

# Pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi pada pembuatan sol karet cetak dengan memanfaatkan arang aktif tempurung

Syaiful<sup>\*,1</sup>, M. Daffa Rizqullah<sup>1</sup>, Dede Nugraha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662  
\*Email: syaiful\_ananghasan@yahoo.co.id

## Abstrak

Penelitian ini mempelajari pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi pada pembuatan sol karet cetak dengan memanfaatkan arang aktif tempurung kelapa sebagai bahan pengisi. Rancangan percobaan meliputi variasi temperatur vulkanisasi 100°C, 120°C, 140°C, 160°C dan waktu vulkanisasi 10 menit, 15 menit, 20 menit. Parameter sifat fisika yang diamati menurut SNI 0778:2009 tentang sol karet cetak adalah tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan berat jenis. Sifat fisika yang memberikan hasil terbaik diperoleh pada temperatur vulkanisasi 140°C dan waktu vulkanisasi 20 menit dengan nilai parameter uji tegangan putus sebesar 147,80 kg/cm<sup>2</sup>, perpanjangan putus 667,96%, kekerasan 55 Shore A dan berat jenis 1,15 g/cm<sup>3</sup> dengan semua parameter sifat fisika memenuhi syarat SNI.

**Kata kunci:** Temperatur vulkanisasi, waktu vulkanisasi, tempurung kelapa, sifat fisika sol karet cetak

## Abstract

*This research studied the effect of temperature and time of vulcanization in rubber sole manufacturing by utilizing activated coconut shell carbon as filler. Experimental design include variations in vulcanization temperature 100°C, 120°C, 140°C, 160°C and vulcanization time 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes. According to SNI 0778: 2009 about rubber sole, the physical properties parameters to be observed are tensile strength, elongation at break, hardness and density. The best physical properties result was obtained in the vulcanization temperature of 140°C and vulcanization time of 20 minutes with the following values tensile strength of 147,80 kg/cm<sup>2</sup>, elongation at break of 667,96%, hardness of 55 Shore A and density of 1,15 g/cm<sup>3</sup> with all physical properties parameters met SNI quality standard.*

*Keywords: vulcanization temperature, vulcanization time, coconut shell, physical properties rubber sole*

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil utama karet alam terbesar di dunia yang dapat mengekspor hasil perkebunan yaitu berupa karet alam ke beberapa negara. Karet alam merupakan salah satu hasil perkebunan yang sangat penting perannya dalam perekonomian Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2013, karet alam memberikan kontribusi yang signifikan sebagai sumber devisa negara yaitu sebesar 84% produksi karet alam di negara Indonesia

diekspor dalam bentuk karet mentah. Dalam proses pembuatan barang jadi karet, karet alam harus dibuat menjadi komponen terlebih dahulu (*compounding*). Kompon karet adalah karet alam padat yang ditambah dengan berbagai bahan kimia untuk memberikan sifat barang jadi karet yang diinginkan sehingga dapat meningkatkan harga jual karet dengan tidak menjualnya dalam bentuk mentah, melainkan dalam bentuk produk jadi, salah satunya menjadi sol karet cetak.

Sol karet cetak terbuat dari beberapa bahan, diantaranya adalah kulit, karet dan

plastik. Diantara bahan-bahan tersebut yang paling banyak dipakai adalah karet, yang dibuat menjadi kompon sol karet cetak. Spesifikasi pada pembuatan sol karet cetak dapat terpenuhi jika faktor-faktor yang membentuk sifat-sifat tersebut dapat diidentifikasi. Untuk dapat memenuhi spesifikasi sol karet cetak tersebut, perlu pengembangan riset dan penggunaan teknologi yang sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bahan baku, bahan kimia, parameter proses, formula kompon dan proses manufakturnya.

Salah satu faktor yang berperan dalam memberikan informasi sifat-sifat fisika dari proses pembuatan sol karet cetak adalah pada tahapan vulkanisasi. Vulkanisasi adalah salah satu tahapan proses yang paling penting dalam pembuatan barang jadi karet, dimana pada tahapan ini terjadi reaksi ikatan silang (*crosslinking*) antara molekul karet dengan bahan vulkanisasi belerang. Vulkanisasi sangat dipengaruhi oleh waktu dan temperatur, apabila waktu maupun temperatur yang dipilih tidak sesuai dengan kondisi optimal, maka kualitas dari produk kompon karet yang dihasilkan akan menjadi kurang baik (Nuyah, dkk., 2013).

Pada pembuatan kompon karet terdapat penambahan bahan pengisi *carbon black* yang dapat memberikan hasil positif terhadap sifat fisika kompon karet yang dihasilkan. *Carbon black* adalah jenis bahan pengisi yang sering digunakan dalam pembuatan kompon karet dan diproduksi melalui proses *thermal cracking* hidrokarbon dari minyak bumi. *Carbon black* memiliki harga yang relatif mahal dan sebagian besar masih diimpor, dapat menyebabkan harga produksi barang jadi meningkat, sehingga perlu dikaji potensi pemanfaatan bahan baku yang lebih murah agar dapat menekan biaya produksi. Salah satu cara untuk mengatasi ketergantungan terhadap bahan turunan minyak bumi pada kebutuhan bahan pengisi untuk pembuatan kompon karet adalah bahan pengisi yang berasal dari limbah pertanian, salah satunya yaitu dengan menggunakan arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa yang didapat dari sumber terbarukan dan ramah lingkungan.

Tempurung kelapa memiliki komposisi kimiawi yang tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa, dengan komposisi yang berbeda-beda (Hamid, 2008). Selulosa mempunyai struktur rantai yang mirip dengan hidrokarbon dalam minyak bumi (Herminiwati, dkk., 2003). Rantai yang panjang dalam selulosa ini dimungkinkan dapat dipecah menjadi agregat karbon dan senyawa-senyawa kimia dengan

berat molekul rendah. Arang aktif tempurung kelapa diperoleh dari proses pirolisis tempurung kelapa dan diaktivasi menggunakan bahan kimia. Arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa mengandung gugus aktif hidroksil yang akan berinteraksi dengan molekul yang ada dalam karet (Marlina, dkk., 2014).

Pada proses pembuatan sol karet cetak, kisaran temperatur yang baik pada proses vulkanisasi dengan bahan pencepat adalah 130-150°C. Pada kisaran temperatur tersebut reaksi ikatan silang berjalan dengan baik dan tidak merusak vulkanisat karet yang dihasilkan sedangkan kisaran waktu vulkanisasi yang baik adalah 10-15 menit, pada kisaran temperatur dan waktu vulkanisasi tersebut kompon karet sudah matang dengan nilai torsi yang maksimal (Ghosh, dkk., 2003). Pada penelitian ini dilakukan untuk menentukan temperatur dan waktu proses vulkanisasi yang optimal, sehingga dapat dihasilkan sol karet cetak dengan parameter sifat fisika yang terbaik.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *oven mill*, press hidrolik, neraca analitik, cetakan sol, ember/baskom, gunting, blender, gunting, sarung tangan, ayakan dan peralatan pengujian fisika.

Bahan yang digunakan adalah karet SIR-20, MBTS (*mercapto benzothiazole disulfida*), ZnO (zink oksida), asam stearat, 6 PPD (N-(1,3-Dimethylbutyl)-N'-phenyl-p-henylenediamine, arang tempurung kelapa, *white oil*, TMQ (2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline) dan sulfur. Masing-masing bahan akan dicampur hingga merata dan homogen.

### Metode

Penelitian ini dilakukan melalui 4 tahapan yaitu, persiapan bahan baku, pencampuran (*mixing*), vulkanisasi dan pencetakan sol karet cetak serta pengujian sifat fisika sol karet cetak. Tabel 1 menunjukkan jumlah PHR (*per hundred rubber*) pada formula yang digunakan dalam pembuatan sol karet cetak.

Variabel yang diteliti adalah pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi pada pembuatan sol karet cetak. Perlakuan penelitian meliputi variasi temperatur 100°C, 120°C, 140°C 160°C dan variasi waktu vulkanisasi 10 menit, 15 menit dan 20 menit.

**Tabel 1.** Komposisi Kompon Sol Karet Cetak dalam PHR

Bahan	Formula Kompon (phr)
Karet Alam SIR 20	100
ZnO	5
Asam Stearat	2
MBTS	1,5
TMQ	2
6-PPD	1
ArangAktif	35
Tempurung Kelapa	
White Oil	5
Sulfur	1,5
<b>Total</b>	<b>153</b>

### Tahap Pekerjaan yang Dilakukan

#### 1) Persiapan Bahan

Bahan kimia dari masing-masing formula kompon ditimbang sesuai dengan yang telah ditentukan. Jumlah dari setiap bahan di dalam formula kompon dinyatakan dalam PHR (*per hundred rubber*) dengan memperhatikan faktor konversinya. Tabel 1 menunjukkan komposisi kompon sol karet cetak yang akan dipakai untuk membuat sol karet cetak. Pada penelitian ini total kompon karet yang dibuat yaitu sebanyak 6000 gram, sehingga untuk menghitung komposisi kompon karet dengan satuan gram diperlukan konversi dari PHR ke satuan gram.

#### 2) Pencampuran (*Mixing*)

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

- Mastikasi karet alam selama 1-15 menit dan temperatur 40-70°C, dengan indikasi tidak ada bolongan lagi yang terdapat pada karet alam yang sedang dimastikasi.
- Kemudian ditambahkan ZnO dan giling bersama karet alam hingga ZnO merata.
- Selanjutnya asam stearat ditambahkan lalu digiling hingga merata.
- Dilakukan penambahan MBTS lalu digiling hingga merata.
- Dilakukan penambahan TMQ lalu digiling hingga merata.
- Dilakukan penambahan 6-PPD lalu digiling hingga merata.
- Arang aktif tempurung kelapa ditambahkan sebagai bahan pengisi, lalu digiling hingga merata.
- Kemudian dilakukan penambahan *white oil*, lalu digiling hingga merata.
- Tahap akhir yaitu dilakukan penambahan sulfur, lalu digiling hingga merata.

j. Setelah campuran sudah dianggap homogen, kemudian giling lembaran kompon sebanyak 6 kali sampai mencapai kematangan yang diinginkan. Lembaran kompon dikeluarkan dari *open mill* dan tentukan ukuran ketebalan lembaran kompon karet, kemudian keluarkan dan letakkan di atas plastik transparan lalu diamkan selama 24 jam.

#### 3) Vulkanisasi dan Pencetakan Kompon Sol Karet Cetak

- Siapkan lembaran kompon karet dengan tebal 5 mm, panjang 12 cm, lebar 10 cm atau disesuaikan dengan permukaan cetakan yang akan dilapisi karet.
- Siapkan cetakan, bersihkan, kemudian cetakan diolesi dengan *silicon* emulsi agar karet tidak lengket pada cetakan dan masukkan kompon karet ke dalam cetakan.
- Selanjutnya permukaan cetakan dilapisi lembaran kompon karet yang telah dipersiapkan dan jangan ada udara yang terjebak pada lapisan karet.
- Panaskan alat *press hidrolis*, masukan cetakan yang telah berisi kompon karet dan dilakukan proses vulkanisasi pada variasi temperatur 100°C, 120°C, 140°C, 160°C dan variasi waktu 10 menit, 15 menit, 20 menit.
- Setelah kompon matang, dinginkan dan buka cetakan, selanjutnya sol karet cetak dibersihkan dan dirapikan dengan memotong karet-karet yang berlebih.

Sifat-sifat fisika yang diuji adalah tegangan putus (*tensile strength*), perpanjangan putus (*elongation at break*), kekerasan (*hardness*) dan berat jenis (*density*) yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter sesuai dengan SNI 0778:2009 tentang sol karet cetak.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan sol karet cetak dari karet alam *Standard Indonesian Rubber 20* (SIR 20) yang digunakan sebagai bahan baku dan selanjutnya dibutuhkan berbagai macam bahan kimia antara lain ZnO dan asam stearat sebagai bahan pengaktivasi (*activator*), MBTS sebagai bahan pencepat (*accelerator*), 6-PPD sebagai bahan antioksidan untuk mencegah oksidasi dan kerusakan pada produk karet. TMQ sebagai bahan antiozon, arang aktif tempurung kelapa sebagai bahan pengisi (*filler*), *white oil* sebagai bahan pelunak (*softener*) dan sulfur sebagai vulkanisator yang dapat membentuk ikatan silang (*crosslinking*) antar molekul karet

sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi dan terjadi perubahan sifat kompon karet dari plastis menjadi lebih elastis dan dapat dicetak berdasarkan bentuk yang dibutuhkan.

Untuk memenuhi standar persyaratan mutu tersebut, maka karet alam harus dicampur dengan bahan kimia seperti yang telah dijelaskan diatas untuk meningkatkan sifat fisika dari produk sol karet cetak dengan bahan baku karet alam agar sesuai dengan persyaratan standar mutu SNI 0778:2009.

**Tabel 2.** Spesifikasi Sol Karet Cetak Berdasarkan SNI 0778:2009

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
<b>FISIKA</b>		
Kekerasan	Shore	55-80
Tegangan Putus	A	Min 50
Perpanjangan Putus	Kg/cm <sup>2</sup>	Min 150
Ketahanan Retak	%	Tidak retak
Lentur	-	Min 35
Ketahanan Sobek	Kg/cm <sup>2</sup>	Maks 1.4
Bobot Jenis	g/cm <sup>3</sup>	Mak 350
Ketahanan Kikis	mm <sup>3</sup>	
<b>DIN</b>		
<b>ORGANOLEPTIS</b>		
Keadaan dan penampakan sol karet cetak	-	Tidak cacat dan atau rusak yang berupa sobek, lubang, lepuh, retak, goresan, dan warna

Tabel 2 merupakan spesifikasi sol karet cetak berdasarkan SNI 0778:2009 yang digunakan sebagai acuan standar mutu yang baik terhadap produk dari sol karet cetak.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Tegangan Putus dan Perpanjangan Putus

Temperatur Vulkanisasi	Waktu Vulkanisasi (menit)	Tegangan Putus (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan Putus (%)
100 °C	10	56,84	360,20
	15	58,64	407,40
	20	68,59	412,08
120 °C	10	75,33	447,02
	15	83,36	461,18
	20	96,45	496,32
140 °C	10	123,56	539,68
	15	127,99	620,42
	20	147,80	667,96
160 °C	10	43,43	225,68
	15	32,71	215,28
	20	24,19	144,26

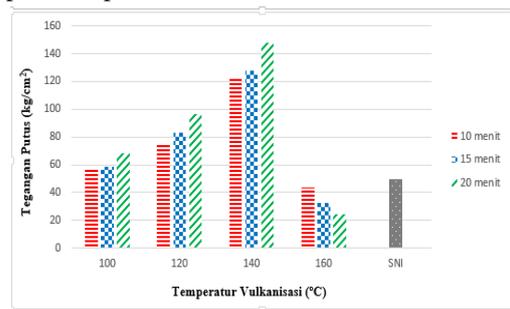
Dalam penelitian ini dilakukan 4 jenis pengujian sol karet cetak yaitu tegangan putus (*tensile strength*, kg/cm<sup>2</sup>), perpanjangan putus (*elongation at break*, %), kekerasan (*hardness*, Shore A) dan berat jenis (*density*, g/cm<sup>3</sup>). Hasil pengujian terhadap sifat fisika sol karet cetak ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Kekerasan dan Berat Jenis

Temperatur Vulkanisasi	Waktu Vulkanisasi (menit)	Kekerasan (Shore A)	Berat Jenis (g/cm <sup>3</sup> )
100 °C	10	41,8	0,9298
	15	42,4	0,9301
	20	42,8	0,9411
120 °C	10	47,4	0,9635
	15	48	0,9734
	20	48,8	0,9855
140 °C	10	52,4	0,9869
	15	53	1,1081
	20	55	1,1539
160 °C	10	41,3	0,9234
	15	40,8	0,9211
	20	24,6	0,8948

### Tegangan Putus

Tegangan putus adalah besarnya beban yang diperlukan untuk meregangkan potongan uji sampai putus yang dinyatakan dengan gaya per satuan luas penampang potongan uji sebelum diregangkan. Berdasarkan Gambar 1. yang merupakan hasil pengujian nilai tegangan putus terhadap sol karet cetak yang cenderung mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya nilai temperatur dan waktu vulkanisasi, kemudian mengalami penurunan pada temperatur 160°C.



**Gambar 1.** Grafik Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Vulkanisasi Terhadap Tegangan Putus Sol Karet Cetak

Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi terhadap nilai tegangan putus sol karet cetak yang terbaik adalah sebesar 147,80 kg/cm<sup>2</sup> dengan temperatur vulkanisasi 140°C dan waktu vulkanisasi 20 menit. Hal ini dapat disebabkan, karena pada temperatur 140°C reaksi antara

kompon karet dengan bahan-bahan kimia tambahan sudah berlangsung dengan sempurna yang menyebabkan reaksi ikatan silang (*crosslinking*) molekul karet telah mencapai kondisi yang optimum.

Nilai tegangan putus yang terendah yaitu sebesar 24,19 kg/cm<sup>2</sup> pada temperatur vulkanisasi 160°C dengan waktu selama 20 menit. Untuk proses vulkanisasi dengan temperatur 160°C, nilai tegangan putus mengalami penurunan yang tajam pada saat proses vulkanisasi dilakukan pada waktu 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Hal ini disebabkan oleh temperatur yang terlalu tinggi dan waktu yang terlalu lama yang dapat menyebabkan kompon karet mengalami *scorching* atau terlalu matang, sehingga dapat menurunkan nilai tegangan putus dan mempengaruhi kualitas dari produk sol karet cetak. Apabila temperatur dan waktu pemanasan yang diberikan melebihi kondisi yang optimum, maka akan dapat menyebabkan pemutusan ikatan silang pada kompon karet sehingga dapat mengurangi nilai sifat fisika karet.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nilai parameter tegangan putus untuk sol karet cetak adalah minimum 50 kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil pengujian parameter tegangan putus, diperoleh data yang menunjukkan bahwa pada kondisi temperatur 100°C, 120 °C, 140°C dengan berbagai variasi waktu vulkanisasi dapat memenuhi syarat SNI, sedangkan nilai tegangan putus pada temperatur 160°C tidak dapat memenuhi persyaratan SNI sol karet cetak.

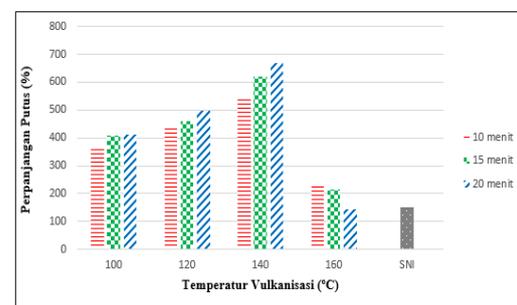
### Perpanjangan Putus

Perpanjangan putus merupakan penambahan panjang suatu potongan uji yang diregangkan sampai putus, dinyatakan dengan satuan persen (%) dari panjang potongan uji sebelum diregangkan. Pengujian perpanjangan putus bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat tegangan dan regangan dari sol karet cetak melalui kekuatan dan pertambahan panjang sol karet cetak ketika mengalami penarikan sampai perpanjangan tertentu dan sampai putus.

Nilai perpanjangan putus berbanding lurus dengan nilai tegangan putus, semakin tinggi nilai dari tegangan putus berarti energi yang digunakan untuk memutuskan vulkanisat karet semakin besar, maka ikatan silang yang terbentuk akan semakin banyak. Adanya ikatan silang yang lebih banyak menyebabkan elastisitas vulkanisat menjadi lebih baik, sehingga kemampuan vulkanisat untuk

memanjang semakin baik dan nilai perpanjangan putus semakin tinggi.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui nilai perpanjangan putus mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya temperatur dari 100°C sampai 140°C. Diperoleh nilai perpanjangan putus sol karet cetak yang terbesar adalah 667,96% yang berada pada kondisi optimum 140°C dengan waktu vulkanisasi selama 20 menit. Hal tersebut dapat disebabkan oleh jumlah molekul yang melakukan reaksi naik seiring dengan kenaikan suhu dan dengan sendirinya akan menambah kecepatan reaksinya (Nur, 2004).



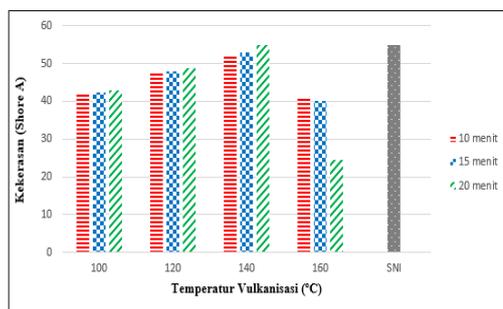
**Gambar 2.** Grafik Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Vulkanisasi Terhadap Perpanjangan Putus Sol Karet Cetak

Nilai perpanjangan putus terendah adalah 144,26% yang berada pada kondisi 160°C dengan waktu vulkanisasi selama 20 menit. Pada kondisi temperatur 160°C dengan seiring meningkatnya waktu vulkanisasi menyebabkan kompon karet menjadi lewat matang dan menjadi rusak, hal ini ditandai dengan menurunnya nilai parameter sifat fisika seperti tegangan putus dan perpanjangan putus.

Interaksi antara temperatur dan waktu vulkanisasi kompon karet terhadap parameter uji perpanjangan putus memberikan pengaruh yang sangat nyata. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nilai parameter pengujian perpanjangan putus untuk sol karet cetak adalah minimal 150%. Dengan demikian nilai perpanjangan putus sol karet cetak pada kondisi temperatur 160°C dengan waktu vulkanisasi selama 20 menit tidak dapat memenuhi persyaratan SNI, karena memiliki nilai perpanjangan putus di bawah 150%.

## Kekerasan

Kekerasan dari suatu vulkanisat karet dapat diartikan sebagai tekanan balik dari vulkanisat karet pada saat vulkanisat karet tersebut diberikan tekanan. Pengujian kekerasan (*hardness*) dilakukan untuk mengetahui besarnya kekerasan vulkanisat karet yang dilakukan dengan kekuatan penekanan tertentu. Prinsip dari pengukuran kekerasan dengan alat Shore A adalah pengukuran penetrasi dari jumlah dengan beban tetap terhadap vulkanisat karet pada kondisi tertentu.



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Vulkanisasi Terhadap Kekerasan Sol Karet Cetak

Pada Gambar 3 merupakan grafik pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi terhadap kekerasan sol karet cetak, dari grafik tersebut menunjukkan hasil pengujian kekerasan pada produk sol karet cetak yang cenderung mengalami peningkatan saat proses vulkanisasi berlangsung pada temperatur 100°C, 120°C, 140°C dengan waktu 10 menit, 15 menit, 20 menit. Hal ini terjadi karena dengan semakin tinggi temperatur vulkanisasi maka ikatan yang terbentuk antara molekul bahan pengisi dengan molekul karet akan semakin banyak, serta semakin lama waktu vulkanisasi maka jumlah bahan pengisi yang bereaksi dengan partikel karet akan semakin banyak sehingga kekerasan pada sol karet cetak meningkat.

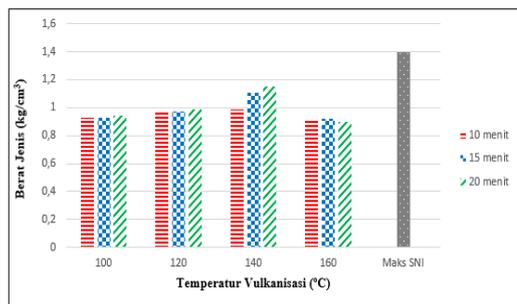
Pada temperatur 160°C, nilai kekerasan mengalami penurunan saat proses vulkanisasi dilakukan pada waktu 10 sampai 20 menit, hal ini dikarenakan terjadinya penurunan kerapatan ikatan silang yang dapat menurunkan kekerasan vulkanisat karet, kekerasan juga dipengaruhi oleh ikatan silang dan struktur ikatan silang yang terdapat pada vulkanisat karet. Nilai parameter kekerasan akan meningkat dengan meningkatnya kerapatan ikatan silang. Sebaliknya akan menurun jika kerapatan ikatan silang menurun (Juleha, 1992).

Pada temperatur vulkanisasi 140°C memberikan nilai kekerasan paling besar yang menandakan ikatan silang yang terbentuk lebih banyak sehingga nilai parameter kekerasan lebih tinggi. Namun ketika telah melewati waktu matang optimum, maka akan dapat menurunkan nilai kekerasan pada sol karet cetak. Nilai kekerasan tertinggi dicapai pada kondisi temperatur 140°C dengan waktu 20 menit yaitu sebesar 55 Shore A, sedangkan nilai terendah pada kondisi 160°C dengan waktu 20 menit yaitu sebesar 24,9 Shore A. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang sol karet cetak, parameter kekerasan memiliki kisaran nilai antara 55-80 Shore A. Dengan demikian, pada kondisi 140°C dengan waktu 20 menit merupakan kondisi optimal yang dapat memberikan nilai parameter uji kekerasan yang telah memenuhi persyaratan SNI.

## Berat Jenis

Penentuan berat jenis (*density*) dilakukan untuk mengetahui mutu dari kompon karet dan perhitungan jumlah karet yang dibutuhkan untuk volume tertentu. Dari Gambar 4 tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan temperatur vulkanisasi dan waktu vulkanisasi pada pembuatan sol karet cetak, dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai berat jenis yang dihasilkan.

Nilai berat jenis untuk sol karet cetak yang terbesar adalah 1,1539 gr/cm<sup>3</sup> yang berada pada kondisi temperatur 140°C dengan waktu selama 20 menit. Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan berat jenis seiring naiknya temperatur dari 100°C sampai 140°C kemudian mengalami penurunan pada temperatur 160°C. Peningkatan berat jenis dapat disebabkan karena semakin banyak molekul yang terikat pada polimer karet menjadikan vulkanisat karet semakin padat sehingga berat jenis dari vulkanisat karet menjadi besar (Supraptiningsih, 2005). Hasil pengujian berat jenis sol karet cetak menunjukkan bahwa nilai berat jenis pada kondisi temperatur 160°C dengan waktu 10 menit, 15 menit, 20 menit mengalami penurunan, hal ini dapat disebabkan karena temperatur vulkanisasi telah melewati kondisi optimumnya. Dengan temperatur vulkanisasi yang terlalu tinggi dapat menghasilkan ikatan silang (*crosslinking*) yang tidak stabil sehingga akan menyebabkan nilai dari sifat fisika sol karet cetak menjadi menurun.



**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Vulkanisasi Terhadap Berat Jenis Sol Karet Cetak

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang sol karet cetak, nilai parameter berat jenis memiliki nilai maksimal  $1,4 \text{ kg/cm}^3$ . Berdasarkan data hasil pengujian berat jenis yang menunjukkan bahwa seluruh sampel pengujian memenuhi persyaratan nilai SNI sol karet cetak, dengan nilai berat jenis terbesar berada pada kondisi  $140^\circ\text{C}$  dengan waktu vulkanisasi selama 20 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sol karet cetak pada kondisi tersebut memiliki tekstur yang lebih padat dibandingkan dengan sampel yang lain.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa penelitian tentang pengaruh temperatur dan waktu vulkanisasi terhadap sifat fisika sol karet cetak dengan bahan pengisi arang aktif tempurung kelapa diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Temperatur vulkanisasi yang optimal pada penelitian ini adalah  $140^\circ\text{C}$ , yang dapat menghasilkan nilai tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan berat jenis yang terbaik pada pembuatan sol karet cetak.
2. Waktu vulkanisasi yang paling baik pada penelitian ini yaitu selama 20 menit dengan temperatur vulkanisasi berkisar  $100^\circ\text{C}$ - $140^\circ\text{C}$ , yang dapat menghasilkan nilai tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan berat jenis yang terbaik pada pembuatan sol karet cetak.
3. Vulkanisasi pada temperatur  $160^\circ\text{C}$  dapat menurunkan nilai tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan berat jenis pada pembuatan sol karet cetak. Hal ini disebabkan, karena kompon karet telah mengalami *scorching* atau terlalu matang.

4. Nilai tegangan putus, perpanjangan putus, kekerasan dan berat jenis yang sesuai dengan persyaratan SNI sol karet cetak terdapat pada temperatur vulkanisasi  $140^\circ\text{C}$  dengan waktu vulkanisasi selama 20 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistika. 2013. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri*. (Online). [https://www.bps.go.id/all\\_newtemplat\\_e.php](https://www.bps.go.id/all_newtemplat_e.php). Diakses pada tanggal 20 Desember 2017.
- Ghosh, P., Katare, S., Patkar, P., Caruthers, M. J., dan Venkatasubramanian, V. 2003. *Sulfur Vulcanization of Natural Rubber for Benzothiazole Accelerated Formulations: from Reaction Mechanisms to A Rational Kinetic Model*. Rubber Chemistry and Technology, Vol. 76, No. 3, Hal 592-693.
- Hamid, Z. 2008. *Pengaruh Modifikasi Kimia Terhadap Sifat-Sifat Komposit Polietilena Densitas Rendah (LDPE) Terisi Tempurung Kelapa*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Juleha, S. E. 1992. *Analisis Tingkat Swelling Vulkanisat Karet Alam Dengan Berbagai Sistem Vulkanisasi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Marlina, P., Pratama, F., Hamzah, B., dan Pambayun, R. 2014. *Pengaruh Suhu dan Lama Waktu Penyimpanan Terhadap Karakteristik Kompon Karet Dengan Bahan Pengisi Arang Tempurung Kelapa dan Nano Silika Sekam Padi*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri, Vol. 25, No. 1, Hal 43-51.
- Nur, A., Zaenal, A. M., Suminar, S. A., dan Purwatiningsih. 2004. *Kimia Dasar 2*. Bogor: Departemen Kimia FMIPA IPB.
- Nuyah dan Rahmaniar. 2013. *Pembuatan Kompon Karet Dengan Bahan Pengisi Arang Cangkang Sawit*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri, Vol. 24, No. 2, Hal 114-121.
- Supraptiningsih, A. 2005. *Pengaruh RSS/SBR dan Filler  $\text{CaCO}_3$  Terhadap Sifat Fisis Kompon Karpel Karet*. Majalah Kulit, Karet dan Plastik, Vol. 21, No. 1, Hal 34-40.