

PEMBUATAN KOMPON KARET DENGAN BAHAN PENGISI ARANG CANGKANG SAWIT

THE MAKING OF RUBBER COMPOUND USING PALM SHELL CHARCOAL AS A FILLER

Nuyah dan Rahmani

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

e-mail: nuyah_1957@yahoo.co.id; rahmaniar_eeen@yahoo.co.id;

Diterima: 28 Juni 2013; Direvisi: 16 Juli – 13 November 2013; Disetujui: 28 November 2013

Abstrak

Tujuan penelitian untuk mendapatkan formulasi yang tepat dalam pembuatan kompon karet dan mengetahui perbandingan komposisi dengan menggunakan arang cangkang sawit dengan metode sol gel. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) 3 (tiga) variasi ukuran partikel arang cangkang sawit, 2 (dua) variasi bahan pengisi Arang Cangkang Sawit (ACS) dan 2 (dua) kali ulangan. Perlakuan ukuran partikel Arang Cangkang Sawit (ACS) dengan metode sol gel, masing-masing berkisar A= 40-60 nm, B = 80-100 nm, C= 200 mesh. Variasi arang cangkang sawit (ACS) 20 phr dan 40 phr. Parameter yang diuji waktu pemasakan kompon, modulus, density, ketahanan retak lentur dan pampatan tetap. Hasil uji yang baik terdapat pada formula 4 yaitu perlakuan ukuran partikel nano ACS berkisar 80-100 nm dan bahan pengisi ACS 40 phr, dengan karakteristik kompon karet meliputi, waktu pemasakan Tc10 7 : 05 menit, Tc90 17 : 40 menit, tegangan tarik 17 %, masa jenis 1 g/ml, ketahanan retak lentur diamati secara visual tidak ada keretakan dan pampatan tetap 22%.

Kata kunci : arang cangkang sawit, sol gel, kompon karet.

Abstract

The objective of this research is to get the best formula in produced rubber compound and known the appropriate composition of palm shell charcoal by sol gel process. The design used was complete randomize design, consist of 2 factors : 3 (three) variations of treatment in palm shell charcoal particle size (ACS) and 2 (two) variations of treatment for the filler (ACS), with 2 (two) times repetition. The first factor of palm shell charcoal by sol gel process is a follows : A = range 40-60 nm particle size, B = range 80-100 nm particle size, C = 200 mesh particle size. The second factor is filler variations (ACS), namely C₁ : ACS 20 phr, C₂ : ACS 40 phr. Parameter tested cooking time Tc10, Tc90, modulus, density, flex resistance and compression set . The result showed that the best treatment is a combination of formula number 4 ACS nano particle size ranges 80-100 nm and 40 phr filler ACS which characteristic of the rubber compound cooking time Tc10 7 : 05 minutes , Tc90 17 : 40 min , modulus : 17 % , density : 1 g/ml, flex resistance : no cracks and compression set 22%.

Key word : Palm shell charcoal, rubber compound, sol gel

PENDAHULUAN

Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia tahun 2010 yaitu 7.824.623 Ha, produksi CPO 19.844.900 ton dan ekspor CPO 9.444.170 ton. (Kementerian Pertanian, 2011). Industri minyak sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit dan cangkang yang pemanfaatannya sangat

kecil. Setiap harinya dihasilkan tandan kosong sejumlah 22% per ton (158,4 ton) dan cangkang sebanyak 7% per ton (50,4 ton) setiap harinya (Kurniati E, 2008).

Menurut Basri *et al.*, (2007), limbah kelapa sawit merupakan limbah lignoselulosik yang merupakan limbah organik dan terdapat dalam jumlah yang besar dalam, limbah ini akan

menimbulkan pencemaran. Limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal.

Pengolahan cangkang kelapa sawit sebagai arang aktif adalah salah satu cara mudah untuk menambah nilai ekonomis. Tempurung (cangkang) kelapa sawit, selain digunakan sebagai bahan bakar dan dibuat arang, juga digunakan sebagai pengeras jalan. Arang aktif dapat digunakan untuk berbagai industri, antara lain industri minyak, karet, gula dan farmasi. Cangkang kelapa sawit termasuk bahan *barlignocelulosa* yang berkadar karbon tinggi dan mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai 1,4 g/ml sehingga karakteristik ini memungkinkan bahan tersebut baik dijadikan arang (Purwaningsih *et al.*, 2000).

Secara teoritis arang cangkang sawit mengandung unsur kimia berupa carbon yang dapat menambah kekuatan ikatan yang terjadi pada komponen vulkanisat karet.

Dalam pembuatan kompon karet agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia karet lain diantaranya bahan pengisi. Bahan pengisi merupakan bagian yang cukup penting dalam pembuatan kompon karet, berpengaruh terhadap vulkanisasi. Menurut Pujiastuti (2007) vulkanisasi merupakan tahapan proses yang paling penting dalam pembuatan kompon karet, dimana terjadi *crosslinking* antara molekul karet dengan bahan pemvulkanisasi belerang. Vulkanisasi sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu, apabila waktu dan suhu yang dipilih tidak sesuai dengan kondisi optimal, maka kualitas kompon karet yang dihasilkan menjadi kurang baik (Gosh *et al.*, 2003).

Indonesia merupakan negara penghasil karet yang potensial, usaha untuk menjadikan karet sebagai barang jadi (*Rubber Goods Industry*) dalam negeri akan memberikan efek sosial ekonomi yang sangat luas. Semakin banyak memanfaatkan sumber sumber alam yang dapat diperbaharui seperti

cangkang sawit, minyak biji karet, minyak kemiri maka akan mengurangi impor barang-barang yang digunakan dalam pembuatan kompon barang jadi karet.

Produksi karet di Sumatera Selatan umumnya masih berupa karet mentah. Karet dalam keadaan mentah tidak dapat dibentuk menjadi barang jadi karet yang layak digunakan karena tidak elastis dan mempunyai berbagai kelemahan, antara lain tidak kuat dan tidak tahan cuaca. Agar dihasilkan barang jadi karet yang layak digunakan terlebih dulu karet mentah dicampur dengan bahan kimia karet lain, lalu divulkanisasi. Campuran antara karet dengan bahan-bahan tersebut dikenal dengan nama kompon karet (Alfa, 2005).

Struktur molekul karet alam adalah *cis-1,4-polyisoprene*, karet alam mempunyai kelemahan diantaranya bersifat tidak tahan terhadap ozon, minyak dan suhu tinggi (Kahar, 2003). Menurut Nelly (2005), kelemahan karet alam mudah mengalami reaksi oksidasi dan kurang elastis, sedangkan menurut Maspanger (2005), karet alam tidak tahan terhadap panas dan pelarut hidrokarbon.

Cangkang sawit salah satu potensi hasil samping dari kelapa sawit yang dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (filler) dalam pembuatan kompon karet. Arang cangkang sawit dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet dan lain-lain.

Arang cangkang sawit yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan proses sol gel. Metode sol-gel dikenal sebagai salah satu metode sintesis nanopartikel yang cukup sederhana dan mudah. Metode ini merupakan salah satu "*wet method*" karena pada prosesnya melibatkan larutan sebagai medianya. Pada metode sol-gel, sesuai dengan namanya larutan mengalami perubahan fase menjadi sol (koloid yang mempunyai padatan tersuspensi dalam larutannya) dan kemudian menjadi gel (koloid tetapi

mempunyai fraksi solid yang lebih besar daripada sol).

Penelitian ini menggunakan filler dari arang cangkang sawit yang disintesis dengan metoda sol gel, dengan ukuran partikel yang diperkecil diharapkan dengan ukuran partikel partikel yang kecil membuat produk memiliki sifat yang dapat meningkatkan kualitas. Selain itu arang cangkang sawit dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti bahan pengisi yang berasal dari minyak bumi seperti *carbon black*, dengan adanya beberapa pertimbangan diatas, maka perlu diadakan penelitian dengan tujuan mendapatkan formulasi yang tepat dalam pembuatan kompon karet dan mengetahui perbandingan komposisi yang tepat dengan menggunakan arang cangkang sawit dengan metode sol gel.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karet alam : Ribbed *Smoke Sheet* (RSS), *stiren butadiene rubber* (SBR), sol gel arang cangkang sawit, *parafinic oil*, ZnO, Asam stearat, Anti Oksidan, *parafin wax*, *Dibenzothiazyl disulfide* (MBTS), Tetrmetilitiuram disulfide (TMTD), Comaron Resin, sulfur, dan bahan untuk uji mutu produk di laboratorium.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan metler p1210 kapasitas 1200 g, timbangan duduk merek Berkel kapasitas 15 kg, open mill L 40 cm D18 cm kapasitas 1 kg, cutting scrab besar, gunting dan kuas.

B. Metode Penelitian

Desain riset merupakan desain eksperimental karena dilakukan dalam skala laboratorium yang menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap, yang terdiri dari dua faktor yaitu (3) tiga perlakuan variasi ukuran partikel Arang Cangkang Sawit (ACS) dengan metode sol gel dan 2 (dua) perlakuan jumlah bahan pengisi (ACS), dengan 2 (dua) kali ulangan.

Faktor pertama arang cangkang sawit dengan metode sol gel yaitu :

A= Ukuran partikel berkisar 40-60 nm.

B= Ukuran partikel berkisar 80-100 nm.

C = Ukuran 200 mesh.

Faktor kedua variasi bahan pengisi (ACS), yaitu :

C₁= jumlah ACS 20 phr

C₂= jumlah ACS 40 phr

Pembuatan Kompon Karet dengan Bahan Pengisi Arang Cangkang Sawit terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula pembuatan kompon karet dengan menggunakan metode sol gel.

No	Nama Bahan	Sampel ACS A (phr)		Sampel ACS B (phr)	
		Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
1	RSS	70	70	70	70
2	SBR	30	30	30	30
3	Arang cangkang sawit (ACS)	20	40	20	40
4	<i>Parafinic oil</i>	7	7	7	7
5	ZnO	4	4	4	4
6	SA	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Anti Oksidan	1	1	1	1
8	<i>Parafin wax</i>	0,5	0,5	0,5	0,5
9	MBTS	0,6	0,6	0,6	0,6
10	TMTD	0,6	0,6	0,6	0,6
11	Coumaron resin	3	3	3	3
12	Sulphur	1,5	1,5	1,5	1,5
Jumlah		141,2	161,2	141,2	161,2

Tabel 1. Formula pembuatan kompon karet dengan menggunakan metode sol gel. (lanjutan)

No	Nama Bahan	Sampel ACS C (phr)	
		Formula 5	Formula 6
1	RSS	70	70
2	SBR	30	30
3	Arang cangkang sawit (ACS)	20	40
4	<i>Parafinic oil</i>	7	7
5	ZnO	4	4
6	SA	1,5	1,5
7	Anti Oksidan	1	1
8	<i>Parafin wax</i>	0,5	0,5
9	MBTS	0,6	0,6
10	TMTD	0,6	0,6
11	<i>Coumaron resin</i>	3	3
12	Sulphur	1,5	1,5
Jumlah		141,2	161,2

Prosedur Pembuatan Kompon

1. Penimbangan

Bahan kimia dari masing-masing resep kompon ditimbang sesuai dengan yang telah ditentukan. Jumlah dari setiap bahan didalam resep kompon dinyatakan dalam PHR (berat per seratus karet) dengan memperhatikan faktor konversinya.

2. *Mixing/blending* (pencampuran)

Proses pencampuran dilakukan dalam gilingan terbuka (*open mill*), yang telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan proses:

- Mastikasi *polymer* selama 6 -7 menit RSS dan SBR.
- Menambahkan bahan - bahan kimia sesuai dengan urutan pencampuran bahan tersebut dan waktu pencampuran di potong setiap sisi satu sampai tiga kali selama 2-3 menit.
- Mencampur belerang hingga mencapai kematangan yang diinginkan.
- Mengeluarkan kompon dari open mill dan tentukan ukuran ketebalan lembaran kompon, keluarkan dan letakkan diatas plastik transaran dan potong kompon disesuaikan dengan barang jadi yang akan dibuat.

Lakukan prosedur ini untuk kompon 1 sampai dengan kompon 6.

Parameter yang diamati

Parameter yang diamati waktu pemasakan kompon (*rheometer*), Tegangan tarik (*modulus*), massa jenis (*density*), ketahanan retak lentur (*flex resistance*) dan pampatan tetap (*compression set*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik pemasakan kompon (*Rheometer*)

Rheometer merupakan proses pengujian kompon untuk mengetahui suhu dan waktu optimal vulkanisasi. Sehingga diperoleh hasil vulkanisasi dengan sifat-sifat fisika yang optimal, waktu vulkanisasi campuran karet harus

ditentukan dengan tepat pada suhu t dan ketebalan karet vulkanisasi tertentu.

Waktu matang optimum (t_c 90) merupakan waktu yang diperlukan sejak awal pemanasan untuk mematangkan kompon sampai kematangan optimum (Wicaksono et al., 2004).

Karakteristik pemasakan kompon, terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Pemasakan Kompon karet

Formula	Tc 10 menit	Tc 90 menit
1	8 : 10	16 : 20
2	8 : 30	17 : 42
3	7 : 19	17 : 21
4	7 : 05	17 : 40
5	5 : 50	19 : 41
6	6 : 16	19 : 50

Selama proses vulkanisasi berlangsung ukuran partikel bahan pengisi yang digunakan sangat berperan sekali. Menurut Peng (2007), semakin kecil ukuran partikel akan semakin mudah proses pencampuran sehingga proses vulkanisasi akan semakin cepat hal ini dikarenakan partikel bahan pengisi nano arang cangkang sawit tersebar merata.

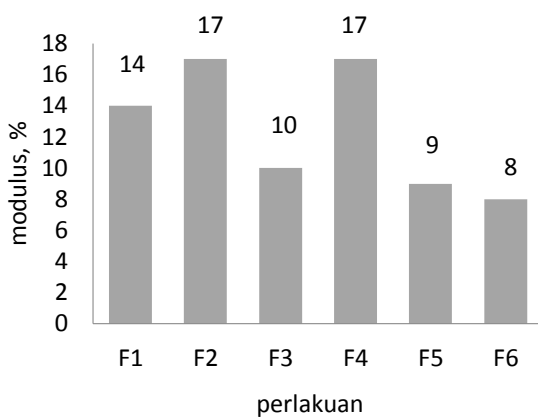
Waktu vulkanisasi kompon karet yang baik terdapat pada formula 4 (partikel ACS berkisar 80 – 100 nm dan konsentrasi filler 40 phr) didapat T_c 10, suhu *curing* membutuhkan waktu 7:05 menit dan T_c 90 waktu vulkanisasi optimum / Optimum *cure time* 17:40 menit, hal ini dikarenakan arang cangkang sawit mengandung gugus karbon yang bereaksi dengan karet pada saat proses vulkanisasi sehingga interaksi partikel partikel karbon dengan rantai molekul isoprene berlangsung lebih cepat (Omofum, 2001).

B. Tegangan Tarik (*Modulus*), kg/cm

Tegangan tarik merupakan pengujian fisika karet yang terpenting dan paling sering dilakukan dengan pengujian ini dapat ditetapkan waktu vulkanisasi optimum suatu kompon dan pengaruh pengurangan pada suatu vulkanisasi, selain itu juga pengujian ini menggambarkan kekuatan dan kekenyalan karet (Kusnata, 1976).

Tegangan Tarik (*Modulus*) besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai perpanjangan tertentu, dinyatakan dengan tiap cm² luas penampang potongan uji sebelum diregangkan (Basseri, 2005). Tegangan Tarik merupakan sifat fisika bahan jadi karet yang fungsi utamanya ukuran, struktur dan banyaknya penambahan bahan pengisi.

Hasil pengujian tegangan tarik kompon karet dapat dilihat pada Gambar 1.



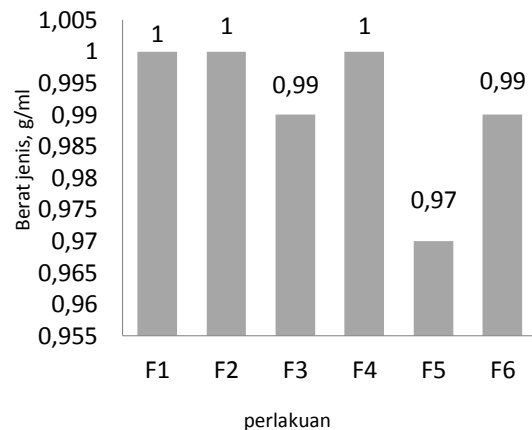
Gambar 1. Hasil pengujian Tegangan Tarik (*Modulus*) kompon karet.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan tarik yang diberikan oleh kompon untuk formula 1 adalah 14 kg/cm, formula 2 adalah 17 kg/cm, formula 3 adalah 10 kg/cm, formula 4 adalah 17 kg/cm, formula 5 adalah 9 kg/cm dan formula 6 adalah 8 kg/cm, dari hasil penelitian pada formula 2 dan formula 4 menunjukkan bahwa semakin bertambah bahan pengisi arang cangkang sawit maka nilai modulus mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena ukuran dari partikel arang cangkang sawit (ACS), sehingga ACS tercampur secara merata pada kompon karet. ACS mengandung karbon yang berperan sebagai bahan pengisi aktif, yaitu bahan pengisi yang bersifat menguatkan pada kompon karet. Maka dengan adanya peningkatan jumlah dari arang cangkang kelapa sawit akan menyebabkan peningkatan jumlah kerapatan anatar bahan pengisi ACS dan karet alam. Sedangkan pada

formula 5 dan formula 6 menunjukkan bahwa semakin bertambah ACS maka nilai modulus mengalami penurunan. Hal ini disebabkan ACS tidak terdispersi merata pada kompon karet, karena partikel bahan pengisi ACS membentuk agregat dengan yang lainnya sehingga menurunkan luas bidang interaksi antara ACS dan kompon karet. Semakin lemah daya interaksi antara bahan pengisi ACS dan kompon karet maka aktivitas permukaan keduanya akan menurunkan modulus suatu vulkanisat karet. (Surya, I 2006).

C. Berat Jenis (*Density*), g/ml

Berat jenis merupakan berat dari satuan volume vulkanisat karet pada suhu tetap, dinyatakan dalam miligram permeter kubik (mg/m³) atau gram per centimeter kubik (g/cm³) (Basseri, 2005). Hasil pengujian berat jenis kompon karet dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Berat Jenis Kompon Karet

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat jenis yang diberikan oleh kompon untuk formula 1 adalah 1 g/ml, formula 2 adalah 1 g/ml, formula 3 adalah 0,99 g/ml, formula 4 adalah 1 g/ml, formula 5 adalah 0,97 g/ml dan formula 6 adalah 0,99 g/ml. Pengujian berat jenis digunakan untuk mengontrol berat kompon karet yang akan digunakan untuk membuat vulkanisat karet dengan hitungan volume.

Pada penelitian dimana ukuran partikel berpengaruh tetapi tidak signifikan terhadap berat jenis, jumlah bahan pengisi yaitu ACS semakin besar

menyebabkan kenaikan nilai berat jenis hal ini disebabkan makin banyak molekul yang terikat pada polimer karet menjadikan kompon karet makin padat. (Supraptiningsih, 2005).

D. Ketahanan Retak Lentur (*Flex Resistance*), 100 cycle/mnt

Uji ketahanan retak lentur untuk mengetahui berapa jauh kerusakan terhadap kompon karet jika dilenturkan atau ditekukkan berulang kali secara terus menerus (Basseri, 2005). Hasil pengujian ketahanan retak lentur terhadap kompon karet secara visual dinyatakan dengan retak atau tidak retak (flex atau no flex). Hasil pengujian ketahanan retak lentur terhadap kompon karet untuk semua perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian Ketahanan Retak Lentur.

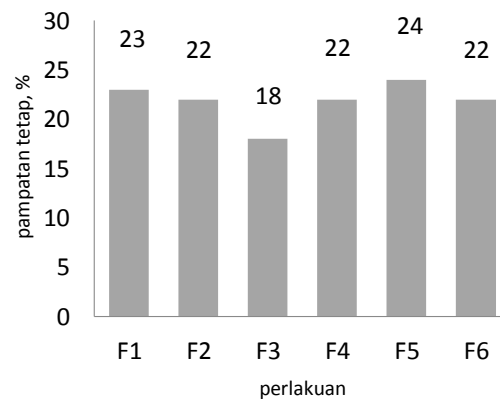
Formula	Hasil Pengamatan
1	Tidak retak
2	Tidak retak
3	Tidak retak
4	Tidak retak
5	Tidak retak
6	Tidak retak

Semua perlakuan pada Tabel 3 menunjukkan tidak ada tanda-tanda mengalami keretakan setelah dilakukan bengkukan sebanyak 150.000 putaran. Hal ini dikarenakan ukuran partikel ACS berpengaruh terhadap daya oksidasi pada kompon karet. ACS sebagai bahan pengisi merupakan faktor yang dapat meningkatkan ketahanan retak lentur kompon karet (Alfa, 2005). Bertambahnya bahan pengisi juga dapat mempengaruhi sifat kompon seperti viskositas dan kekuatan kompon (*Green strength*) akan bertambah, permukaan kompon bertambah baik/ tidak retak tetapi daya lekat kompon akan berkurang (Abednego. 1998)

E. Pampatan Tetap (*Compression Set*), %

Pampatan tetap merupakan salah satu parameter uji elastisitas suatu vulkanisat. Elastisitas adalah

kemampuan suatu bahan untuk kembali ke bentuk semula setelah mengalami pembebanan (Sinurat, 2001). Beban yang digunakan pada pengujian pampatan tetap termasuk beban tetap dalam jangka waktu yang telah ditentukan. *Compression set* yaitu pampatan tetap yang diukur pada suhu 55°C, dari penelitian yang telah dilakukan terhadap 6 formula dengan variasi ukuran arang cangkang sawit dengan metode sol gel. Pada penelitian dimana ukuran partikel berpengaruh tetapi tidak signifikan terhadap pampatan tetap, Hasil uji pampatan tetap terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Pampatan Tetap Kompon Karet

Hasil uji pampatan tetap (%) yang diberikan oleh kompon untuk formula 1 adalah 23%, formula 2 adalah 22%, formula 3 adalah 18%, formula 4 adalah 22%, formula 5 adalah 24% dan formula 6 adalah 22%. Nilai terkecil terdapat pada formula 3 dimana ukuran partikel 80-100 nm dan ACS 20 phr dengan makin kecil nilai pampatan tetap maka produk yang dihasilkan makin elastis.

Sifat elastisitas suatu barang jadi karet ditimbulkan karena adanya ikatan silang antar partikel karet. Ikatan silang ini terjadi karena adanya proses vulkanisasi.

Hasil penelitian pada penambahan ACS 40 phr mempunyai nilai yang sama yaitu 22% hal ini dikarenakan sifat pampatan tetap dipengaruhi oleh besar suhu vulkanisasi dan lamanya vulkanisasi, karena sifat pampatan tetap 50% dipengaruhi oleh kekenyalan.

Kekenyalan dipengaruhi oleh sempurna tidaknya proses vulkanisasi (Aprianita et al, 1985).

KESIMPULAN

Perlakuan yang baik diperoleh pada formula 4 dengan kombinasi perlakuan ukuran partikel nano arang cangkang sawit (ACS) berkisar 80 -100 nm dan bahan pengisi ACS 40 phr, dengan karakteristik kompon karet meliputi, waktu pemasakan Tc10 7 : 05 menit, Tc90 17 : 40 menit, tegangan tarik 17 % , berat jenis 1 g /ml, ketahanan retak lentur diamati secara visual tidak ada keretakan dan compression set 22%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abednego, (1998). *Bahan Kimia Penyusun Kompon*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Alfa, A. A. (2005). *Bahan Kimia untuk Kompon Karet-Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Aprianita, N., dan Sudibyo, A. (1987). *Penelitian dan Pengembangan Pembuatan Sabut Berkaret dari sabut Kelapa*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Hasil Pertanian
- Basseri, A. (2005). *Teori Praktek Barang Jadi Karet*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor.
- Basri, H., Sari, L.N., Triastuti dan Rosalita, Y. (2007). *Komponen Kimia Cangkang Sawit (Elaeis gineensis jacq) dan Pengaruhnya terhadap Sifat Beton Ringan*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 5(1): 22-28.
- Ghosh, P., Katare, S., Patkar, P., Caruthers, J.M., and Venkata subramanian, V. (2003). *Sulfur Vulcanization of Natural Rubber for Benzothiazole Accelerated Formulations from Reaction Mechanisms to A Rational Kinetic Model*. *Rubber Chemistry and Technology*. 76(3) : 592-693.
- Kahar, N. (2003). *Rapat Ikatan Silang pada Karet Alam yang divulkanisir*. *Teknologi Indonesia*. VIII(2).
- Kementerian Pertanian Direktorat Jendral Perkebunan. (2011). *Statistik Perkebunan Kelapa Sawit* Jakarta: Ditjen Perkebunan
- Kurniati. E. (2008). *Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif*. Surabaya: Teknik Kimia Fti – UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Kusnata. T. (1976). *Pengujian Fisika Karet*. Bogor: Balai Penelitian Perkebunan Bogor.
- Maspanger, D.R. (2005). *Sifat Fisik Karet Teknologi Barang Jadi Karet Padat*. Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.
- Nelly, R. (2005). *Pengetahuan Dasar Elastomer*. Makalah Kursus Teknologi Barang Jadi Karet Padat. Bogor: Balai Penelitian Karet.
- Omofuma FE, Adeniyee, SA and Adeleke, AE. (2001). *The Effect of Particle Sizes on the Performance of Filler, A Case Study of Rice Husk and Wood Flour*. *World Appl. Sci. J*. 14(9): 1347 -1352.
- Peng, Y.K. (2007). *The Effect of Carbon Black And Silica Fillers on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Breakers Compounds*. (Thesis). Pulau Pinang: Universiti Science Malaysia
- Purwaningsih, S., Arung, E.T., dan Muladi, S. (2000). *Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Kayu Lapis*. (Laporan Penelitian). Samarinda: Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman.
- Pujiastuti, L. (2007). *Pengaruh Waktu dan Suhu Vulkanisasi pada Pembuatan Kasur dari Serat Sabut Kelapa Berkaret* . (Skripsi). Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sinurat, M., Handoko, B., Arizal, R., Santosa, A.M., dan Suparto, D. (2001). *Peningkatan Mutu Serat Sabut Kelapa Berkaret dengan Memperbaiki Sistem Vulkanisasi*. (Laporan Penelitian). Bogor: Balai Penelitian Teknologi Karet.

- Supratiningsih, A. (2005). Pengaruh RSS/SBR dan Filler CaCO_3 terhadap Sifat Fisis Kompon Karpas Karet. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 21(1): 3.
- Surya, I. (2006). *Buku Ajar Teknologi Karet*. Medan: Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Wicaksono, R., Sutardi dan Herminiwati (2004). Pembuatan Karet Riklim dari Ban Bekas dengan Microwave Ditinjau dari Karakteristik Vulkanisasi Kompon. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 20(2): 23-29.