

NANO BRUSHING RUBBER SEBAGAI BAHAN PENGISI DALAM PEMBUATAN KARET TROMOL KENDARAAN BERMOTOR RODA DUA

THE UTILIZATION OF NANO BRUSHING RUBBER AS A FILLER IN MAKING MOTORCYCLE TROMOL RUBBER

Aprillena Tornadez Bondan

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

e-mail: benaprio@gmail.com

Diterima: 1 Juli 2013; Direvisi: 17 Juli – 13 November 2013; Disetujui: 28 November 2013

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *nano brushing rubber* yang digunakan sebagai bahan pengisi terhadap parameter kekerasan, kuat tarik, berat jenis dan ketahanan kikis dalam pembuatan kompon karet tromol kendaraan bermotor roda dua. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 3 kali pengulangan, dimana 2 formula menggunakan *brushing rubber* berukuran nano dan 1 formula menggunakan *brushing rubber* yang bukan berukuran nano. *Brushing rubber* yang dipergunakan adalah berukuran 100 nm (Formula P₁), 200 nm (Formula P₂) dan bukan berukuran nano (Formula P₃, sebagai pembandingan). Hasil pengujian kompon karet menunjukkan formula P₁ (*brushing rubber* 100 nm) lebih baik dari formula P₂ dan P₃, dengan nilai kekerasan 57 Shore A, kuat tarik 156 kg/cm², berat jenis 1,177 gr/cm³, dan ketahanan kikis 224,8 mm³. Ukuran *brushing rubber* yang semakin kecil sebagai *filler* berpengaruh terhadap kenaikan nilai kuat tarik dan berat jenis, namun tidak berpengaruh pada nilai kekerasan dan ketahanan kikis.

Kata kunci : bahan pengisi, kompon karet tromol, *nano brushing rubber*

Abstract

The purpose of this research was to determine the effect of the use of nano brushing rubber as a filler agent on the hardness, tensile strength, density and abrasion resistance parameters in the processing of motorcycle tromol rubber. This research used a completely randomized design (CRD) with 3 repetitions for each design, where the 2 formulas used nano-sized brushing rubber and 1 formula used nonnano-sized brushing rubber. Brushing rubber used was 100 nm (Formula P₁), 200 nm (Formula P₂) and without nano (Formula P₃, for comparison). The test results showed that the rubber compound formula P₁ (brushing rubber 100 nm) is better than formula P₂ and P₃, with the test result for hardness 57 Shore A, tensile strength 156 kg/cm², density 1.177 gr/cm³ and abrasion resistance 224.8 mm³. The using of nanosized brushing rubber as a filler improved the increasing of physical properties of compound for tensile strength and density, but not for hardness and abrasion resistance parameters.

Keywords: *filler, nano brushing rubber, tromol rubber compound*

PENDAHULUAN

Karet merupakan bahan baku dalam pembuatan barang jadi karet, antara lain perlengkapan kendaraan (ban dan karet tromol), peralatan kesehatan (selang stetoskop, dan karet pipet), barang kebutuhan sehari-hari (karpet karet dan sandal), dan perlengkapan industri (*oil seal, conveyor*). Karet alam berasal dari

lateks yang sebagian besar merupakan polimerisasi isoprena dengan sedikit bahan pengotor di dalamnya. Karet alam memiliki sifat tahan terhadap minyak dan memiliki permeabilitas gas yang rendah (Pal, 2010). Karet alam menunjukkan sifat yang luar biasa dalam hal kekuatan alami dan kekuatan tarik, karena karet dapat mengkristal secara

spontan ketika meregang (Rattanasom, 2009).

Penggunaan karet untuk barang jadi ditentukan oleh jenis serta penggunaan produk yang ingin dihasilkan, seperti pada komponen kendaraan bermotor yang sangat mengandalkan fungsi kekuatan dan keselamatan. Salah satu karet komponen kendaraan bermotor adalah karet tromol.

Karet tromol merupakan salah satu suku cadang (*spare part*) kendaraan bermotor yang berfungsi sebagai bantalan antara tromol dengan dudukan roda gigi (*gear*) dan rantai. Jika *spare part* ini mengalami kerusakan maka mempengaruhi ketidaknormalan laju motor dan mengurangi kenyamanan berkendara, diantaranya adalah gerak rantai dengan ban yang tidak sinkron dan hentakan pada saat perpindahan gigi. Pengecekan rutin terhadap karet tromol perlu dilakukan karena jika sudah rusak maka akan mengurangi umur rantai dan roda gigi. Hal ini terjadi karena putaran roda gigi dan rantai tidak pas yang berakibat peningkatan gesekan.

Bahan yang dipergunakan dalam pembuatan kompon karet terdiri dari bahan baku berupa karet alam maupun karet sintetis dan bahan pembantu. Bahan pembantu ditambahkan ke dalam bahan pokok dengan maksud untuk memberikan kemudahan dalam proses pencampuran bahan, memperbaiki beberapa sifat produk yang dihasilkan, serta menurunkan biaya produksi. Bahan pembantu antara lain aktivator, akselerator, vulkanisator, dan bahan pengisi, dimana bahan pengisi yang lazim digunakan adalah *carbon black* dan kalsium karbonat (Abednego, 1995).

Menurut Byers (1995), *carbon black* telah digunakan untuk pembuatan produk karet lebih dari 80 tahun karena keunikan kemampuannya dalam meningkatkan parameter yang terkait dengan kekuatan/*strength* (*tensile strength*, *tear resistance*, dan *cut growth resistance*), ketahanan kikis/*abrasion resistance* (termasuk ketahanan tapak/*tread wear resistance*), kekakuan/*stiffness* (*hardness* dan *modulus*), karakteristik penyerapan energi/*energy*

absorption characteristics (*dampening*) dan daya tarik/*traction*, termasuk juga efek lain yang tidak langsung terkait dengan *reinforcement* (konduktivitas, warna, penurunan biaya bahan, dan lain-lain).

Pembuatan kompon barang jadi karet dapat menggunakan bahan yang baru maupun menggunakan bahan daur ulang. Bahan buangan dari produk karet seperti *belt conveyor* dan ban karet merupakan masalah lingkungan yang harus diatasi. Menurut Debapriya De, *et al.*, (2006), bahan buangan karet tidak dapat dikembalikan ke lingkungan ekologi melalui degradasi biologi secara alami atau dekomposisi secara hidrolisis seperti pada tumbuh-tumbuhan maupun hewan karena proses degradasi yang lambat, sehingga digolongkan pada bahan yang tidak ramah lingkungan. Metode reklamasi atau daur ulang (*recycling*) merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Teknik daur ulang menggunakan *reclaim rubber* yang masih mengandung komponen penting terutama unsur *carbon black* dan bahan kimia lain, seperti menggunakan *brushing rubber*. *Brushing rubber* merupakan limbah industri vulkanisir ban. *Brushing rubber* dapat digunakan dalam pembuatan barang jadi karet (seperti karet tromol kendaraan bermotor) untuk mensubstitusi kebutuhan bahan kimia pengisi, partikel karet dan *carbon black* yang diperlukan.

Bahan pengisi pada keadaan optimum akan meningkatkan kekuatan tarik, modulus, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan retak lentur barang jadi karet. Kekuatan optimum didapat jika butir-butir bahan pengisi (*brushing rubber*) tersebar (terdispersi) dengan baik dan merata dalam kompon karet tromol. Skelhorn (1996), menyatakan bahwa untuk mencapai hasil terbaik dari penggunaan bahan pengisi kompon terdapat tiga persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu: bahan pengisi harus terdispersi dengan baik dalam susunan karet (*rubber matrix*), dimana penggumpalan harus terpecah selama proses pencampuran (*mixing phase*) dan

keseluruhan tercampur dengan karet; bahan pengisi harus berinteraksi kuat dengan karet; dan karet harus berikatan silang dengan sempurna.

Agar terdispersi dengan baik, diduga bahwa ukuran *brushing rubber* yang digunakan untuk membuat karet tromol harus dalam ukuran kecil (*nano brushing rubber*). Penelitian ini memanfaatkan *nanobushing rubber* dengan variasi ukuran untuk membuat karet tromol kendaraan bermotor roda dua. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan *nano brushing rubber* yang digunakan sebagai bahan pengisi terhadap parameter kekerasan, kuat tarik, berat jenis dan ketahanan kikis dalam pembuatan kompon karet tromol kendaraan bermotor roda dua.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari bahan baku dan bahan pembantu lainnya. Bahan baku yaitu karet alam (NR) dan karet sintesis (SBR) dengan komposisi 70:30. Jumlah setiap bahan dalam formula dinyatakan dalam PHR (*part per hundred rubber*). Bahan pembantu yang digunakan adalah Dis FL, ZnO, Asam Stearat, TMQ/PH, 6 PPD, CB 4,550, CaCO₃, *brushing rubber*, *Minarex Oil*, Polyethylene glycol (PEG), Resin, n-cyclohexylbenzothiazole (CBS), dan sulfur.

Peralatan yang digunakan adalah *Ball Mill*, *Open Mill* L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, Oven Pengering, *Cutting Scrub* kecil, Timbangan *Melter* p1210 kapasitas 1200 g, Cetakan Tromol, *Autoclave*, Pisau Potong, *Thermosetting*, *Hydraulic Press*, Kuas dan Gunting.

B. Metode Penelitian

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 3 kali pengulangan, dimana ukuran *brushing rubber* yang dipergunakan adalah 100 nm (Formula P₁), 200 nm (Formula P₂) dan *brushing rubber* yang

bukan berukuran nano (Formula P₃, sebagai pembanding). *Nano brushing rubber* sebagai bahan pengisi dikombinasikan dengan bahan pengisi lainnya yaitu *carbon black* 4,550 dan CaCO₃. Peubah yang diamati adalah kekerasan (*hardness*), tegangan putus (*tensile strength*), berat jenis (*density*), dan ketahanan kikis (*abrasion resistance*).

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui besarnya kekerasan vulkanisat karet dengan kekuatan penekanan tertentu (Wahyudi, 2005). Kekerasan vulkanisat karet merupakan besarnya pergerakan jarum skala penunjuk ukuran, akibat besarnya tekanan balik dari vulkanisat karet terhadap jarum penekan yang melalui suatu mekanisme alat dihubungkan dengan pegas yang akan menggerakkan jarum penunjuk ukuran kekerasan (Kusnata, 1976).

Pengujian tegangan putus bertujuan untuk mengetahui besar beban yang dibutuhkan untuk meregangkan vulkanisat karet hingga putus. Tegangan putus adalah besar beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji hingga putus yang dinyatakan dengan berat kg per cm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Dengan pengujian ini dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengusangan pada suatu vulkanisasi, selain itu juga pengujian ini menggambarkan kekuatan dan kekenyalan karet (Kusnata, 1976).

Penentuan berat jenis dilakukan untuk mengetahui mutu dari kompon karet dan perhitungan jumlah karet karet yang dibutuhkan untuk volume tertentu. Pengujian ketahanan kikis (*abrasion resistance*) bertujuan untuk mengetahui ketahanan kikis dari vulkanisat karet yang digesekkan pada sebuah ampelas kikis dengan mutu tertentu, tekanan dan area tertentu (Basseri, 2005). Kikisan/gesekan yang hilang (*abrasion loss*) diukur berdasarkan persamaan: $A = (\Delta m \cdot S_0) / (\rho \cdot S)$, dimana A adalah gesekan yang hilang (mm³); Δm adalah massa yang hilang (g/cm³); S₀ adalah derajat gesekan nominal (200 mg); dan S adalah

derajat gesekan (mg), (Hassan *et al.*, 2012). Kemampuan karet untuk bertahan terhadap gesekan dengan benda lain pada pemakaiannya disebut ketahanan kikis. Pengujian ketahanan kikis dilakukan dengan cara menggesekkan karet pada suatu permukaan pengikis atau pengikis digosokkan pada permukaan karet.

Prosedur Pembuatan Kompon Karet

a. Sintesa *brushing rubber*

Sintesa *brushing rubber* dilakukan dengan cara penghalusan melalui preparasi awal dan *mechanical milling*. Kemudian dilakukan karakterisasi dengan metode XRD (*X-Ray Diffraction*) dan metode SEM (*Scanning Electronical Magnetic*).

b. Pembuatan Kompon

Tahap pembuatan kompon adalah preparasi, mastikasi, dan vulkanisasi. Preparasi dilakukan dengan cara menimbang bahan baku dan bahan pendukung dengan komposisi sesuai dengan formula kompon sebagaimana Tabel 1. Selanjutnya karet dan bahan kimia pendukung digiling dengan menggunakan gilingan terbuka (*open mill*), kemudian dimastikasi.

Tabel 1. Formula Kompon

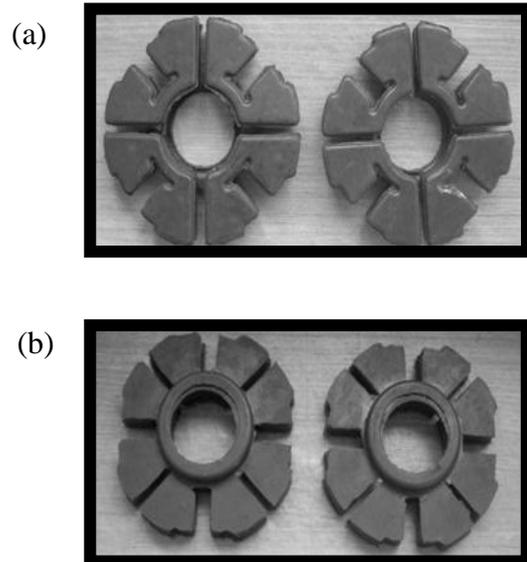
No	Bahan	PHR
1.	NR	70
2.	SBR 1502	30
3.	Dis FL	2
4.	ZnO	5
5.	Asam Stearat	3
6.	TMQ/PH	1.5
7.	6 PPD	1.5
8.	CB 4,550	35
9.	CaCO ₃	20
10.	<i>Brushing rubber</i>	20
11.	Minarex Oil	5
12.	PEG	1
13.	Resin	1
14.	Cbs	1.4
15.	Sulfur	1.5

Tahap mastikasi diawali dengan pencampuran bahan pengikat, ZnO, asam stearat dengan karet, kemudian setiap sisinya dipotong 1 sampai 3 kali selama 3 menit. Selanjutnya *brushing rubber* atau carbon black sebagai bahan pengisi sesuai komposisi pada formula dan softener ditambahkan ke dalam adonan, lalu setiap sisinya dipotong 2 sampai 3 kali selama 3 hingga 8 menit.

Kemudian antioksidan, resin, dan bahan pembantu lainnya ditambahkan ke dalam adonan, lalu dipotong setiap sisinya sampai 3 kali selama 2 hingga 3 menit. Terakhir dilakukan penambahan akselerator ke dalam adonan, kemudian setiap sisinya dipotong 2 hingga 3 kali selama 1 sampai 3 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pencetakan karet tromol pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Karet Tromol Kendaraan Roda Dua yang Dihasilkan (a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang

Proses berikutnya adalah vulkanisasi dengan cara penambahan sulfur pada suhu 150°C sehingga tercapai kematangan yang diinginkan. Adonan yang matang dipotong-potong kemudian dicetak dengan cetakan yang diinginkan (Balai Penelitian dan Teknologi Karet, 2005).

Dalam penggunaannya, posisi karet tromol ini menyatu dengan rumah gear belakang. Desain karet tromol dibuat bercelah sebagai tatakan rumah gear belakang ke tromol dan dimanfaatkan sebagai peredam hentakan saat motor berakselerasi.

Pada kompon karet tromol yang dihasilkan, dilakukan pengujian terhadap parameter kekerasan (*hardness*), tegangan putus (*tensile strength*), berat jenis (*density*), dan ketahanan kikis (*abrasion resistance*). Rata-rata hasil pengujian kompon karet tromol terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Hasil Pengujian terhadap Kompon Karet Tromol yang Dihasilkan

Parameter	Hasil Uji					
	P ₁		P ₂		P ₃	
	a	b	a	b	a	b
Kekerasan, Shore A	57	62	55	60	58	62
Tegangan Putus, kg/cm ²	156	146	151	155	143	147
Berat jenis, gr/cm ³	1,177		1,177		1,175	
Ketahanan KikisDIN, mm ³	224,8		226,1		209,7	

Ket: a = sebelum pengusangan;
b = Setelah pengusangan 70°C, 70 jam

A. Kekerasan, Shore A

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian kekerasan kompon karet tromol berada pada range 55-58 Shore A. Hasil pengujian parameter kekerasan kompon karet tromol terendah sebelum *aging* diperoleh pada perlakuan P₂ (variasi nano *brushing rubber* 200 nm) yaitu 55 Shore A dan hasil pengujian parameter kekerasan kompon karet tromol tertinggi diperoleh pada perlakuan P₃ (variasi *brushing rubber* bukan berukuran nano) yaitu sebesar 58 Shore A.

Jumlah optimum dari jenis bahan pengisi atau jumlah dan jenis bahan pelunak yang digunakan dalam pencampuran mempengaruhi kekerasan,

modulus, ketahanan sobek, ketahanan kikis dan tegangan putus (Kusnata, 1976). Setelah *aging*, kekerasan kompon karet tromol mengalami peningkatan dan penurunan pada kisaran 60-62 Shore A, dimana nilai yang paling rendah juga terdapat pada perlakuan P₂ (variasi nano *brushing rubber* 200 nm). Dengan demikian ukuran partikel *nano brushing rubber* sebagai *bahan pengisi* berpengaruh terhadap dinamika perubahan kekerasan kompon yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Sombatsompop (1998), menyatakan bahwa keberadaan karet reklim mengakibatkan *mechanical losses* secara dinamis pada karet. Keadaan tersebut dapat dihubungkan dengan adanya sejumlah *styrene-butadiene rubber* (SBR) dalam karet reklim ban (Scheirs, 1998).

B. Tegangan Putus, kg/cm²

Berdasarkan hasil pengujian tegangan putus sebelum *aging* terlihat bahwa tegangan putus kompon karet tromol untuk ketiga sampel berpola menurun (Tabel 2). Tegangan putus terbesar terdapat pada formula P₁ (*nano brushing rubber* 100 nm), diikuti formula P₂ (*brushing rubber* 200 nm) kemudian tegangan putus terkecil pada formula P₃ (*brushing rubber* yang bukan berukuran nano). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan ukuran partikel *brushing rubber* sebagai *bahan pengisi* berpengaruh terhadap kenaikan nilai tegangan putus. Semakin kecil ukuran *brushing rubber*, maka nilai tegangan putus semakin besar yang mengindikasikan bahwa ikatan antara *brushing rubber* dengan bahan penyusun kompon lainnya semakin kuat yang menyebabkan kompon karet tromol semakin elastis.

Hasil pengujian setelah *aging* menunjukkan ketidakstabilan tegangan putus kompon karet tromol (146, 155, dan 147 kg/cm² untuk formula P₁, P₂, dan P₃) yang mengindikasikan bahwa kompon karet tromol yang dihasilkan tidak tahan terhadap kondisi suhu tinggi

(70 °C) dalam jangka waktu yang lama (70 jam).

Peningkatan kandungan karet reclaim menyebabkan peningkatan elastisitas yang mungkin disebabkan oleh adanya *carbon black* yang tertinggal dalam karet reclaim (Sombatsompop dan Kumnuantip, 2003), dan semakin tinggi tingkat penyebaran *carbon black* dalam *brushing rubber* (karet reclaim) maka elastisitas kompon karet semakin tinggi.

C. Berat Jenis, g/cm³

Pada hasil pengujian berat jenis kompon karet tromol terendah diperoleh pada perlakuan P₃ (*brushing rubber* yang bukan berukuran nano) yaitu 1,175 g/cm³ dan hasil pengujian berat jenis kompon karet tromol yang lebih tinggi diperoleh pada perlakuan P₁ dan P₂ (*brushing rubber* 100 nm dan 200 nm) yaitu sebesar 1,177 g/cm³ (Tabel 2). Tidak terdapat perbedaan nilai berat jenis yang signifikan terhadap formula pembuatan kompon karet yang diteliti antara penggunaan *nano brushing rubber* 100 nm dan 200 nm.

Semakin kecil ukuran bahan pengisi yang dicampurkan, maka semakin padat produk kompon tromol yang mengindikasikan bahwa berat jenis semakin tinggi. Menurut Sombatsompop (1999), semakin kecil ukuran partikel maka semakin baik sifat (*properties*) yang dihasilkan, hal ini dikarenakan peningkatan interaksi permukaan (*surface interaction*) yang berakibat pada peningkatan rasio volume.

Berat jenis yang tinggi mengakibatkan waktu pematangan kompon yang makin lama karena kepadatan campurannya. Tidak adanya perbedaan berat jenis yang signifikan antara kompon P₁ dan P₂ disebabkan masing-masing partikel berukuran sangat kecil sehingga tidak menghasilkan perbedaan berat jenis yang nyata.

D. Ketahanan Kikis DIN, mm³

Nilai tertinggi terhadap pengujian ketahanan kikis kompon karet tromol di Tabel 2 terdapat pada perlakuan P₂ (*brushing rubber* 200 nm) yaitu 226,1

mm³ dan terendah pada perlakuan P₃ (*brushing rubber* yang bukan berukuran nano), yaitu 209,7 mm³.

Gesekan yang hilang berbanding terbalik dengan nilai berat jenis. Semakin besar nilai berat jenis produk, maka semakin kecil gesekan yang hilang pada suatu produk yang mengindikasikan semakin tingginya ketahanan gesek suatu produk. Hal ini terbukti pada nilai ketahanan gesek pada perlakuan P₂ dan P₃, dimana berat jenis pada P₂ lebih besar dari P₃ yang mengakibatkan ketahanan gesek pada P₂ lebih besar daripada P₃.

Namun nilai ketahanan gesek pada P₁ lebih kecil daripada P₂. Dengan demikian ukuran dan karakteristik *brushing rubber* sebagai *bahan pengisi* pada pembuatan kompon karet tromol berpengaruh terhadap dinamika ketahanan kikis kompon yang dihasilkan. Ketahanan kikis dari kompon karet (yang diberi bahan pengisi) pada dasarnya ditentukan oleh karakteristik bahan pengisi, terutama oleh morfologi dan reaktifitas permukaannya (Thavamani *et al.*, 1993). *Mechanical losses* yang dinamis pada karet diakibatkan oleh keberadaan karet reclaim yang dapat dihubungkan dengan adanya sejumlah SBR dalam karet reclaim ban (Scheirs, 1998).

KESIMPULAN

Penggunaan *nano brushing rubber* sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kompon karet tromol tidak berpengaruh terhadap kenaikan dan kestabilan nilai kekerasan dan ketahanan kikis, namun berpengaruh terhadap kenaikan nilai kekuatan tarik dan berat jenis. Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan bahwa *nano brushing rubber* dapat digunakan untuk pembuatan kompon karet yang mengutamakan kekuatan tarik dan berat jenis yang tinggi, serta nilai kekerasan dan ketahanan kikis yang rendah, serta tidak digunakan secara terus menerus pada suhu 70 °C hingga 70 jam. Hasil uji terbaik terdapat pada kompon karet tromol P₁ dengan nilai Kekerasan 57

Shore A, kuat tarik 156 kg/cm², berat jenis 1,177 g/cm³, dan ketahanan kiris 224,8 mm³.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, J.G. (1995). *Bahan Kimia Penyusun Kompon Karet. Teknologi Barang Jadi Karet*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Balai Penelitian dan Teknologi Karet. (2005). *Buku Panduan Kursus Teknologi Barang Jadi Karet*. Bogor: BPTK.
- Balai Penelitian Karet Bogor dan Rubber Sticking Amsterdam. (1985). *Petunjuk Pembuatan Barang dari Karet Alam*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Basseri, A. (2005). *Teori Praktek Barang Jadi Karet*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Byers, J. (1995). Reinforcing Carbon Black. *Makalah pada Pertemuan Rubber Division ke 147 Tanggal 2-5 Mei 1995*. Philadelphia, Pennsylvania: American Chemical Society.
- Debapriya De, Das, A., Debasish De, Dey, B., Debnath, S.C., dan Roy, B.C. (2006). Reclaiming of Ground Rubber Tire (GRT) by a Novel Reclaiming Agent. *European Polymer Journal* 42: 917–918.
- Hassan, H.H., Ateia, E., Darwish, N.A., Halim, S.F., Abd El-Aziz, A.K. (2012). Effect of Filler Concentration on the Physico-Mechanical Properties of Super Abrasion Furnace Black and Silica Loaded Styrene Butadiene Rubber. *Journal of Materials and Design*. 34: 533–540.
- Kusnata, T. (1976). *Pedoman Praktek Pengujian Fisika pada Karet*. Bogor: Balai Penelitian Karet.
- Pal, K., Rajasekar, R., Kang, D.J., Zhang, Z.X., Pal, S.K., Das, C.K., Kim, J.K. (2010) Effect of fillers on natural rubber/high styrene rubber blends with nano silica: Morphology and wear. *Journal of Materials and Design* 31: 677.
- Rattanasom, N., Prasertsri, S., Ruangritnumchai, T. (2009). Comparison of The Mechanical Properties at Similar Hardness Level of Natural Rubber Filled With Various Reinforcing-Fillers. *Journal of Polymer Testing* 28: 8.
- Scheirs, J. (1998). *Polymer Recycling*. Wiley, Chichester. Dalam: C. Kumnuantipa dan N. Sombatsompop. (2003). Dynamic Mechanical Properties and Swelling Behaviour of NR/Reclaimed Rubber Blends. *Journal of Materials Letters* 57: 3171.
- Skelhorn, D.A. (1996). Calcium Carbonate and it's Application to the Rubber Industry. *Makalah pada Pertemuan Rubber Division Tanggal 5-8 Mei 1996*. Montreal, Quebec, Canada: American Chemical Society.
- Sombatsompop, N. (1998). Polymer-Plastic Technology Engineering 37. Dalam: Kumnuantipa, C., dan Sombatsompop, N. (2003). Dynamic Mechanical Properties and Swelling Behaviour of NR/Reclaimed Rubber Blends. *Journal of Materials Letters* 57: 3171.
- Sombatsompop, N. (1999). *Journal Application of Polymer Science* 74. Dalam: Kumnuantipa, C., Sombatsompop, N. (2003). Dynamic Mechanical Properties and Swelling Behaviour of NR/Reclaimed Rubber Blends. *Journal of Materials Letters* 57: 3168.
- Sombatsompop, N., dan Kumnuantip, C. (2003). *Journal Application of Polymer Science* (in press). Dalam: Kumnuantipa, C. dan Sombatsompop, N. (2003). Dynamic Mechanical Properties and Swelling Behaviour of NR/Reclaimed Rubber Blends. *Journal of Materials Letters* 57: 3169-3170.
- Thavamani P., Khastgir D., dan Bhowmick A.K. (1993). Microscopic Studies on the Mechanisms of Wear of NR, SBR and HNBR Vulcanizates under Different Conditions. Dalam: Hassan, H.H. (2012). Effect of Filler Concentration on the Physico-

Mechanical Properties of Super Abrasion Furnace Black and Silica Loaded Styrene Butadiene Rubber. Elsevier. *Journal of Materials and Design* 34: 533-540.

Wahyudi, T. (2005). *Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Karet.