

PEMBUATAN BARANG JADI KARET MENGGUNAKAN NANO SULFUR (THE MAKING OF RUBBER PRODUCT USING NANO SULPHUR)

Rahmaniar, Popy Marlina, Aprillena T.B.
Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi kompon karet dengan aplikasi *nano sulfur* pada proses vulkanisasi untuk membuat karet komponen kendaraan bermotor yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Percobaan dilakukan dengan cara penghalusan sulfur menjadi berukuran nano melalui mechanical milling. Nano sulfur kemudian dikarakterisasi dengan metoda XRD (*X-Ray Diffraction*) dan metode SEM (*Scanning Eletronical Magnetic*). Tahapan pembuatan kompon karet adalah mastikasi/penggilingan karet dan bahan kimia pendukung (*activator, filler, softener, antioksidan, resin, accelerator*) dengan menggunakan *open mill*, dilanjutkan dengan proses vulkanisasi dengan cara menambahkan nano sulfur hingga kompon matang dan siap dicetak. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 (dua) faktor, kombinasi 8 (delapan) perlakuan dan 3 (tiga) kali ulangan. Faktor pertama adalah variasi suhu vulkanisasi (140 °C dan 170 °C), dan faktor kedua adalah variasi ukuran sulfur (40 nm, 60 nm, 80 nm dan 400 nm). Parameter yang diuji adalah tegangan tarik (modulus), perpanjangan putus (*elongation at break*), ketahanan sobek (*tear strength*), dan berat jenis (*density*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi suhu vulkanisasi dan ukuran sulfur, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap tegangan tarik, perpanjangan putus, ketahanan sobek, dan berat jenis karet komponen kendaraan bermotor. Perlakuan terbaik diperoleh pada variasi suhu 140 °C dan ukuran sulfur 60 nm (T₁S₂), dengan karakteristik karet komponen kendaraan bermotor untuk tegangan tarik 108 N/cm², perpanjangan putus 565%, ketahanan sobek 90 kg/cm², dan berat jenis 1,220 g/cm².

Kata kunci : Kompon karet, nano sulfur, vulkanisasi, karet komponen
Kendaraan bermotor.

Abstract

The objective of the research was to obtain the rubber compound formulation with nano sulfur application in vulcanization process to produce vehicle rubber compound that will fulfill the standard specification. The experiment held by crushing the sulphur to convert into nano size through mechanical milling. Nano sulphur were characterized with XRD method (X-Ray Diffraction) and SEM method (Scanning Eletronical Magnetic). The steps for making the rubber compound are mastication/milling the rubber and other supporting chemicals (activator, filler, softener, antioxydant, resin, accelerator) using the open mill, continued with vulcanization process which using nano sulphur as the vulcanization agent until the rubber compound ready to be molded. The experimental research used Factorial Completely Randomized Design with two factors as treatments, and each combination was replicated for three times. The first factor is the variation of vulcanization temperature (140 °C and 170 °C) and the second factor is the variation of sulphur size (40 nm, 60 nm, 80 nm, and 400 nm). Tested parameters are modulus, elongation at break, tear strength, and density of rubber compound from the vehicle. The result showed that the variation of vulcanization temperature and the sulphur size, also with both interaction, influence the modulus, elongation at break, tear strength, and density of rubber compound of the

vehicle. The best treatment is obtained in temperature variation 140 °C and sulfur size 60 nm (T_s), with compound rubber characteristic of vehicle for modulus 108 N/cm², elongation at break 565%, tear strength 90 kg/cm², and density 1,220 g/cm³.

Keywords: Rubber compound, nano sulphur, vulcanization, the rubber compound of vehicle

PENDAHULUAN

Karet alam adalah suatu senyawa hidrokarbon dan merupakan polimer alam yang dihasilkan dari pengolahan getah karet atau lateks kebun, yaitu cairan yang berwarna putih seperti susu yang keluar dari tanaman *Hevea brasiliensis* melalui proses penyadapan. Karet alam umumnya mempunyai sifat-sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan karet sintesis, sedangkan karet sintesis mempunyai sifat-sifat yang baik terhadap kondisi lingkungan (panas, cuaca, minyak). Sebagian besar karet alam (70-72%) digunakan dalam industri ban, baik sebagai komponen asli atau sebagai pengganti dan selebihnya digunakan dalam berbagai produk lain yakni komponen alat industri (9-10%), produk lateks (7-8%), alas kaki (4-5%), produk teknik (3-4%), perekat (1-2%) dan lain-lain (2-3%).

Karet dalam keadaan mentah tidak dapat dibentuk menjadi barang jadi karet yang layak digunakan karena tidak elastis dan mempunyai banyak kelemahan. Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan, terlebih dahulu dibuat kompon karet dengan cara mencampurkan karet dengan bahan kimia lain lalu divulkanisasi (Wahyudi, 2005). Kompon karet adalah campuran antara karet alam dengan bahan kimia yang ditentukan komposisinya dan pencampurannya dilakukan dengan cara penggilingan pada suhu 70 °C ± 5 °C.

Bahan pemvulkanisasi adalah sejenis bahan kimia yang dapat bereaksi dengan gugus aktif molekul karet pada proses vulkanisasi, membentuk ikatan silang antar molekul karet sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi. Sulfur adalah bahan kimia yang paling banyak digunakan pada vulkanisasi berbagai

jenis karet (Abednego, 1995). Sulfur dalam bentuk aslinya adalah sebuah zat padat kristalin kuning. Di alam, sulfur dapat ditemukan sebagai unsur murni atau sebagai mineral-mineral *sulfide* dan *sulfate*. Pada proses vulkanisasi terjadi perubahan karet yang semula plastis menjadi elastis. Tetapi reaksi antar molekul berlangsung sangat lambat, memerlukan waktu beberapa jam, dengan penambahan bahan pencepat dan bahan penggiat, maka waktu vulkanisasi dapat dipersingkat menjadi beberapa menit. Dalam penelitian ini akan digunakan sulfur yang berukuran nano sebagai bahan vulkanisasi dalam pembuatan barang jadi karet (Pirodo).

Nanoteknologi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan teknologi yang berkaitan dengan ukuran partikel yang kecil (nano partikel) yaitu berukuran 1nm sampai 100 nm. Dengan memperkecil ukuran partikel sulfur, maka akan diperoleh luas permukaan yang lebih besar, maka pencampuran antara bahan utama karet dengan bahan penunjang lainnya akan lebih baik dan homogen, sehingga reaksi kimia antara partikel tersebut dengan partikel yang lain akan semakin cepat terjadi. Apabila ukuran sulfur yang digunakan dalam proses vulkanisasi dalam ukuran yang kecil, maka terbuka kemungkinan terjadinya reaksi yang lebih cepat antara sulfur dengan karet dan bahan kimia lainnya. Sehingga akan mengakibatkan reaksi sulfur dengan gugus aktif molekul karet dapat berlangsung dengan baik. Hal ini dikarenakan semakin besar luas permukaan partikel maka semakin mudah terjadinya reaksi dan semakin kuat ikatan silang antar molekul yang terbentuk, dengan demikian waktu vulkanisasi dapat dipersingkat (Suparto, 2003). Dari penelitian ini diharapkan sifat

barang jadi karet (pirodo) yang dihasilkan akan lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi kompon karet dengan aplikasi nano sulfur pada proses vulkanisasi untuk membuat karet komponen kendaraan bermotor pirodo.

BAHAN DAN METODA

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah NBR, NR, kaolin, MBTS, sulfur, ZnO, TMQ, wax, DPG, carbon black, minarex oil, asam stearat, flecto H/6 PPD, CBS, cumaron resin. Alat yang digunakan meliputi open mill L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, pressing rubber, pirodo moulding, cutting scrub kecil dan timbangan Melter p1210 kapasitas 1200 g.

B. Metode Penelitian

Kegiatan penelitian dilaksanakan dengan penelitian skala laboratorium, percobaan teknis, penggunaan sulfur dalam ukuran nano yang bervariasi sebagai bahan yang digunakan dalam vulkanisasi pembuatan kompon karet dan suhu pemanasan. Kompon karet yang dihasilkan kemudian diuji kualitasnya. Kompon karet dibentuk menjadi karet komponen kendaraan bermotor (pirodo).

Disain riset ini adalah desain eksperimental karena dilakukan dalam skala laboratorium yang menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap dengan 2 (dua) faktor, kombinasi 8 (delapan) perlakuan dan 3 (tiga) kali ulangan. Faktor pertama adalah variasi suhu vulkanisasi (T), yaitu : $T_1 = 140\text{ }^\circ\text{C}$, $T_2 = 170\text{ }^\circ\text{C}$. Faktor kedua adalah variasi ukuran sulfur, yaitu : $S_1 = 40\text{ nm}$, $S_2 = 60\text{ nm}$, $S_3 = 80\text{ nm}$ dan $S_4 = 400\text{ nm}$.

C. Analisa Data

Analisis data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur.

D. Prosedur Kerja

Tahapan penelitian :

1. Sintesa Nano Sulfur

Pembuatan bahan nano partikel sulfur meliputi :

- Penghalusan bahan sampai berukuran nano melalui tahapan preparasi awal dan *mechanical milling*.
- Karakterisasi bahan dengan metoda XRD (*X-Ray Diffraction*) dan metode SEM (*Scanning Eletronical Magnetic*).

2. Persiapan Formula Kompon Karet

Pada tahap ini dilakukan persiapan dan penimbangan bahan baku dan bahan kimia pendukung. Perlakuan komposisi sesuai dengan jumlah atau susunan dari formula kompon. Jumlah dari setiap bahan dalam resep dinyatakan dalam PHR (*per hundred rubber*).

3. Pembuatan Kompon

Pada tahap ini dilakukan proses mastikasi atau penggilingan karet dan bahan kimia pendukung. Penggilingan tersebut menggunakan gilingan terbuka (*open mill*). Selanjutnya dilakukan proses mastikasi karet (*polymer*). Mastikasi dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

- Pencampuran karet dengan bahan kimia diawali dengan mencampurkan bahan penggiat/activator, ZnO dan asam stearat dengan karet, lalu dipotong setiap sisinya satu hingga tiga kali selama 3 menit.
- Tambahkan filler dan softener (minarex oil) lalu potong setiap sisi sampai dua hingga tiga kali selama 3 sampai 8 menit.
- Tambahkan antioksidan, resin, dan bahan bantu lain, lalu potong setiap sisinya sampai 3 kali selama 2 sampai 3 menit.
- Tambahkan accelerator, potong setiap sisinya dua hingga tiga kali selama 1 sampai 3 menit.
- Selanjutnya adalah proses vulkanisasi dengan cara menambahkan nano sulfur

hingga mencapai kematangan yang diinginkan.

4. Pencetakan

Pencetakan dilakukan terhadap kompon karet yang terlebih dahulu dipotong-potong sesuai dengan ukuran cetakan yang diinginkan.

E. Parameter yang diamati

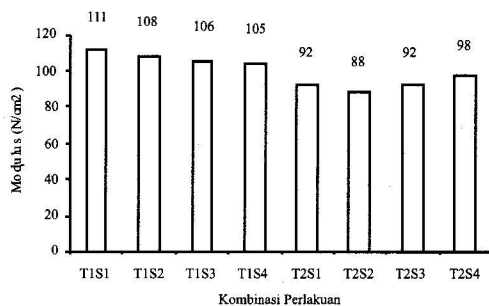
Terhadap kompon dan karet komponen kendaraan bermotor yang dihasilkan, parameter yang diuji adalah:

- Tegangan tarik (*Modulus*) N/cm^2
- Perpanjangan putus (*Elongation at Break*), %
- Ketahanan sobek (*Tear Strength*), kg/cm^2
- Berat jenis (*Density*) g/cm^3

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Modulus (N/cm^2)

Tegangan tarik (modulus) merupakan besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai perpanjangan tertentu, dinyatakan dengan tiap cm^2 luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Modulus merupakan sifat fisika bahan jadi karet yang fungsi utamanya ukuran, struktur dan banyaknya penambahan bahan pengisi. Jika nilai modulus semakin besar, menunjukkan bahwa karet komponen prodo semakin elastis. Hasil pengujian modulus karet komponen pirodo pada semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai modulus (N/cm^2) karet komponen pirodo

Hasil pengujian modulus pada karet komponen pirodo hasil penelitian nilai tertinggi terdapat pada perlakuan T₁S₁ (variasi suhu 140 °C dan sulfur 40 nm) yaitu sebesar 111 N/cm^2 , dan nilai modulus karet komponen prodo yang terendah terdapat pada perlakuan T₂S₂ (variasi suhu 170 °C dan sulfur 60 nm) yaitu sebesar 88 N/cm^2 .

Analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi suhu dan ukuran sulfur nano serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter modulus komponen karet pirodo.

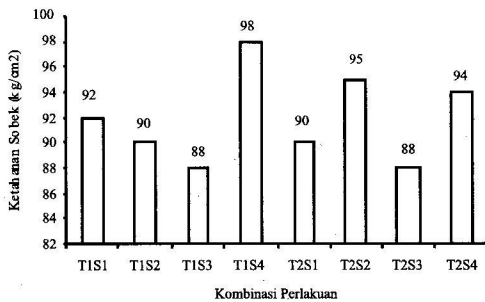
Perlakuan besar suhu vulkanisasi akan menyebabkan tegangan tarik (*modulus* 300%) yang dihasilkan semakin rendah hal ini sesuai dengan pendapat, menyatakan bahwa modifikasi kimia yang merubah struktur ruang teratur dari molekul karet dapat menurunkan kekuatan dari karet-karet tersebut dan nilai tegangan tarik (*modulus*) juga sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, struktur dan jumlah bahan yang ditambahkan.

Semakin besar ukuran sulfur nano maka nilai modulus (N/cm^2) semakin besar. Namun penambahan partikel-partikel nano tidak selamanya akan meningkatkan sifat mekaniknya. Ada batas tertentu dimana saat dilakukan penambahan, kekuatan material justru semakin berkurang. Namun pada umumnya material nano partikel menunjukkan perbedaan sifat mekanik, listrik, elektrokimia, katalis dan struktur dibandingkan dengan material penyusunnya (Hadiyawardman, 2008).

B. Ketahanan Sobek (*Tear Resistance*), kg/cm^2

Uji ketahanan sobek merupakan besarnya gaya atau tenaga yang dibutuhkan untuk menyobek potongan uji sampai putus. Nilai ketahanan sobek kompon karet semakin kecil, menunjukkan bahwa daya tahan terhadap sobekan karet komponen prodo semakin bagus. Ketahanan sobek karet komponen prodo dengan nilai

tertinggi pada perlakuan T_1S_4 (variasi suhu 140 °C dan ukuran sulfur 400 nm) yaitu 98 kg/cm² dan terendah pada perlakuan T_1S_3 (variasi suhu 140 °C dan ukuran sulfur 80 nm), dan perlakuan T_2S_3 (variasi suhu 170 °C dan ukuran sulfur 80 nm), yaitu 88 kg/cm². Hasil pengujian ketahanan sobek dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai ketahanan sobek kompon karet (kg/cm²)

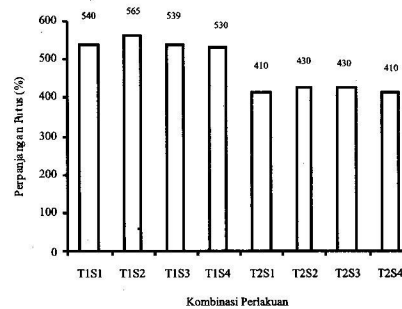
Analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi suhu, ukuran sulfur nano dan juga interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap ketahanan sobek karet komponen pirodo.

Nilai ketahanan sobek terbaik diperoleh pada perlakuan T_1S_2 yaitu 90 (kg/cm²). Ketahanan sobek akan meningkat dengan peningkatan ukuran nano sulfur, hal ini disebabkan pengaktifan sulfur pada proses vulkanisasi diikuti pemecahan molekul-molekul karet dan mencapai optimal pada suhu vulkanisasi 140 °C. Selain itu, adanya reaksi antara gugus fungsional molekul aktif sulfur yang dapat berikatan dengan karet, akibatnya ketahanan sobek kompon karet meningkat.

C. Perpanjangan Putus (*Elongation at Break*), %

Perpanjangan putus merupakan pertambahan panjang suatu potongan uji kompon karet bila diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan persentase dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus (*elongation at break*) kompon karet bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari karet

vulkanisat dan termoplastik dan termasuk penentuan *yield point* melalui kekuatan dan pertambahan panjang vulkanisat karet ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus. Perpanjangan putus hasil pengujian karet komponen pirodo dengan nilai terbesar didapat pada perlakuan T_1S_2 (variasi suhu 140 °C dan sulfur 60 nm) yaitu 565% dan nilai terendah pada perlakuan T_2S_1 (variasi suhu 170 °C dan sulfur 40 nm), yaitu 410% dan T_2S_4 (variasi suhu 170 °C dan sulfur 400 nm), yaitu 410%. Hasil pengujian perpanjangan putus karet komponen pirodo dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai perpanjangan putus (%) karet komponen pirodo

Analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi suhu, ukuran sulfur nano dan juga interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap perpanjangan putus karet komponen pirodo.

Nilai terbaik diperoleh pada perlakuan T_1S_2 (variasi suhu 140 °C dan sulfur 60 nm) yaitu 565%. Penggunaan panas akan mempercepat proses vulkanisasi, hal ini disebabkan tiap-tiap unit karet terdapat satu ikatan rangkap yang akan dipecahkan pada proses vulkanisasi sehingga karet menjadi lunak dan elastis (Prayitno, 1999). Selain itu ukuran sulfur akan sangat mempengaruhi kecepatan vulkanisasi, dimana semakin kecil ukuran partikel sulfur, proses vulkanisasi akan semakin cepat. Menurut Syamsu (2003), kecepatan vulkanisasi sangat diperhatikan karena berkaitan dengan

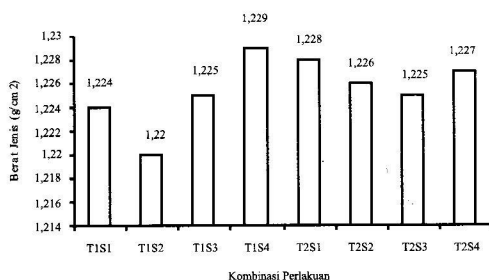
efisiensi energi yang digunakan dalam vulkanisasi. Oleh karena itu ukuran partikel dalam pembuatan kompon berguna untuk meningkatkan efektifitas pengolahan kompon.

Nilai perpanjangan putus dipengaruhi temperatur dan ukuran partikel. Makin kecil temperatur maka perpanjangan putus makin tinggi, selain itu dipengaruhi juga oleh besar struktur/ukuran bahan kimia yang digunakan.

D. Berat Jenis (Density) gr/cm^3

Penentuan berat jenis dilakukan untuk mengetahui mutu dari kompon karet dan perhitungan jumlah karet yang dibutuhkan untuk volume tertentu. Nilai berat jenis karet komponen pirodo semakin kecil menunjukkan bahwa proses pematangan karet komponen pirodo semakin cepat keras. Hasil pengujian berat jenis karet komponen pirodo terendah diperoleh pada perlakuan T_2S_1 (variasi suhu 170°C dan sulfur 40 nm) yaitu $1,220\text{ g/cm}^3$ dan hasil pengujian karet komponen pirodo tertinggi diperoleh pada perlakuan T_1S_4 (variasi suhu 140°C dan sulfur 400 nm) yaitu sebesar $1,229\text{ g/cm}^3$. Hasil pengujian berat jenis karet komponen pirodo dapat dilihat pada Gambar 4.

Analisis keragaman menunjukkan bahwa variasi suhu 140°C (T_1) berbeda nyata dengan variasi suhu 170°C (T_2), namun variasi ukuran sulfur nano pada semua perlakuan tidak berbeda nyata.



Gambar 4. Nilai berat jenis (g/cm^3) karet komponen pirodo

Peningkatan berat jenis disebabkan karena makin banyak molekul yang terikat pada polimer karet menjadikan kompon karet makin padat

sehingga berat jenisnya makin besar (Supraptiningsih, 2005).

KESIMPULAN

1. Perlakuan terbaik adalah kombinasi perlakuan T_1S_2 (konsentrasi suhu 140°C dan konsentrasi sulfur 60 nm) dengan karakteristik kompon karet meliputi, modulus 108 N/cm^2 , perpanjangan putus 565% dan ketahanan sobek 90 kg/cm^2 dan densiti $1,220\text{ g/cm}^3$.
2. Variasi suhu dan ukuran sulfur berpengaruh nyata terhadap sifat fisik karet komponen kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego. JG. DIS. 1995. *Bahan Kimia Penyusun Kompon Karet. Teknologi Barang Jadi Karet.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Alfa, A.A. 2005. *Bahan Kimia Untuk Kompon Karet.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Hadiyawardan. 2008. *Fabrikasi Material Nanokomposit Superkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Simple Mixing.* Jurnal Nanosains & Nanoteknologi Vol. 1 No.1, Februari 2008.
- Haris, U. 2004. *Karet Alam Hevea dan Industri Pengolahannya.* Balai Penelitian Karet Bogor. Pusat Penelitian Karet. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Harper. 2004. *Modifikasi Karet Alam dan Perubahan Sifat Fisiknya.* Prosiding Seminar Ilmiah-LIPI. Puslitbang Fisika Terapan LIPI. Bandung.
- Pocut, N.A. 2007. *Sintesa dan Karakteristik Sifat Mekanik Karet Nanokomposit.* Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Vol. 6, No.1, hal. 1-6.
- Prayitno. 1999. *Pengaruh Suhu Vulkanisasi terhadap Sifat*

Tegangan Putus, Perpanjangan Putus dan Ketahanan Sobek Kompon Sol Karet. Majalah Barang Kulit, Karet dan Plastik. Vol XI No. 9.

Riyadhy, A. 2009. *Vulkanisasi Karet.* <http://www.chem-is-try.org>. Akses tanggal 30 Januari 2009.

Suparto, D. 2003. *Kimia dan Teknologi Vulkanisat. Teknologi Barang Jadi Karet Padat.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor. Bogor.

Supraptiningsih, A. 2005. *Pengaruh RSS/SBR dan Filler CaCO₃ terhadap Sifat Fisis Kompon Karpet Karet.* Majalah Kulit, Karet dan Plastik 21(1): 34-40.

Suryana, Prayitno, dan M. Hadi. 1998. *Pengujian Sifat Fisika dan Kimia Barang Jadi Karet.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

Syamsu, Y. 2003. *Perbaikan Sifat Ketahanan Minyak Karet Alam melalui Modifikasi dengan Senyawa Vinilik.* Balai Penelitian Teknologi Karet. Bogor.

Thomas, J. 2005. *Kursus Praktek Pengujian Fisika dan Analisa Kimia Barang Jadi Karet.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.

Wahyudi, T. 2005. *Teknologi Barang Jadi Karet.* Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.