

PENGGUNAAN PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE (PCC) SEBAGAI FILLER UNTUK SOL KARET SEPATU OLAH RAGA (APPLICATION OF PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE (PCC) AS FILLER FOR SPORT SHOES RUBBER SOLE)

Herminiwati dan Arum Yuniari¹⁾

(herminiwati@yahoo.com)

Diterima : 17 Maret 2010

Disetujui : 26 Agustus 2010

ABSTRACT

The objective of the research was to investigate the utilization of Precipitated Calcium Carbonate (PCC) as filler in producing sport shoe rubber soles. PCC is a white filler needed for production of non-black colour rubber products. There are four types of PCC that have been used including two local PCC from Wonosari and East Java, and two imported PCC from Japan and Taiwan. The amount of PCC added into the sport shoe sole rubber compound was varied in 30, 45, 60, 75 and 90 per hundred rubber (phr). The compounding was carried-out by using two roll mills machine, and the compound was subsequently measured their optimum vulcanisation time by using rheometer. The produced compound was then subjected to vulcanisation process by using hydrolic press at temperature 150 °C and pressure 150 kg/cm². The quality of shoes sole vulcanisates were compare to standard quality of SNI. 12-7075-2005 about cemented system sport shoes. The results indicated that the best formula of rubber compound for sport shoes sole were made by using NR 80 phr, NBR 20 phr, parafinic oil 10 phr, aluminium silicate 30 phr, ZnO 5 phr, TiO₂ 10 phr, stearic acid 1 phr, vulkanox SP 1 phr, parafin wax 1 phr, TMTD 0,5 phr, CBS 2 phr, sulphur 1,2 phr with the amount of PCC Actifort 700 of 45 phr. The best formula meet the requirement SNI 12-7075-2005 and they were characterized by tensile strength 16,79 N/mm², elongation at break 529,92 %, tear resistance 9,06 N/mm², specific gravity 1,28 g/cm³, hardness 55 shore A, Grasselli abrasion resistance 1,0 mm³/kg.m, and didn't show any signs of cracking. It showed that Actifort 700 act as reinforcing filler. The local PCC from Wonosari can be used for substitution of the imported PCC as the white filler for the production of rubber compound sport shoes sole. However, particle size reduction and coating or surface treatment of local PCC were needed for improving the quality and the role of reinforcing filler.

Keywords: PCC, filler, sole, sport shoes

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) sebagai filler dalam pembuatan sol karet sepatu olah raga. PCC merupakan filler putih yang diperlukan dalam pembuatan barang-barang karet yang tidak berwarna hitam. Empat jenis PCC yang terdiri atas dua jenis PCC lokal dari Wonosari dan Jawa Timur dan dua jenis PCC impor dari Jepang dan Taiwan digunakan sebagai filler untuk pembuatan sol karet sepatu olahraga. Jumlah PCC yang ditambahkan dalam kompon karet sol sepatu olah raga divariasasi berturut-turut 30, 45, 60, 75 dan 90 phr (per hundred rubber). Proses pembuatan kompon dilakukan dengan mesin two roll mill dan kompon yang diperoleh diukur waktu vulkanisasi optimumnya dengan rheometer. Kompon selanjutnya divulkanisasi dengan mesin kempa hidrolik pada suhu 150 °C dan tekanan 150 kg/cm². Kualitas vulkanisat sol sepatu diuji menurut ketentuan dalam SNI. 12-7075-2005 tentang sepatu olah raga dengan sistem lem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula kompon karet sol sepatu olah raga terbaik terdiri atas karet alam 80 phr, NBR 20 phr, parafinic oil 10 phr, aluminium silikat 30 phr, ZnO 5 phr, TiO₂ 10 phr, asam stearat 1 phr, vulkanox SP 1 phr, parafin wax 1 phr, TMTD 0,5 phr, CBS 2 phr, sulfur 1,2 phr dengan jumlah PCC Actifort 700 yang ditambahkan sebesar 45 phr. Formula terbaik memenuhi persyaratan SNI dan ditandai oleh sifat fisik sebagai berikut : tegangan putus 16,79 N/mm², perpanjangan putus 529,92 %, ketahanan sobek 9,06 N/mm², bobot jenis 1,28 g/cm³, kekerasan 55 shore A, ketahanan kikis Grasselli 1,0 mm³/kg.m, ketahanan retak lentur baik dan tidak retak. Ini menunjukkan bahwa PCC Actifort 700 merupakan filler penguat. PCC lokal asal Wonosari dapat digunakan untuk mensubstitusi PCC impor sebagai filler putih

¹⁾Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta

dalam pembuatan kompon karet sol sepatu olah raga. Akan tetapi PCC lokal memerlukan pengecilan ukuran partikel dan perlakuan permukaan atau coating untuk meningkatkan kualitas dan peranannya sebagai filler penguat.

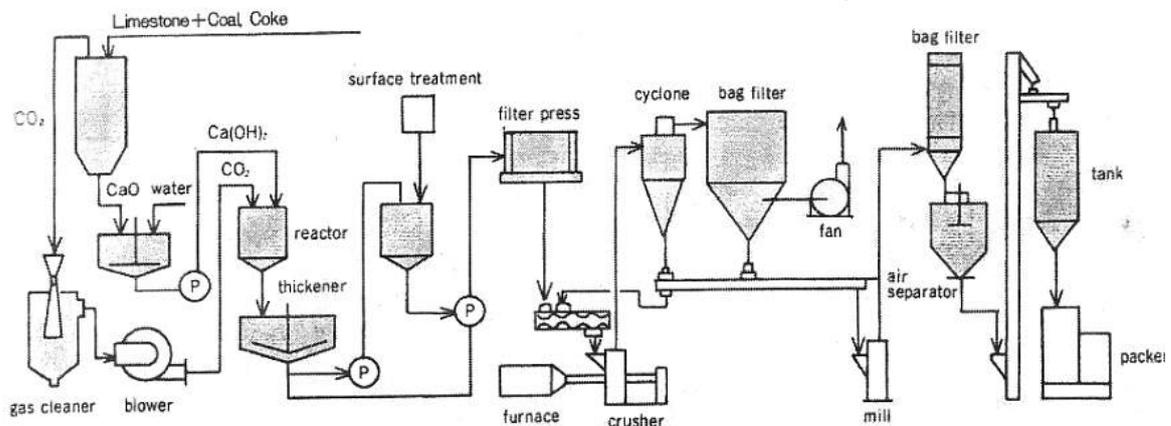
Kata kunci: PCC, filler, sol, sepatu olahraga

PENDAHULUAN

Sepatu dan alas kaki merupakan salah satu komoditi andalan ekspor dengan jumlah perusahaan sebanyak 390 perusahaan dan nilai investasi sebesar 4,29 trilyun rupiah. Adapun kapasitas produksinya mencapai 1,18 milyar pasang dan menyerap tenaga kerja sebanyak 450.000 orang (Anonim, 2009). Precipitated Calcium Carbonate (PCC) sebagai *reinforcing white filler* dimungkinkan dibuat di dalam negeri dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang melimpah di Indonesia. Batu kapur yang melimpah dapat dipakai sebagai sumber calcium pada pembuatan PCC berukuran nano dengan penerapan nanoteknologi (1 mikron = 1000 nano meter). Efek penguatan dari suatu filler dipengaruhi oleh ukuran partikel, luas permukaan, struktur dan aktivitas permukaan. Luas permukaan menunjukkan seberapa besar permukaan filler yang dapat berinteraksi dengan molekul karet. Interaksi dapat terjadi secara kimia melalui gugus-gugus aktif pada permukaan filler maupun secara fisika melalui tenaga Van der Waals. Menurut Hofmann (1989), *reinforcing filler* mempunyai luas permukaan yang dinyatakan dengan nilai BET (Brunnauer, Emmet dan Teller) antara 60-250 m²/g, filler semi penguat mempunyai nilai BET antara 10-60 m²/g sedangkan filler bukan penguat mempunyai nilai BET 0-10 m²/g. Agar dapat berfungsi secara baik sebagai *reinforcing filler*

maka ukuran partikel filler mempunyai peran yang penting agar filler dapat terdistribusi dengan baik dan merata dalam kompon karet. Partikel filler yang kasar (> 1 mikron) menurunkan sifat kekuatan barang karet (Franta, 1989). Untuk mempermudah pencampuran dan meningkatkan dispersinya dalam kompon karet perlu perlakuan permukaan partikel (*surface treatment*) atau *coating* pada PCC menggunakan Ca-stearat 1-2 % (Morton, 1987), asam stearat, resin atau merkaptosilan (Barlow, 1993; Franta, 1989).

Saat ini telah berkembang nanoteknologi yang menghasilkan partikel filler dengan ukuran nanometer, misalnya pada pembuatan PCC (Anonim, 2002; Anonim, 2003 dan Anonim, 2006). Paten US6402824 (2002), menjelaskan bahwa proses pembuatan PCC menggunakan proses kalsinasi CaCO₃ menjadi CaO dilanjutkan karbonasi menggunakan gas CO₂, dan diteruskan separasi dan grinding PCC, agar diperoleh PCC dengan ukuran diameter partikel ± 1 mikron. Paten US6602484 (2003) menjelaskan bahwa pembuatan PCC digunakan proses karbonasi dari CaCl₂ dengan NaCO₃ membentuk PCC dan dipisahkan dengan cara *settling* maka dihasilkan PCC dengan ukuran 0,200-0,550 mikron. Sedang paten US7135157 (2006) hasil pengembangan proses yang digunakan pada paten sebelumnya dengan ditambah proses saturasi menggunakan gas CO₂ melalui nozzle ukuran kecil dan diikuti



Gambar 1. Proses pembuatan CaCO₃ sebagai filler sintetik

pengadukan cepat, agar dihasilkan PCC dengan ukuran partikel 20-200 nanometer. PCC berukuran nano ini sangat cocok sebagai reinforcing filler pada pembuatan barang karet dengan kualitas prima.

Diagram alir proses pembuatan CaCO_3 (PCC) sebagai filler sintetik disajikan pada Gambar 1. (Shiraishi, 1980)

PCC dikenal sebagai kalsium karbonat yang dimurnikan, dan sebagai CaCO_3 sintetik. Bentuk umum PCC adalah kristal heksagonal yang dikenal sebagai calcite dan turunannya adalah skalenohedral, rhombohedral dan prismatic. Bentuk lain adalah aragonite dan vaterite (Arif, 2009).

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

PCC yang digunakan terdiri atas 2 (dua) jenis yaitu PCC lokal asal Wonosari dan Jawa Timur (Jatim) dan 2 (dua) jenis PCC impor yaitu Actifort 700 dari Jepang dan Diacal-CC dari Taiwan. Bahan-bahan komponen karet terdiri atas karet alam *pale crepe*, Nitril Butadiene Rubber (NBR), Parafin oil, Aluminium silikat, ZnO , TiO_2 , Asam stearat, Antioksidan Vulkanox SP (non staining), Parafin wax, TMTD, CBS, dan Sulfur.

Alat Penelitian

Peralatan terdiri atas mesin *two roll mill* (Kodara *Seisaku-sho Ltd*, kapasitas 8,5 lbs), kempa hidrolik (Toyoseiki, A 652200500), neraca analitik (Sartorius tipe BP 4100, kapasitas 200 g), alat pencetak sol (Toyoseiki), tensile strength tester (Kao Tich, model KT 7010 A, seri 70287, kapasitas 500 kg), durometer A (Toyoseiki), flexcracking (Satra Rossflexing), Grasselli abrasion tester (Toyoseiki), automatic densimeter (Toyoseiki).

Metode

Aspek yang dikaji adalah pengaruh penggunaan PCC lokal maupun impor sebagai filler untuk pembuatan sol karet sepatu olah raga. Formula kompon sol karet divariasi dengan jumlah PCC yang ditambahkan berturut-turut sebesar 30, 45, 60, 75 dan 90 phr.

Sebelum digunakan, PCC lokal maupun impor diuji luas permukaan spesifiknya dengan metode Brunnauer, Emmet dan Teller (BET) dengan hasil sebagai berikut :

PCC-A (Jawa Timur)	= 3,842 m^2/g
PCC-B (Actifort 700, Jepang)	= 69,00 m^2/g
PCC-C (Diacal-CC, Taiwan)	= 16,79 m^2/g
PCC-D (Wonosari)	= 5,183 m^2/g

Formula kompon sol karet dan matrik penggunaan PCC seperti disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. :

Tabel 1. Matrik aplikasi PCC untuk sol karet sepatu olah raga

Jenis PCC	Jumlah (phr = per hundred rubber)				
	30	45	60	75	90
PCC Jatim	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5
PCC Actifort	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5
PCC Diacal	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5
PCC Wonosari	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5

Tabel 2. Formula sol karet sepatu olah raga

Jenis komponen penyusun kompon	Jumlah (phr)
Pale Crepe	80
Nitril Butadiene Rubber	20
Parafin oil	10
Precipitated Calcium Carbonat (PCC)	30-90
Aluminium silikat	30
Zinc oxide	5
Titan dioksida	10
Asam stearat	1
Vulkanox SP	1
Parafin wax	1
TMTD	0,5
CBS	2
Sulfur	1,2

Pembuatan kompon karet

Pembuatan kompon karet diawali dengan penimbangan bahan penyusun kompon sol sesuai formula yang dirancang. Formula sol karet terdiri atas pale crepe 80 phr, nitril butadiene rubber 20 phr, parafin oil 10 phr, Precipitated Calcium Carbonat (PCC) divariasi, aluminium silikat 30 phr, zinc oxide 5 phr, titan dioksida 10 phr, asam stearat 1 phr, vulkanox SP 1 phr, parafin wax 1 phr, TMTD 0,5 phr, CBS 2 phr, dan sulfur 1,2 phr.

Proses komponding menggunakan mesin *two roll mill*. Sebelum komponding terlebih dulu karet dimastikasi selama \pm 2-3 menit sampai lunak, kemudian ditambah berturut-turut asam stearat

dan ZnO lalu digiling sampai homogen. Filler dan minyak proses ditambahkan secara berselang-seling sambil terus digiling. Selanjutnya ditambah antioksidan, akselerator dan terakhir dimasukkan sulfur. Kompon karet yang dihasilkan dikondisikan pada suhu ruang ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) selama 24 jam. Untuk menentukan waktu vulkanisasi optimum, digunakan rheometer. Kompon sol yang dihasilkan sebanyak 20 kompon sesuai matrik percobaan. Vulkanisasi dilakukan menggunakan mesin kempa hidrolik pada suhu 150°C dan tekanan 150 kg/cm^2 dengan waktu sesuai yang ditunjukkan oleh rheometer.

Pengujian dan persyaratan SNI

Sifat-sifat fisik vulkanisat sol karet sepatu olah raga diuji berdasar SNI. 12-7075-2005 tentang sepatu olah raga sistem lem dengan syarat sebagai berikut:

1. Tegangan putus : min 10 N/mm^2
2. Perpanjangan putus : min 250 %
3. Ketahanan sobek : min $3,5\text{ N/mm}^2$
4. Kekerasan : 50-70 shore A
5. Bobot jenis : maks $1,3\text{ g/cm}^3$
6. Ketahanan kikis Grasselli : maks $1,0\text{ mm}^3/\text{kgm}$
7. Ketahanan retak lentur 150 kcs : tidak retak

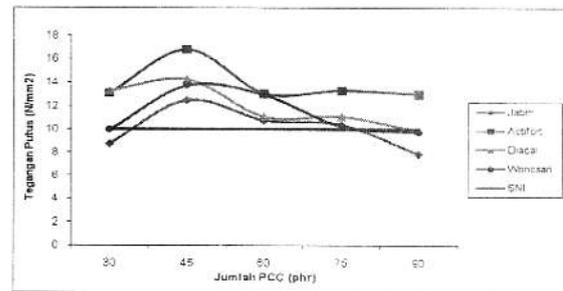
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik vulkanisat sol

1. Tegangan Putus

Tegangan putus yang baik dan memenuhi persyaratan merupakan faktor penting karena menunjukkan kekuatan vulkanisat karet atau barang jadinya. Gambar 2 menunjukkan bahwa jenis dan jumlah PCC berpengaruh terhadap tegangan putus vulkanisat. Pada penambahan PCC sampai 45 phr ternyata semua jenis PCC baik lokal maupun impor menghasilkan vulkanisat dengan tegangan putus maksimum. Hal ini dapat disebabkan pada jumlah filler sampai 45 phr terjadi ikatan fisika dan kimia secara optimum. Ikatan tersebut dapat disebabkan oleh daya absorpsi molekul karet terhadap filler yang didukung tenaga interaksi berupa gaya Van der Waals. Sedangkan ikatan kimia terjadi antara gugus fungsional pada permukaan filler dengan molekul karet. Akan tetapi, makin besar jumlah filler yang ditambahkan yakni sampai 90 phr, maka tegangan putus turun. Ini karena tidak semua filler dapat berikatan dengan molekul karet, akibatnya terbentuk agregat yang saling menempel. Oleh

karena itu apabila vulkanisat ditarik mudah putus.



Gambar 2. Tegangan putus vulkanisat sol sepatu olah raga

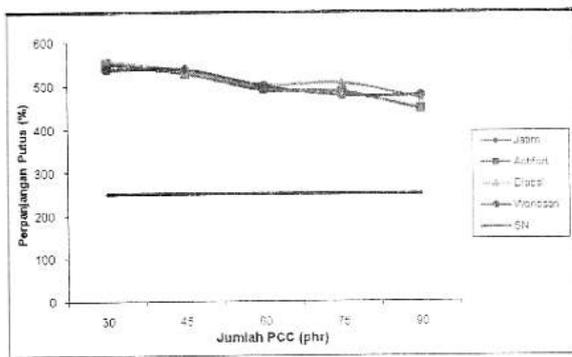
Ditinjau dari jenis PCC yang digunakan, nampak bahwa PCC Actifort 700 mempunyai nilai tegangan putus tertinggi ($16,79\text{ N/mm}^2$) dan berbeda nyata dengan PCC lainnya ($p \leq 0,05$). SNI mensyaratkan nilai tegangan putus minimum 10 N/mm^2 . PCC Actifort 700 merupakan PCC dengan perlakuan permukaan menggunakan *coupling agent* merkaptosilan (Shiraishi, 1980) sehingga mempunyai sisi aktif polar dan non-polar. Sisi non-polar mudah berikatan dengan molekul karet sehingga tegangan putus tinggi. Adapun PCC Diacal pada permukaannya dilapisi dengan asam stearat yang dapat meningkatkan dispersinya dalam kompon karet sehingga interaksi antara filler dengan molekul karet lebih baik (Anonim, 1975).

Efek penguatan dari suatu filler diantaranya ditentukan oleh ukuran partikel dan luas permukaan spesifik. Ditinjau dari luas permukaan Actifort 700 sebesar $69,00\text{ m}^2/\text{g}$ tergolong sebagai reinforcing filler, sedangkan Diacal dengan luas permukaan sebesar $16,79\text{ m}^2/\text{g}$ tergolong semi reinforcing filler. PCC Jawa Timur dan Wonosari dengan luas permukaan sebesar $3,842\text{ m}^2/\text{g}$ dan $5,183\text{ m}^2/\text{g}$ tergolong non reinforcing filler. Oleh karena itu, nilai tegangan putus vulkanisat dengan penambahan PCC lokal belum bisa menyamai PCC impor.

2. Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus vulkanisat karet sol sepatu olah raga disajikan pada Gambar 3. Nampak bahwa penambahan PCC pada berbagai jenis dan jumlah berpengaruh terhadap perpanjangan putus vulkanisat karet. Nilai perpanjangan putus berkisar antara 446-557%. Perpanjangan putus turun dengan peningkatan jumlah PCC yang ditambahkan. Makin besar jumlah PCC yang

ditambahkan, yakni sampai 90 phr, maka perpanjangan putus turun secara nyata ($p \leq 0,05$). Meskipun semua vulkanisat karet yang ditambah dengan berbagai jenis PCC menunjukkan penurunan, namun perpanjangan putus tersebut masih memenuhi persyaratan SNI 12-7075-2005 tentang sepatu olah raga dengan sistem lem yang menetapkan persyaratan perpanjangan putus minimum 250%.



Gambar 3. Perpanjangan putus vulkanisat sol sepatu olah raga

Penurunan perpanjangan putus tersebut dapat disebabkan oleh :

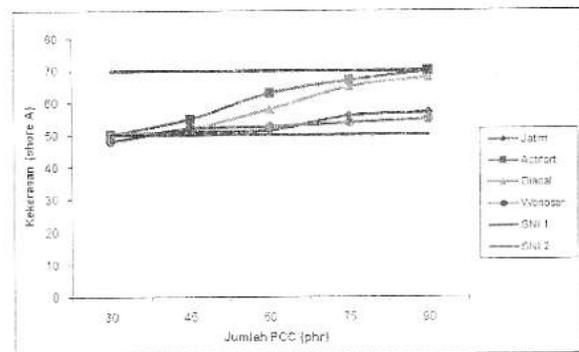
- makin banyak terbentuknya ikatan antara molekul karet dengan filler akan mengurangi keleluasaan gerak rantai polimer karet. Ikatan yang terbentuk meningkatkan densitas ikatan silang (*cross link density*) dan menyebabkan viskositas kompon naik, kompon kaku, kurang elastis, sehingga perpanjangan putus turun.
- makin besar penambahan filler PCC, menyebabkan aglomerasi agregat yang mengakibatkan tidak semua filler dapat terabsorpsi maupun berikatan dengan molekul karet. Keadaan tersebut disebabkan oleh jenuhnya molekul karet sehingga apabila vulkanisat karet ditarik mudah putus.

3. Kekerasan

Salah satu mutu sol sepatu olah raga ditentukan oleh kekerasannya, yang diukur dengan durometer A. Sol yang terlalu keras tidak nyaman dan tidak sesuai dipakai untuk berolah raga karena kurang lentur. Sebaliknya sol yang terlalu lunak maka fungsi perlindungannya kurang. Sebagai pelindung telapak kaki, sol sepatu harus mempunyai nilai kekerasan yang baik dan memenuhi persyaratan SNI. Oleh karena itu, agar

tidak terlalu lunak ataupun terlalu keras, maka kekerasan sol sepatu olah raga dipersyaratkan sebesar 50-70 shore A. Hasil uji kekerasan (Gambar 4) menunjukkan bahwa nilai kekerasan dipengaruhi oleh jenis dan jumlah filler PCC. Makin besar jumlah filler PCC yang ditambahkan dalam kompon karet maka nilai kekerasannya naik.

Filler PCC mempunyai sifat lebih padat dan keras daripada bahan karet sehingga makin banyak jumlah filler yang ditambahkan ke dalam kompon karet maka kekerasan vulkanisat naik secara nyata ($p \leq 0,05$).



Gambar 4. Kekerasan vulkanisat sol sepatu olah raga

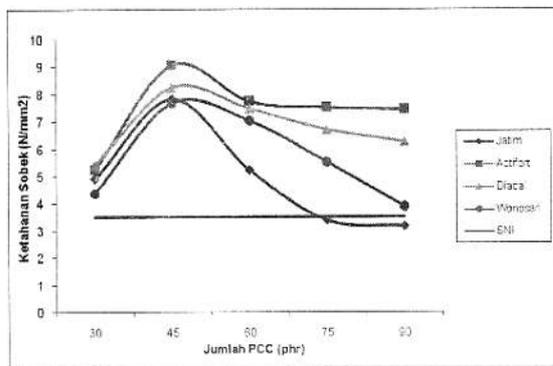
Selain itu ukuran partikel filler PCC yang kecil dengan luas permukaan besar memungkinkan terdispersi dengan baik dan merata dalam kompon karet. Dengan demikian, makin banyak terbentuk ikatan antara filler dengan molekul karet. Luas permukaan spesifik yang diukur dengan BET (Brunnauer, Emmet dan Teller) menunjukkan besarnya permukaan filler yang dapat berikatan dengan molekul karet. Actifort 700 mempunyai luas permukaan besar yaitu $69,00 \text{ m}^2/\text{g}$ diikuti Diacal sebesar $16,79 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan filler PCC Wonosari mempunyai luas permukaan spesifik $5,183 \text{ m}^2/\text{g}$ dan PCC Jawa Timur $3,842 \text{ m}^2/\text{g}$. Oleh karena itu terbukti bahwa filler PCC dengan luas permukaan besar memberikan kekerasan tinggi dibanding filler PCC dengan luas permukaan kecil. Meskipun demikian ditinjau dari kekerasan vulkanisat sol karet sepatu olahraga maka PCC dengan jumlah 30-75 phr cenderung memenuhi persyaratan SNI 12-7075-2005 tentang sepatu olah raga dengan sistem lem.

4. Ketahanan Sobek

Ketahanan sobek vulkanisat karet untuk sol sepatu

olah raga menunjukkan bahwa penambahan berbagai jenis dan jumlah PCC berpengaruh terhadap ketahanan sobek seperti disajikan pada Gambar 5.

Penambahan filler sebesar 45 phr baik filler lokal maupun impor memberikan nilai ketahanan sobek maksimum meskipun nilainya berbeda-beda. Ketahanan sobek filler PCC impor mempunyai nilai yang berbeda nyata dengan filler PCC lokal. Makin besar jumlah PCC yang ditambahkan ke dalam kompon karet maka ketahanan sobek vulkanisat karet turun secara nyata ($p \leq 0,05$). Filler PCC asal Jawa Timur yang ditambahkan sebesar 75 phr maka ketahanan sobeknya tidak memenuhi persyaratan SNI yang menetapkan nilai ketahanan sobek minimum $3,5 \text{ N/mm}^2$.



Gambar 5. Ketahanan sobek vulkanisat sol sepatu olah raga

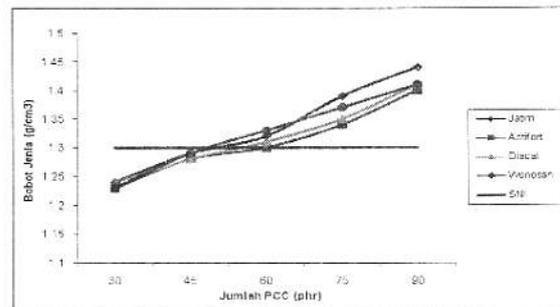
Adapun penambahan filler PCC Actifort 700, Diacal dan PCC asal Wonosari sampai 90 phr masih memenuhi SNI. Hal ini dikarenakan ketahanan sobek dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik dan ukuran partikel filler. Luas permukaan yang besar memungkinkan berlangsungnya interaksi antara filler dan molekul karet baik secara fisika dan kimia dengan lebih baik. Terbentuknya ikatan antara filler dan molekul karet meningkatkan ikatan silang sehingga vulkanisat lebih kuat. Demikian pula makin kecil ukuran partikel filler, maka dispersi dan distribusi partikel dalam kompon karet berlangsung dengan baik dan merata. Actifort 700 dan Diacal mempunyai luas permukaan spesifik lebih besar dibanding PCC Wonosari dan Jawa Timur, demikian juga ukuran partikelnya.

Perlakuan permukaan pada filler PCC Actifort 700 dengan merkaptosilan dapat meningkatkan ikatan kimia antara gugus fungsional pada permukaan

filler dengan molekul karet. Demikian juga pelapisan dengan asam stearat pada PCC Diacal meningkatkan dispersinya dalam kompon karet sehingga interaksi filler dengan karet lebih baik. Oleh karena itu, tampak bahwa filler PCC dengan ukuran partikel kecil, luas permukaan spesifik besar, disertai dengan perlakuan permukaan (coating) mempunyai ketahanan sobek lebih tinggi.

5. Bobot Jenis

Bobot jenis adalah salah satu persyaratan penting untuk sol sepatu olah raga, karena makin kecil bobot jenis maka sol makin ringan. Gambar 6 menunjukkan bahwa jenis dan jumlah PCC yang ditambahkan berpengaruh terhadap bobot jenis secara nyata. Penambahan filler PCC baik lokal maupun impor lebih dari 45 phr memberikan bobot jenis diatas $1,3 \text{ g/cm}^3$ sehingga tidak memenuhi SNI. Hal ini dapat disebabkan karena bobot jenis filler PCC lebih tinggi dibanding karet.

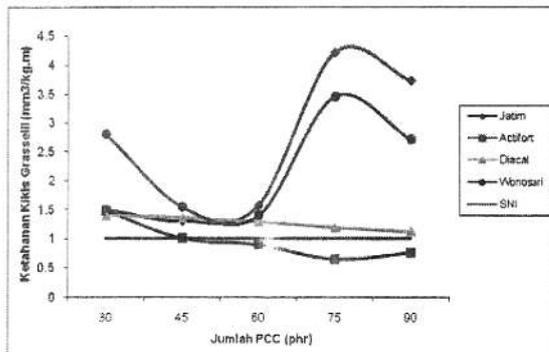


Gambar 6. Bobot jenis vulkanisat sol sepatu olah raga

Bobot jenis PCC yakni berkisar $2,5-2,57 \text{ g/cm}^3$ sedangkan bobot jenis karet sebesar $0,903 \text{ g/cm}^3$. Oleh karena itu makin besar jumlah filler PCC baik lokal maupun impor yang ditambahkan, makin tinggi nilai bobot jenisnya. Meskipun demikian, penambahan filler PCC yang terlalu sedikit ke dalam kompon karet menyebabkan nilai kekerasan rendah. Oleh sebab itu penentuan formula kompon karet harus mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat yang diinginkan. Ditinjau dari nilai bobot jenisnya, maka penambahan filler PCC adalah sebesar 30-45 phr. Dengan jumlah penambahan tersebut diperoleh nilai bobot jenis dibawah $1,3 \text{ g/cm}^3$ dan memenuhi syarat SNI

6. Ketahanan Kikis Grasselli

Makin kecil nilai ketahanan kikis Grasselli, makin baik karena makin tahan terhadap gesekan. Ketahanan kikis Grasselli dinyatakan sebagai volume bahan terkikis per satuan usaha ($\text{mm}^3/\text{kg.m}$). Hasil uji ketahanan kikis Grasselli disajikan pada Gambar 7. Jenis dan jumlah filler PCC yang ditambahkan dalam kompon karet berpengaruh terhadap ketahanan kikis vulkanisat karet sol sepatu olahraga. Nampak bahwa ketahanan kikis dipengaruhi oleh ukuran partikel, luas permukaan dan perlakuan permukaan. Dari keempat jenis filler yang digunakan untuk pembuatan vulkanisat karet, tampak bahwa PCC Actifort 700 dengan jumlah 45-90 phr menunjukkan ketahanan kikis baik. Persyaratan SNI untuk ketahanan kikis Grasselli sebesar $1,0 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$. Filler PCC Diacal meskipun belum memenuhi persyaratan SNI, namun ketahanan kikisnya relatif baik yaitu 1,12-1,40 $\text{mm}^3/\text{kg.m}$



Gambar 7. Ketahanan kikis Grasselli vulkanisat sol sepatu olah raga

PCC asal Jawa Timur dan Wonosari ketahanan kikisnya relatif rendah dan belum memenuhi SNI. Ukuran partikel besar memberikan volume terkikis tinggi. PCC Actifort 700 dan PCC Diacal mempunyai ukuran partikel kurang dari 500 nm dengan luas permukaan spesifik berturut-turut sebesar $69,0 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $16,79 \text{ m}^2/\text{g}$. PCC lokal asal Wonosari dan Jawa Timur mempunyai ukuran partikel $500 \text{ nm}-1 \mu\text{m}$ dan $500 \text{ nm}-2 \mu\text{m}$ dengan luas permukaan spesifik sebesar $5,183 \text{ m}^2/\text{g}$ dan $3,842 \text{ m}^2/\text{g}$. Oleh karena itu, PCC impor mempunyai ketahanan kikis lebih tinggi dibanding PCC lokal. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel kecil dan luas permukaan spesifik besar memungkinkan terjadinya interaksi antara filler dan karet lebih baik. Interaksi terjadi secara fisika melalui gaya Van der Waals dan secara kimia

melalui gugus-gugus fungsional pada permukaan filler dengan molekul karet. Perlakuan permukaan filler PCC Actifort 700 dengan merkaptosilan meningkatkan terjadinya ikatan kimia antara filler dengan molekul karet. Merkaptosilan merupakan *coupling agent* yang mengikat molekul karet yang bersifat non-polar. Selain itu pelapisan permukaan dengan asam stearat menyebabkan kemudahan filler terdispersi dengan baik dan merata dalam kompon karet.

7. Ketahanan Retak Lentur

Ketahanan retak lentur merupakan salah satu persyaratan penting untuk sepatu olahraga. Parameter tersebut menunjukkan ketahanan sol karet sepatu olahraga terhadap pembengkakan yang berulang-ulang.

Tabel 3. Hasil uji ketahanan retak lentur sol sepatu olah raga

Jenis PCC yang ditambahkan	Kadar PCC (phr)				
	30	45	60	75	90
PCC Jatim	BTR	BTR	BTR	BTR	BTR
PCC Actifort	BTR	BTR	BTR	BTR	BTR
PCC Diacal	BTR	BTR	BTR	BTR	BTR
PCC Wonosari	BTR	BTR	BTR	BTR	BTR

Keterangan : BTR = Baik, Tidak Retak

Selama masa pemakaiannya, sol sepatu olah raga selalu mengalami pembengkakan, maka sol harus mempunyai ketahanan retak lentur yang baik sehingga tidak mudah retak dan patah.

Berdasarkan hasil uji ketahanan retak lentur 150 kcs seperti disajikan pada Tabel 3, diperoleh hasil bahwa penambahan filler PCC impor maupun lokal sebesar 30-90 phr pada kompon karet maka keempat jenis filler PCC tersebut baik dan tidak retak. Persyaratan SNI untuk ketahanan retak lentur adalah baik dan tidak retak pada pembengkakan 150.000 kali (150 kcs). Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena penambahan filler PCC dengan jumlah 30-90 phr ke dalam kompon karet disertai penambahan minyak proses diperoleh vulkanisat yang baik dan tidak menyebabkan keretakan pada pembengkakan yang berulang-ulang sebesar 150 kcs.

Ditinjau dari semua parameter yang ditetapkan dalam SNI 12-7075-2005 yang

meliputi tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan, ketahanan sobek, bobot jenis, ketahanan kikis Grasselli dan ketahanan retak lentur, dapat dikemukakan bahwa PCC Actifort 700 merupakan filler penguat dan sesuai untuk pembuatan sol karet sepatu olahraga. Penggunaan filler Actifort 700 sebesar 45 phr memberikan sifat fisik terbaik dan memenuhi persyaratan SNI.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Penggunaan PCC sebagai filler untuk pembuatan sol karet sepatu olah raga diperoleh formula terbaik yang terdiri atas karet alam (pale crepe) 80 phr, NBR 20 phr, parafinic oil 10 phr, aluminium silikat 30 phr, ZnO 5 phr, TiO₂ 10 phr, asam stearat 1 phr, antioksidan Vulkanox SP 1 phr, parafin wax 1 phr, TMTD 0,5 phr, CBS 2 phr, belerang 1,2 phr dengan jumlah PCC Actifort 700 sebesar 45 phr.

2. Vulkanisat dari formula terbaik memenuhi persyaratan SNI dengan sifat fisik sebagai berikut : tegangan putus 16,79 N/mm², perpanjangan putus 529,92 %, ketahanan sobek 9,06 N/mm², bobot jenis 1,28 g/cm³, kekerasan 55 shore A, ketahanan kikis Grasselli 1,0 mm³/kg.m, ketahanan retak lentur baik dan tidak retak.

3. PCC Actifort 700 merupakan filler penguat (reinforcing filler) dan sesuai digunakan untuk pembuatan sol karet sepatu olahraga.

4. PCC lokal asal Wonosari dan Jawa Timur mempunyai potensi sebagai substitusi PCC impor meskipun belum dapat menyamai. Untuk meningkatkan potensinya sebagai filler penguat diperlukan pengecilan ukuran partikel dan perlakuan permukaan.

SARAN

Proses pengecilan ukuran partikel dan perlakuan permukaan PCC lokal perlu diteliti guna meningkatkan potensinya sebagai filler penguat dalam pembuatan barang jadi karet.

DAFTAR PUSTAKA

- Ames, K. 2001. Rubber Compounding in Footwear. Rubber Technologist Hand Book. Rapra Technology Limited. ISBN 1-85957-262-6
- Anonim, 1975. DIA-CAL : White reinforcing filler colloid calcium carbonate. Diamond Chemical Co., Ltd. Taiwan
- Anonim, 2002. "Process for preparing precipitated calcium carbonate, composition and the product thereof", United State Patent, New York.
- Anonim, 2003. "Precipitated Calcium carbonate and method for the production", United State Patent, New York.
- Anonim, 2006. "Process of the Production of platy Precipitated Calcium Carbonates", United State Patent, New York.
- Anonim, 2009. SNI Penguat Daya Saing Bangsa. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Arief, S., 2009. Potensi Riset Nano : Aliansi Strategis PCC. Universitas Andalas, Padang.
- Barlow, F.W., 1993. Rubber Compound 2nd edition. Marcel Decker Inc, New York.
- Franta, I.(ed) 1989. Elastomer and Rubber Compounding Materials. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Hofmann, W., 1989. Rubber Technology Hand Book. Hauser Publisher. Munich Vienna. New York.
- Morton, M. 1987. Rubber Technology. Third edition. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Shiraishi, T., 1975. Precipitated Calcium Carbonate. Shiraishi Kogyo Kaisha, Ltd. Japan.
- Shiraishi, T., 1980. Activated Nano Size PCC Actifort 700. Shiraishi Kogyo Kaisha, Ltd. Japan.
- SNI. 12-7075-2005. Sepatu Olah Raga dengan Sol Cetak Sistem Lem. BSN.