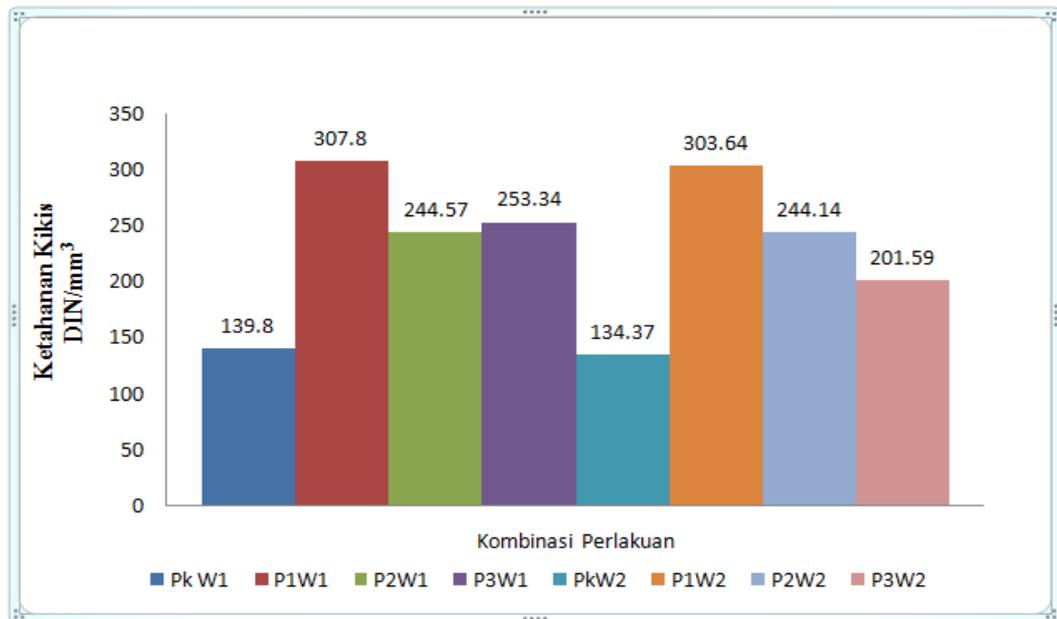
Nilai ketahanan kikis merupakan sifat penting yang harus dimiliki oleh produk karet, jika ketahanan kikis rendah maka produk yang dihasilkan akan mudah aus dan menyebabkan cepat terjadinya keretakan. Semakin kecil nilai ketahanan kikis kompon karet menunjukkan bahwa kompon karet semakin elastis.

Pengaruh penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan variasi waktu vulkanisasi terhadap ketahanan kikis kompon sol luar adalah rata-rata sebesar 307,80 DIN/mm³ pada perlakuan P₁W₁ (25 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit); rata-rata 244,57 DIN/mm³ pada perlakuan P₂W₁ (30 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; rata-rata 253,34 DIN/mm³ pada perlakuan P₃W₁ (35 phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi 10 menit) ; sedangkan pengaruh penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi diperoleh nilai rata-rata 139,80 DIN/mm³ pada penambahan 30 phr (P_K W₁) yang digunakan sebagai kontrol.

Pada perlakuan P₁W₂ (25 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan kikisnya rata-rata sebesar 303,64 DIN/mm³; pada perlakuan P₂W₂ (30 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan kikisnya rata-rata sebesar 244,14 DIN/mm³; perlakuan P₃W₂ (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan kikisnya rata-rata sebesar 201,59 DIN/mm³; sedangkan penggunaan karbon hitam (*carbon black*) sebagai bahan pengisi untuk formula baku (kontrol) pada perlakuan P_K W₂ (30 phr carbon black dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan kikisnya rata-rata sebesar 134,37 DIN/mm³.

Dari nilai ketahanan kikis tersebut di atas , dapat dijelaskan bahwa penambahan phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan variasi waktu vulkanisasi memiliki pengaruh, dimana semakin tinggi phr arang aktif kayu

waru (*Hibiscus tiliaceus*) dan waktu vulkanisasi semakin menurun pula nilai ketahanan kikisnya seperti digambarkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Pengaruh phr arang aktif kayu waru dan waktu vulkanisasi terhadap ketahanan kikis kompon sol luar

Nilai ketahanan kikis kompon sol luar terbaik diperoleh pada perlakuan P3 W2 (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) diperoleh nilai ketahanan kikisnya rata-rata sebesar 201,59 DIN/mm³, dimana perlakuan ini memiliki ketahanan kikis yang paling rendah dan memenuhi SNI 0778 : 2009.

Senyawa arang aktif kayu waru mempunyai karakteristik dapat bertahan terhadap beberapa kondisi seperti abrasi, temperatur tinggi, tekanan. Selain itu adanya bahan pengisi arang aktif kayu waru yang berkaitan dengan molekul karet akan menaikkan nilai ketahanan kikisnya. Penambahan bahan pengisi penguat dalam jumlah optimum, akan

meningkatkan ketahanan kikis kompon karet. Efek penguatan bahan pengisi tersebut ditentukan oleh ukuran partikel, keadaan permukaan dan bentuk, kehalusan butiran dan kerataan penyebarannya. Selain itu ketahanan kikis akan meningkat dengan peningkatan luas permukaan bahan pengisi (Alfa, 2008)

4. Ketahanan Retak Lentur

Besarnya pengaruh penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan variasi waktu vulkanisasi terhadap ketahanan retak lentur kompon sol luar untuk semua perlakuan mempunyai hasil yang sama, yaitu baik dan tidak retak pada pengujian 150.000 kali. Menurut SNI 0778:2009 dilakukan pelenteruan sebanyak 150.000 kali harus baik dan tidak retak.

Dari nilai retak lentur tersebut di atas , dapat dijelaskan bahwa penambahan phr arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) tidak memiliki pengaruh terhadap nilai retak lenturnya. Nilai retak lentur adalah ketahanan suatu bahan terhadap perlakuan mekanis pelenturan sebanyak 150.000 kali.

Kompon sol luar yang mempunyai nilai retak lentur baik , mempunyai rantai molekul yang tahan terhadap tarikan. Sedangkan yang mempunyai nilai retak lentur yang tidak baik karena rantai ikatan molekul yang kurang kuat dapat disebabkan karena ukuran partikel, penyebaran dan phr bahan pengisi (*filler*). Gambar diatas juga menunjukkan bahwa penggunaan arang aktif kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi (*filler*) dan variasi waktu vulkanisasi terhadap sifat fisis kompon sol luar untuk sepatu

casual memenuhi SNI 0778:2009 dan sebanding dengan formula baku kompon sol luar (kontrol).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang kami lakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perlakuan terbaik adalah kombinasi perlakuan P₃W₂ (35 phr arang aktif kayu waru dengan waktu vulkanisasi 15 menit) dan setara dengan formula baku kompon sol luar (menggunakan bahan pengisi *carbon black*) serta memenuhi SNI 0778:2009 dengan karakteristik kompon sol luar meliputi :kuat tarik 82,76 kg/cm², ketahanan sobek 48,75 kg/cm², ketahanan kikis 201,59 DIN/mm³, dan ketahanan retak lentur baik tidak retak untuk pelenturan sebanyak 150.000 kali.(F_{hitung} > F_{tabel} (0,05)).
2. Penggunaan variasi phr arang aktif kayu waru (*Hisbiscus tiliaceus*) sebagai bahan pengisi dan variasi waktu vulkanisasi berpengaruh nyata terhadap sifat fisik kompon sol luar sepatu *casual*, yaitu : kuat tarik, ketahanan sobek, ketahanan kikis, dan ketahanan retak lentur.
3. Arang aktif kayu waru (*Hisbiscus tiliaceus*) dapat digunakan sebagai bahan substitusi bahan pengisi *carbon black* dan dapat mengurangi ketergantungan bahan pengisi import serta untuk mengatasi keterbatasan minyak bumi dan isu pentingnya pengurangan efek emisi karbon dioksida yang timbul dalam proses pembuatan sol luar sepatu.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variasi ukuran partikel arang aktif kayu waru (*Hisbiscus tiliaceus*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, 1998. *Bahan Kimia Penyusun Kompon*, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
- Amir. Eddy.J. 1990.Pengetahuan Dasar Mengenai Karet Alam dan Sintetik. Didalam Kumpulan Makalah Kursus Barang Jadi. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Alfa,A.A., 2005. *Bahan Kimia untuk Kompon Karet*. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat, Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
- Arizal, Ridha. 1990.Pengetahuan Dasar Mengenai Karet Alam dan Sintetik. Didalam Kumpulan Makalah Kursus Barang Jadi. Pusat Penelitian Perkebunan Bogor, Bogor.
- Basseri, A, 2005. *Teori Praktek Barang Jadi Karet*. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor
- Boonstra, B.B, 2005. *Journal of Rubber*. P. 92 (6)
- Ellis, K.W, and Z.T. Novak, 1978. Modern Carbon Black dalam *Proceeding Natural Rubber Technology Seminar* P. 95 – 110
- Franta, I. 1989. *Elastomers and Rubber Compounding Materials, Manufacture, Properties and Application*. Elvevier, Amsterdam, Oxford, New York
- Ganjali, A.T., Moliee, F., Shakeri, E., and Abbasian, A. 2010, *Effect of Amylose/Amylopectin ratio on Physicochemical Properties of Rubber Compounds Filled by Starch*. J of Appl Chem Researches, Vol 4 (14) P. 53 – 60
- Hari Adi Prasetya, 2012. Arang Aktif Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Pengisi untuk Pembuatan Kompon Ban Luar Kendaraan Bermotor. *Jurnal Riset Industri Vol. VI. No. 2. 2012*. Baristand Palembang. Hal. 165 – 173.

- Herminawati, Purnomo, D., dan Supranto, 2003. Sifat Filler Kayu Kering terhadap Vulkanisat Karet. *Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik*. 19 (1) : 32 – 39
- Honggokusumo, S., Bahar, N. 2002. Penggunaan Lignin Termodifikasi sebagai Bahan Pelunak Kompon Karet. *Prosiding Simposium Nasional Polimer II*
- John, O., Osarenmwinda and Samuel. I. Abode, 2010. Potential of Carbonized Bagasse Filler in Rubber Products. *Journal of Emerging The 2nds in Engineering and applied Sciences (JETEAS)*, 1 (2) : 157 – 160
- Manna, A.K., P.P.De, D.K. Tripathy. 1997. Chemical Interaction between Surface Oxidized carbon Black and Epoxidized Natural Rubber. *Rubber Chemical Technology*, Van Nostrand Reinhold. New York 70 (4) : 624 – 633.
- Morton, M. 1987. *Rubber Chemical Technology* 3 th Edition, Van Nostrand Reinhold. New York.
- Pari, G. 2002. *Industri Pengolahan Kayu Teknologi Alternatif Pemanfaatan Limbah* (Makalah Filsafah Sains). Institut Pertanian Bogor.
- Rahmaniar, 2006. *Pemanfaatan Batu Apung sebagai Bahan Pengisi dalam Pembuatan Kompon Ban*. Laporan Penelitian Baristand Industri. Palembang.
- Rihayat, 2007. Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Volume 6 Nomor 1, Hal 1-6 Tahun 2007.
- Supartini, 2009. Kandungan Zat Kimia Kayu Meranti Kuning (Shorea Macrobalanos). *Jurnal Dipterokarpa*. Volume 3 Nomor 1 Tahun 2009.
- Supraptiningsih, A. 2005. Pengaruh RSS/SBR dan Filler Ca CO₃, terhadap Sifat Fisis Kompon Karet Karet. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 21 (1) : 34 – 40.
- Thomas J. 2003. *Disain Kompon*. Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Yusuf, W. 2005, *Metode Statistik*. UGM Press. Yogyakarta.