

RANCANGAN CETAKAN SPESIMEN UJI RETAK LENTUR MATERIAL KARET

Siproni Umar¹, Taufikurrahman²

^{1,2} Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jln. Sriwijaya Negara Bukit Besar-Palembang 30139

ABSTRACT

Target of development of material of berbahan rubber is to determine what is structure and nature of optimum material to be endurance to condition of operational which ekstrim. Machine component coming from plenty of rubber, and used by various condition of activity, to yield product which with quality require to be conducted by various examination among others barst examination flex, at this examination is required by the quality of good specimen. Mould Desain 60x120x160, process workmanship of barst printing; mould flex to use lathe, Drilling machine and Machine Grinder, Process examination of this Printing; Mould use Compression moulding with warm-up system. With temperature 150°C and pressure 7.9 MPa during ± 15 minutes.

Keywords: mould, specimen, crash, and rubber

PENDAHULUAN

Pengembangan material komponen konstruksi dan perkakas khususnya bahan-bahan yang menggunakan karet, diusahakan untuk mencapai sifat-sifat yang lebih unggul dari bahan terutama keunggulan dalam penerapan dalam berbagai kondisi operasional baik di air, minyak maupun di udara.

Karet alam merupakan salah satu komoditi pertanian yang penting, di Indonesia karet merupakan salah satu hasil pertanian terkemuka karena banyak menunjang perekonomian Negara. Sampai tahun 1992 ada tiga Negara yang menguasai pasaran karet dunia yaitu Indonesia, Thailand dan Malaysia. Luas lahan karet yang dimiliki Indonesia mencapai 2,7–3 juta hektar. Ini merupakan lahan karet yang terluas di dunia. Perkebunan yang luas ini tidak diimbangi dengan produktivitas yang memuaskan. Produktivitas lahan karet Indonesia rata-rata rendah dan mutu karet yang dihasilkan juga kurang memuaskan. Bahkan di pasaran internasional karet Indonesia terkenal sebagai karet yang bermutu rendah. Sebaliknya Malaysia dan Thailand memiliki produktivitas karet yang baik dengan mutu yang terjaga, terutama karet produksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu pengujian yang terpenting pada proses pengembangan material dari bahan karet adalah pengujian retak lentur, untuk melakukan pengujian ini dibutuhkan cetakan pembuat specimen, cetakan yang ada tidak memenuhi standar. Untuk itu perlu dirancang ulang cetakan untuk specimen uji retak lentur pada karet yang sesuai dengan Standar ASTM.

Material karet terbagi dua yaitu karet alam dan karet sintesis, karet alam sekarang jumlah produksi dan konsumsinya jauh dibawah karet sintesis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintesis. bagaimanapun keunggulan yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintesis.

Kelebihan karet alam dibanding karet sintesis adalah memiliki daya elastisitas atau daya lenting sempurna, memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah, mempunyai daya aus yang tinggi, tidak mudah panas (*lowheat build up*) dan memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*). Komposisi Karet alam seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Formula karet alam

Komponen	Satuan, phr	Keterangan
Natural rubber	100	Karet
Belerang	5	<i>Vulcanizing agent</i>
ZnO	2,5	<i>Activator</i>
Asam stearat	3	<i>Activator</i>
Benzothiazol disulfide	0,6	<i>Vulcanizing agent</i>
Carbon black	50	<i>Filler</i>

Sumber: Morton, 1987

Setelah formula karet ditetapkan maka dilakukan mastikasi. Proses mastikasi adalah suatu proses yang bertujuan untuk mempermudah masuknya bahan pengisi dan bahan-bahan kimia

lain. Proses ini memiliki urutan langkah-langkah yakni karet digiling, kemudian ditambahkan bahan pengikat dan anti degradasi, ditambahkan sebagian

bahan pengisi, bahan pelunak, semua bahan pengisi, dan bahan percepatan.

Hal yang juga penting dalam mastikasi ini adalah tidak mencampurkan bahan-bahan yang bersifat asam dan basa secara simultan, misalnya asam stearat dan ZnO (Charlton, 1961). Bahan-bahan yang bersifat asam adalah asam benzoate, MBT, asam oleat, *phythaliuc anhydride*, *acidic resin*, dan asam stearat sedangkan bahan-bahan yang bersifat basa adalah *whiting*, MgO, ZnO, titanium oksida, *hydrated silica*, dan *magnesium carbonate*.

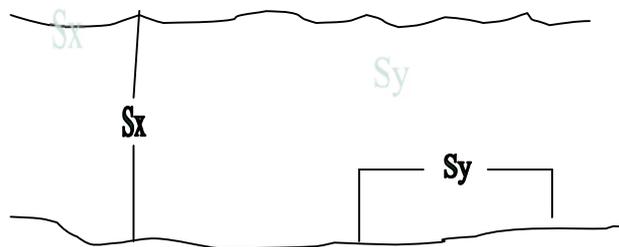
Vulkanisasi kompon karet adalah ikatan silang secara kimia (*chemical crosslink*) di antara molekul yang terjadi pada proses polimerisasi atau pada proses pabrikan (*fabricating articles*), menghasilkan polimer-polimer dengan struktur jaringan. Reaksi yang terjadi selama fabrikasi disebut dengan vulkanisasi di industri karet dan "curing" atau "hardening" pada industri plastik. Ikatan silang yang terjadi di dalam karet terbentuk akibat reaksi dengan suatu *vulcanizing agent* yang cocok biasanya belerang (Matthan, 2000).

Orang pertama yang berjasa dalam menemukan vulkanisasi belerang di tahun 1839 adalah Charles Goodyear dan mengembangkan banyak aplikasi baru di industri karet. Prinsip-prinsip perubahan akibat vulkanisasi (Matthan, 2000) adalah sebagai berikut karet dikonversi dari bahan yang bersifat plastis dengan kekuatan

(*strength*) yang sangat rendah menjadi bahan yang elastis dengan kekuatan dan kepegasan (*resilience*) yang baik, terjadi perubahan sifat-sifat fisik karet seperti *tensile strength* sesuai dengan vulkanisasi. Sifat-sifat fisik vulkanisat lebih tahan pada interval temperature dibandingkan dengan sebelum divulkanisasi, dan Polimer-polimer yang berikatan silang (*crosslinked polymer, vulcanizate*) mengembang di dalam larutan yang secara normal dapat melarutkan polimer-polimer yang tidak berikatan silang (*uncrosslinked polymer*).

Prinsip-prinsip perubahan akibat vulkanisasi (Morton, 1987) juga dijelaskan bahwa cincin panjang dari molekul-molekul karet menjadi berikatan silang akibat beraksi dengan *vulcanizing agent* membentuk struktur tiga dimensi. Reaksi ini membuat karet berubah menjadi lunak, bahan seperti plastik lemah (*weak plastic-like material*) ke suatu produk elastik kuat, dan karet kehilangan *tackiness*, dan menjadi tidak laruk dalam pelarut dan lebih tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh panas, cahaya, dan proses *aging*.

Sistem vulkanisasi (*vulcanization systems*) antara lain *Vulkanisasi Belerang* adalah vulkanisasi untuk karet yang mengandung ikatan tak jenuh dan paling banyak digunakan. Ikatan silang dan struktur siklik karet bersama belerang yang terbentuk dinyatakan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Struktur siklik karet

x adalah 1 atau 2 yang merupakan suatu sistem curing dipercepat yang efisien (*efficient accelerated curing system*), dengan kecil atau tanpa terbentuk struktur siklik. Ketidakefisienan sistem, x sampai dengan 8 dan banyak menyebabkan terbentuknya struktur siklik. Jumlah total belerang yang bergabung dengan jaringan molekul karet disebut koefisien vulkanisasi (*coefficient of vulcanization*) dan didefinisikan sebagai *part of sulfur combined per 100 parts of rubber*. Untuk kebanyakan karet, satu ikatan silang untuk sekitar 200 unit monomer di dalam rantai adalah cukup untuk menghasilkan produk ter Vulkanisasi yang ideal (berat molekul diantara ikatan silang sekitar 8.000 sampai dengan 12.000). Jumlah struktur siklik belerang (y) dan kelebihan belerang dalam ikatan silang berpengaruh terhadap sifat-sifat aging vulkanisat karet yang tidak baik terhadap vulkanisat (Morton, 1987). Tipe-tipe akselerator yang biasa digunakan untuk

vulkanisasi belerang adalah kelompok thiazole (misalnya 2-mercaptobenzothiazole), dithiocarbamate (*tertamethyl thiuram disulfide*), amine (misalnya *dipenyl guanidine*). Juga dikenal retarder untuk menghambat reaksi vulkanisasi yang prematur misalnya N-(*cyclohexylthio*) pthalimide (Billmeyer, 1984).

Vulkanisasi belerang tetapi tidak menggunakan belerang adalah dilakukan dengan menggunakan senyawa thiuram disulfide (biasanya sebagai *accelerator*) atau dengan selenium atau tellurium, menghasilkan produk yang lebih tahan terhadap *heat aging*. Ikatan silang efisien yang hanya 1 atau 2 atom belerang ditemukan dengan menggunakan thiuram disulfide dan *accelerator* berfungsi sebagai antioxidant (Morton, 1987). Suatu radikal bebas yang terbentuk dari dekomposisi atau oksidasi oleh *curing agent* atau suatu degradasi karet yang teroksidasi dapat memacu vulkanisasi salah satu atom hidrogen grup

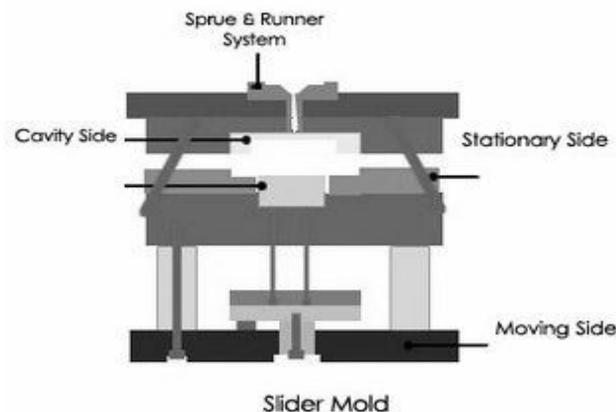
-metilen. (-methylene groups). Radikal bebas karet kemudian menyerang ikatan rangkap yang berdekatan di dalam rantai polimer. Hasilnya adalah pembentukan ikatan silang dan secara analog berlanjut ke suatu reaksi propagasi reaksi polimerisasi adisi (Billmeyer, 1984).

Vulkanisasi Peroksida adalah karet jenuh tidak dapat divulkanisasi dengan belerang dan *accelerator*. Untuk itu digunakan peroksida organik untuk vulkanisasi karet jenis ini. Molekul peroksida terdekomposisi menjadi radikal bebas dan terbentuk pada cincin polimer dan cincin-cincin ini dapat bergabung membentuk ikatan silang (Morton, 1987). Peroksida organik yang sering digunakan untuk sistem vulkanisasi ini adalah dicumyl peroxide dan benzoyl peroxide (Matthan, 2000). Panas menyebabkan ikatan O-O pecah dan berubah menjadi radikal. Radikal ini menyerang atom H pada rantai molekul karet (RH) dan menghasilkan cumyl alkohol dan polimer radikal (karet radikal). Kemudian radikal polimer bergabung satu dengan yang lain membentuk ikatan silang C-C. Selain dicumyl peroxide dan

benzoyl peroxide, juga dapat digunakan pada vulkanisasi peroksida adalah 2,4 dichlorobenzoyl peroxide, 2,5-di-(t-butyl peroxy)-2,5-dimethyl hexane, dan di-(t-butyl peroxy)-p-diisopropyl benzene (Niyogi, 2007).

Injection Molding adalah proses kerja *injection molding* dengan cara material diumpankan dan masuk ke rongga cetakan. *Injection molding* dikhususkan untuk material non logam, misalnya gelas, plastik dan karet. Karet dimasukkan dalam *hopper* kemudian *feed screw* butiran plastik dipanaskan oleh elemen pemanas kemudian pada waktu sampai di *nozzle* sudah berupa cairan non logam dan cairan non logam ditekan masuk ke rongga cetakan. *Die* pada *injection casting* dilengkapi dengan sistem pendingin untuk membantu proses pembekuan (solidifikasi).

Pada cetakan karet dengan proses pemanasan terdapat beberapa komponen seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Komponen cetakan karet
Sumber: Hasil olahan

Metode penelitian yang diaplikasikan pada program penelitian ini melalui tahapan antara lain proses pengerjaan pembuatan cetakan berdasarkan desain yang ada, proses pembuatan peralatan ini meliputi pembuatan plat cetakan bagian atas, pembuatan cetakan bagian bawah, pembuatan pilar cetakan dan pembuatan rongga cetak. Selanjutnya dilakukan proses pengujian alat yaitu menguji kemampuan cetakan apakah telah menghasilkan specimen uji yang seseuai standar ASTM, jika belum akan dilakukan perbaikan pada cetakan, data hasil pengujian diolah dan dianalisa kemudian dibandingkan standar yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam proses pencetakan karet, rongga cetakan harus bebas dari korosi sehingga akan menghasilkan produk yang bermutu tinggi. Selain

beberapa hal diatas, Paduan dari material juga sangat mempengaruhi sifat dari material tyang akan dipilih misalnya unsur karbon yang sangat mempengaruhi kekerasan satu material.

Beberapa pertimbangan beberapa ketentuan galam pemilihan bahan cetakan, maka material yang dipilih dalam pembuatan cetakan ini adalah ASSAB STAVAX. Bahan ini merupakan produk dari ASSAB (*Assosiate Swedish Steels AB*), dimana bahan ini memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan kriteria dalam pembuatan sebuah *mould*. Adapun kandungan dari bahan ini adalah carbon 0,38%, silicon 0,8%, mangan 0.5%, chrom 13,6%, dan vanadium 0,3%.

Dalam proses perencanaan pembuatan cetakan ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan antara lain *Cavity* suatu cetakan disesuaikan dengan kemampuan maksimal alat

Bantu pencetakan. Dalam perencanaan pembuatan ini penulis merencanakan pembuatan cetakan yang terdiri dari empat *cavity*.

Suatu material karet memiliki sifat *shrinkage* yaitu sifat menyusut ketika material tersebut membeku. Oleh karena itu lebar ruang cetak diperbesar dari ukuran produk sesungguhnya. Besarnya ditentukan dari factor *shrinkage* material yang digunakan.

Bagian Cetakan digunakan untuk menghasilkan *seal* yang berbentuk lingkaran. Produk ini memiliki bentuk yang sederhana, sehingga dapat mempermudah proses pemresinan.

cetakan ini terdapat tiga bagian yaitu : bagian atas, bagian bawah dan dua buah pilar dan ditambah satu bagian tambahan yaitu pegas. Pembagian ini disesuaikan dengan proses pembuatan produk yang akan dihasilkan dan di rancang sesederhana mungkin sehingga mould ini dapat dibuat dengan proses pemresinan.

Untuk mengetahui berapa lama waktu proses pencetakan, maka terlebih dahulu harus menghitung waktu yang diperlukan untuk proses pendinginan. Untuk menghitung panas yang terjadi dalam cetakan, digunakan rumus:

$$Q = m.c.\Delta T \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- Q = Kapasitas panas (KJ)
- m = Massa (Kg)
- c = Koefisien panas bahan (KJ/ Kg.°C)
- Δt = Perbedaan temperature (T2-T1)

Massa dapat dihitung dari volume lingkaran yang masuk dalam cetakan dikalikan dengan massa jenis bahan tersebut. Adapun tinggi cetakan adalah 3 mm sehingga dapat dihitung dengan rumus: $m = V \times$

Perhitungan Volume :

$$\begin{aligned} V &= A \times h \\ &= \left[\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \right] \times 3 \\ &= \left[\frac{\pi}{4} (44^2 - 30^2) \right] \times 3 \\ &= \left[\frac{3,14}{4} (1936 - 900) \right] \times 3 \\ &= 813,26 \times 3 \\ &= 2439,78 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Diketahui massa jenis (ρ) Karet = 0,92

Maka untuk menghitung massa benda adalah :

$$\begin{aligned} M &= V \times \rho \\ &= 2439,78 \text{ mm}^3 \times 0,92 \text{ g/cm}^3 \\ &= 2,43978 \text{ cm}^3 \times 0,92 \text{ g/cm}^3 \\ &= 2,24 \text{ g} \end{aligned}$$

Sehingga kapasitas panas yang terjadi dalam cetakan dapat dihitung dengan panas jenis karet compound sebesar 1,9 KJ/Kg.°C, temperatur awal

bahan (T1) sebesar 26°C dan temperatur leleh(T2) sebesar 150°C.

$$\begin{aligned} Q &= m.c.\Delta T \dots\dots\dots(2) \\ &= 2,24 \text{ g} \times 1,9 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{C} \times (150^\circ\text{C}-26^\circ\text{C}) \\ &= 2,24 \text{ g} \times 1,9 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{C} \times 124^\circ\text{C} \\ &= 527,74 \text{ KJ} \\ &= 527,74 \text{ KJ} \times 0,4299 \\ &= 226,87 \text{ Btu} \end{aligned}$$

Karena yang diinginkan luas panas dalam satu belahan cetakan maka luas panas total dibagi menjadi dua. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut: (Maurice Norton, 2006:29)

$$\begin{aligned} A &= \frac{A}{2} \\ &= \frac{2\mu(D-d) \times h}{2} \\ &= 131,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi total panas yang terjadi dalam cetakan adalah 226,87 Btu. Untuk mengetahui laju konduksi panas dari sistem cetakan ini, maka dapat dihitung menggunakan rumus: (Maurice Norton, 2006:32)

$$q = \frac{A.K}{L} \Delta t$$

dimana:

- q = Laju konduksi panas (Watt) atau (Btu/h)
- A = Luas Panas Cetakan (mm)
- K = Konduktifitas termal suatu bahan (W/m.°C)
- Δt = Keseimbangan suhu (T_{panas} – T_{dingin}) (°C)
- L = Jarak terjauh yang akan ditempuh panas (m)

menjadi:

$$\begin{aligned} q &= \frac{131,88 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ W/m.}^\circ\text{C} \times 124^\circ\text{C}}{48 \text{ mm}} \\ &= 8176,56 \text{ W} \\ &= 8176,56 \times 3,4121 \text{ Btu/h} \\ &= 27899,24 \text{ Btu/h} \\ &= 7,75 \text{ Btu/s} \end{aligned}$$

Kapasitas panas yang terjadi dalam cetakan terhadap open pemanas dapat dihitung dengan panas jenis cetakan sebesar 1,9 KJ/Kg.°C, temperatur awal bahan (T1) sebesar 26°C dan temperatur leleh (T2) sebesar 150°C.

$$\begin{aligned} Q &= m.c.\Delta T \\ &= 7,5 \text{ kg} \times 1,9 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{C} \times (150^\circ\text{C}-26^\circ\text{C}) \\ &= 7,5 \text{ kg} \times 1,9 \text{ KJ/Kg.}^\circ\text{C} \times 124^\circ\text{C} \\ &= 1767 \text{ KJ} \\ &= 1767 \text{ KJ} \times 0,4299 \\ &= 759.63 \text{ Btu} \end{aligned}$$

Untuk menghitung gaya pegas harus mengetahui beberapa hal diantaranya:

$$\begin{aligned} f &= m \times g \\ &= 3,5 \text{ kg} \times 9,8 \text{ M/S}^2 \\ &= 34,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi pegas yang digunakan dengan standar DIN dimana no.order Z60/5x10 sebesar 39,2 N dan diameter sebesar 19 mm sesuai dengan kebutuhan.

Proses pengerjaan dalam proses pembuatan cetakan ini dibagi dalam dua tahap. Tahap Pertama yaitu proses pengerjaan perataan bahan cetakan, adapun dalam proses ini menggunakan mesin *milling* dan *surface grinding* dan Tahap Kedua, yaitu proses pembentukan lubang cetakan pada proses ini menggunakan mesin bubut dan mesin bor. Adapun uraian proses pengerjaannya adalah sebagai berikut:

Pertama, proses pengerjaan perataan cetakan dengan mesin *milling*. Pada proses ini material *difrais* hingga mencapai ukuran yang diinginkan. Sehingga ukuran benda bagian atas 200.5 x 120,5 x 20,5 dan bagian bawah 200.5 x 120.5 x 20.5 selanjutnya pada proses ini dikerjakan untuk memperoleh permukaan benda kerja yang halus dan sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Lakukan pemakanan sebanyak 0,25 mm pada setiap permukaan benda kerja, sehingga menghasilkan permukaan benda kerja yang presisi.

Kedua, proses pengerjaan lubang cetakan dengan mesin bubut yakni pembubutan lubang cetakan pada proses ini benda kerja dicekam dengan menggunakan chuck yang memiliki 4 rahang yang dapat di ubah secara manual, sehingga rahang chuk dapat digeser untuk menyesuaikan dengan titik pusat pembubutan. Setelah benda kerja di setting dengan benar pada chuck, maka langkah pertama menandai titik pusat pembubutan, kemudian geser pahat pada titik yang telah ditentukan, lakukan pembubutan dengan lebar 7 mm dan kedalaman pembubutan 3 mm.

Ketiga, pembubutan pilar dimana pilar yang akan dibuat sebanyak dua buah, Pada proses ini benda kerja yang akan dibubut berbentuk silinder dengan ukuran diameter 20 mm dengan panjang 60 mm, langkah pertama benda kerja dicekam pada chuck kemudian periksa benda kerja sampai dalam keadaan center. Lakukan pembubutan memanjang sampai benda kerja berukuran diameter 15 mm dengan panjang 20 mm.

Keempat, pengerjaan dengan mesin bor dimana pada proses pengeboran ini untuk menghasilkan lubang tempat pilar diletakkan, proses pengeboran dilakukan dengan menggunakan mata bor diameter 15 mm dan menggunakan mesin bor tegak, setelah proses pengeboran selesai lakukan pengeboran bertingkat dengan menggunakan cutter bor adapun letak dan kedalaman pengeboran dapat dilihat pada gambar kerja.

Kelima, pengujian alat yang dilakukan untuk mengetahui apakah alat ini dibuat sesuai dengan yang direncanakan, untuk mengetahui kemampuan alat pada saat dioperasikan, untuk mengetahui apakah

hasil yang dihasilkan sesuai dengan hasil maksimal yang di inginkan. Pada dasarnya pengujian ini hanyalah untuk mengetahui apakah alat yang dibuat sesuai dengan yang direncanakan dan mengetahui hasil dari pengujian alat apakah sesuai dengan yang diharapkan.

KESIMPULAN

Desain cetakan karet yang dihasilkan berukuran 60x120x160, dengan dua spesimen yang dihasilkan. Proses pengerjaan menggunakan beberapa mesin seperti mesin bubut, mesin bor dan mesin gerinda. Proses pengujian cetakan ini menggunakan *Compression moulding* dengan sistem pemanasan suhu 150°C dengan penekanan 7,9 Mpa selama ±15menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Asahiro Ahagon, The Chain End Distributions and Crosslink Characteristics in Black-Filled Rubbers. *Rubber Chem. Technol*, Vol. 71, No. 5, p 975-987, 1998.
- B. Blumich, NMR for Product and Quality Control of Elastomers. *Kautschuk Gummi Kunststoffe*, Vol 54 (4), p 188-190, 2001.
- C. P. O'Farrel, M. Gerspacher, dan L. Nikiel, Carbon black Dispersion by Electrical Measurements. *Kautschuk Gummi Kunststoffe*. Vol 53 (12), p 701-710, 2000.
- F. W. Billmeyer. 1984. *Textbook of Polymer Science*, 3rd Edition, New York: A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons.
- Helson M. da Costa, Leila L. Y. Visconte, Regina C. R. Nunes, Vulcanization Kinetics of Natural Rubber Filled with Rice Husk Ash, *Polimeros*. Vol.13, No. 2, p 102-106, 2003.
- J.M. Caruthers, and V. Venkatasubramanian 2008. *Design of Formulated Rubbers*. <http://www.coweb.purdue.edu/~jmcweb/materials/rubbe.html> diakses 18 Maret 2010.
- Maurice Morton. 2006. *Rubber Technology*, 3rd Edition, New York: Van Nostrand Reihold.
- R. K. Matthan and K. S. Loganathan. 2000. *Rubber Engineering*, Indian Rubber Institute, New Delhi: McGraw Hill.