

GRAFTING MONOMER STIRENA PADA KARET ALAM LATEKS DENGAN VARIASI RASIO KOPOLIMERISASI DAN TEMPERATUR

GRAFTING STYRENE MONOMER TO LATEKS NATURAL RUBBER WITH VARIATION OF COPOLYMERIZATION RATIO AND TEMPERATURE

Prahady Susmanto*¹, Tuti Indah Sari¹, Muhammad Hatta Dahlan¹, Indah Statiska², dan Sila Amelia Ayu Syifa²

¹Dosen Program Sarjana Teknik Kimia Universitas Sriwijaya

²Mahasiswa Program Sarjana Teknik Kimia Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Indralaya-Prabumulih KM. 32 Indralaya Ogan Ilir (OI), Indonesia 30662

*main contributor and corresponding author

Correspondence: 0811716710, prahady.susmanto@ft.unsri.ac.id

Diterima: 20 Mei 2021 ; Direvisi: 28 Mei 2021 – 26 Juni 2021; Disetujui: 27 Juni 2021

Abstrak

Proses kopolimerisasi cangkok emulsi pada penelitian ini dilakukan untuk optimalisasi penggunaan karet alam lateks dan meningkatkan sifat karet alam lateks sebagai bahan intermediet dalam berbagai aplikasi produk karet. Optimalisasi proses dilakukan dengan memvariasikan rasio kopolimerisasi antara karet alam lateks dengan monomer (60:40, 70:30, dan 80:20) dan temperatur reaksi (60°C, 70°C, 80°C, dan 90°C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi cangkok monomer stirena tertinggi pada rasio kopolimerisasi KA:ST sebesar 70:30 saat temperatur 60°C sebesar 87,9893%, dibuktikan dengan analisa berat molekul menggunakan viskometer Ostwald sebesar 800.295,9067 g/mol. Pengujian FTIR juga menunjukkan adanya gugus benzena pada daerah panjang gelombang sekitar 696,77 cm⁻¹ untuk vibrasi tekuk ikatan CH, 1494,12 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur ikatan C=C dan 1630,56 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur cincin benzena pada molekul stirena yang mengidentifikasi adanya cabang monomer stirena pada *backbone* karet alam lateks. Struktur permukaan sampel dengan pengujian SEM-EDX terlihat lebih halus dan tidak bergelombang dibandingkan sampel karet alam lateks tanpa perlakuan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan karet alam lateks setelah diberi perlakuan dapat digunakan sebagai bahan intermediet dalam berbagai produk karet, namun perlu divalidasi *Standard Indonesian Rubber* (SRI).

Kata Kunci: Karet alam, kopolimerisasi, stirena, temperatur.

Abstract

Emulsion graft copolymerization process in this study was carried out to optimize the use of latex natural rubber and improve the properties of latex natural rubber as an intermediate material in various rubber product applications. The optimization process was carried out by varying the copolymerization ratio between latex natural rubber and monomers (60:40, 70:30, and 80:20) and reaction temperatures (60°C, 70°C, 80°C, and 90°C). The results showed that the efficiency of styrene monomer graft was highest at the copolymerization ratio KA: ST of 70:30 when the temperature was 60°C of 87,9893%, as evidenced by the molecular weight analysis using the Ostwald viscometer which had a value of 800.295,9067 g/mol. FTIR testing showed benzene groups in the wavelength region of about 696.77 for the bending vibration of the CH bond, 1494.12 for the C=C bond stretching vibration and 1630.56 cm⁻¹ for the benzene ring stretching vibration on the styrene molecule which identified of styrene branches. The surface structure of the samples by SEM-EDX testing looked smoother and less wavy than untreated natural rubber latex samples. These results indicate that the use of natural rubber latex after being treated can be used as an intermediate in various rubber products, but it needs to be validated by the Standard Indonesian Rubber (SRI).

Keywords: natural rubber, copolymerization, styrene, temperature.

PENDAHULUAN

Teknologi karet muncul sejak ditemukan produk dari lateks alam yang dikenal sebagai karet alam (Setyamidjaja, 1993). Hasil perkebunan karet alam yang diproduksi di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 27.878 ton dibidang impor ekonomi dan perdagangan (Badan Pusat Statistik, 2019). Kelebihan yang dimiliki oleh karet alam berupa sifat elastis dan *physical strength* yang tinggi, namun mudah robek dan tidak tahan panas (Dung, Nhan, Thuong, Nghia, Yamamoto, Kosugi, Kawahara, dan Thuy, 2017). Modifikasi kimia dan fisika karet alam diperlukan untuk memperbaiki sifat alaminya menjadi produk komersial seperti elastomer termoplastik.

Elastomer Termoplastik (ETP) disebut sebagai polimer yang memiliki sifat elastis dan termoplastis melalui proses yang sederhana, bahan ini mudah dicetak menjadi barang jadi dan daur ulang, sehingga tidak merusak lingkungan dalam jangka panjang (Sondari, Haryono, Ghozali, Randy, Suhardjo, Basuki, dan Surasno, 2010). Karet alam merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku ETP yang diolah dengan cara konvensional, teknik radiasi, atau teknik emulsi, menghasilkan produk berupa karet alam termoplastik *Thermoplastic Natural Rubber* (TPNR) (Suhardjo, Basuki, Surasno, Randy, dan Sondari, 2011). Menurut Puspitasari, Budianto, dan Maspanger (2016) bahwa TPNR adalah salah satu bentuk modifikasi karet alam yang banyak dikembangkan karena turut memegang peranan penting dalam menggerakkan industri hilir karet. Seperti pembuatan selang gas LPG, komponen otomotif, maupun peralatan medis di rumah sakit. Material plastis ini memiliki keunggulan mudah diproses, terutama pada suhu tinggi, di atas 150°C (Sangwichien, Sumanatrakool, dan Patarapaiboolchai, 2008; Shank dan Kong, 2012).

Proses pembuatan elastomer termoplastik dengan cara polimerisasi cangkok emulsi antara karet alam lateks dengan monomer vinil telah dilakukan Puspitasari, Budianto, dan Maspanger

(2016). Monomer vinil yang digunakan berupa stirena dan metil metakrilat dengan variasi rasio kopolimerisasi yang mempengaruhi efisiensi cangkok. Hasil penelitian tersebut menyatakan rasio sebesar 70:30 dinilai optimum karena mampu menghasilkan TPNR yang memiliki kombinasi sifat berimbang. Efisiensi cangkok yang tinggi juga dapat diperoleh dengan menggunakan karet alam yang terdeproteinisasi atau biasa disebut DPNR (*Deproteinized Natural Rubber*). Lapisan protein yang melindungi partikel karet alam telah dieliminasi sehingga tidak menghalangi monomer stirena untuk kontak langsung dengan karet alam (Puspitasari, Budianto, dan Maspanger, 2016). Nakason, Pechurai, Sakaharo, dan Kaesaman (2003) juga mengatakan bahwa deproteinisasi dapat menyebabkan radikal bebas menjadi aktif sehingga reaksi kopolimerisasi cangkok dapat berjalan. Protein yang terkandung pada karet alam berfungsi sebagai *radical scavenger*, yaitu dapat menurunkan reaktivitas radikal bebas yang dibentuk oleh inisiator untuk mengikat monomer pada propagasi (Nakason, Pechurai, Sakaharo, dan Kaesaman 2003).

Penggunaan stirena sebagai komonomer dalam modifikasi karet alam dapat meningkatkan efisiensi cangkok yang lebih tinggi dibandingkan monomer vinil lainnya (Angnanon, Prasassarakich, dan Hinchiranan, 2011). Keuntungan utama dari monomer stirena adalah sifat *transparency* dan dielektrik yang baik, serta memiliki kekentalan yang tinggi (Prisilia, Nugraha, Ali, Citradi, Rengga dan Sari, 2019). Kopolimerisasi stirena dengan depoteinasi karet alam lateks lebih efisien dari pada karet alam lateks *high ammonia*, karena mencapai konversi hingga 97% dengan tingkat ikatan kimia polistirena sekitar 80% tanpa penambahan zat surfaktan (Tho, Kadir, dan Hashim, 2012).

Temperatur reaksi memberikan efek yang kuat pada produk karet alam yang dicangkokkan karena mempengaruhi rasio reaktivitas dari monomer stirena dan metil metakrilat dalam fase berair (Susmanto, Octaviani, dan Wahyuni,

2019). Menurut Kreua-ongarjnucool, Pittayavinai, dan Tuampoemsab, (2012), Energi aktivasi dari reaksi transfer lebih besar daripada reaksi propagasi, karena peningkatan suhu akan mengakibatkan dekomposisi inisiator, meningkatkan jumlah radikal bebas serta laju kopolimerisasi dan *grafting*. Konversi monomer, efisiensi *grafting*, dan rasio *graft* akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu (Charmondusit Kiatkamjornwong, dan Prasassarakich, 1998).

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh rasio karet alam lateks dengan monomer stirena dan temperatur terhadap karakteristik fisik karet alam termoplastik melalui reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi secara *batch*. Kopolimerisasi emulsi menggunakan emulsifier berupa sodium dodesil sulfat ($\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$) dan inisiator kalium persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) untuk pembentukan radikal bebas. Tujuan dari penelitian ini untuk optimalisasi penggunaan karet alam lateks dan sebagai produk bahan intermediet yang dapat meningkatkan sifat lateks karet alam untuk berbagai aplikasi produk karet.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan berupa *high ammonia natural rubber* (HANR) dengan kadar karet kering (KKK) 60% diperoleh dari PT. Bumi Rambang, Sumatera Selatan, Indonesia. Monomer stirena didapatkan dari PT. Stirena Monomer Indonesia, Cilegon, Banten. KPS (Kalium persulfat) Merck, SDS (*Sodium Dodesil Sulfat*) teknis, aseton teknis, metil etil keton (MEK) teknis, p-xilen teknis, dan urea diperoleh dari Phydumia, Malang. Serta *aquadest*, dan gas nitrogen.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batang pengaduk, *beaker glass*, buret, cawan petri, distributor gas N_2 , gelas ukur, *hot plate*, *magnetic stirrer*, mesin *crepe Mangle*, neraca analitis Kern, pipet tetes, labu leher tiga, spatula, *soxhlet apparatus*,

termometer, pompa, kondensor, labu didih 500 mL, kertas saring, dan *heating mantle*.

Metode

A. Proses Deproteinasi

Proses deproteinasi dilakukan untuk membuat *Deproteinased Natural Rubber* (DPNR) dengan mencampurkan 200 g HANR dengan 0,1% urea terhadap bobot lateks tersebut dengan konsentrasi 50%, selanjutnya diinkubasi suhu 30°C selama 90 menit. Kemudian ditambahkan larutan SDS 1% dari bobot lateks, dilanjutkan pengenceran lateks pekat dengan *aquadest* hingga kadar karet keringnya menjadi 30%.

B. Proses Kopolimerisasi

Proses kopolimerisasi diawali dengan persiapan rangkaian alat dengan susunan labu leher 3, buret sebagai pentiter monomer dan inisiator, *magnetic stirrer*, dan *hot plate*. DPNR dan SDS sebanyak 5% dimasukkan ke dalam labu leher tiga sambil diaduk. Gas N_2 dialirkan ke dalam labu leher tiga selama 15 menit pada temperatur kamar, karena dianggap telah meminimalisir oksigen di dalam reaktor. Stirena dimasukkan ke dalam labu leher tiga dengan rasio Karet Alam:Stirena (KA:ST) sebesar 60:40, 70:30, 80:20. Ketika variasi suhu reaksi mencapai 60, 70, 80, 90°C , inisiator (Kalium Persulfat) ditambahkan sebanyak 2% dari bobot total pada campuran di reaktor dan reaksi dilangsungkan dengan waktu selama 6,5 jam. Setelah waktu kopolimerisasi telah mencapai 6,5 jam, produk dikeluarkan dari reaktor dan digumpalkan dengan aseton, lalu dibuat menjadi lembaran dengan mesin *crepe* dan dikeringkan. Kemudian lembaran ditimbang dan diambil cuplikannya diekstraksi menggunakan MEK dengan *soxhlet apparatus*, lalu dioven pada suhu 50°C dan ditimbang.

C. Proses Ekastraksi

Proses ekstraksi dilakukan untuk meninjau persentase monomer stirena tercangkok pada karet alam lateks, dimulai dengan menyiapkan rangkaian alat ekstraksi, berupa labu didih sebagai tempat pelarut MEK, kondensor, pompa air, dan *heating mantle*. Produk hasil kopolimerisasi yang telah dikeringkan ditimbang sebanyak 5 gram, lalu diiris halus kemudian dibungkus menggunakan kertas saring. Masukkan ke dalam tempat sampel ekstraktor soxhlet, labu didih diisi dengan 200 mL MEK sebagai pelarut. Setelah pendingin dialirkan, proses ekstraksi dilakukan dengan pemanasan labu didih menggunakan *heating mantle*, dilanjutkan ekstraksi berulang hingga waktu 14 jam. Sampel hasil ekstraksi dioven pada suhu 50oC dan ditimbang kembali.

D. Pengujian Sampel

Berat molekul rata-rata hasil kopolimer dianalisa menggunakan metode viskositas intrinsik dengan pengaruh viskositas terhadap waktu alir pelarut dan larutan polimer (Bird, 1993). Viskositas larutan diukur pada konsentrasi 0,5 g/100 mL dan 0,25 g/100mL pelarut, dengan cara menetapkan waktu alir dari sejumlah volume larutan melalui kapiler yang memiliki panjang tetap pada batas tertentu. Viskositas ditetapkan pada suhu kamar konstan saat mengalirkan larutan hasil kopolimerisasi dengan p-xilen.

Produk yang dihasilkan dari proses kopolimerisasi cangkok emulsi diidentifikasi melalui pengamatan visualisasi fisik sebagai indikator awal adanya monomer stirena yang tercangkok, seperti warna, tekstur, dan bentuk permukaan dari lembaran produk. Keberhasilan proses kopolimerisasi juga ditinjau dengan indikator analisa berat molekul menggunakan prinsip viskometer Ostwald, FTIR, dan SEM-EDX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan yang ditinjau dari struktur permukaan sampel hasil kopolimerisasi secara visualisasi dapat dilihat pada Tabel 1. Karet alam lateks memiliki penampilan fisik yang berwarna putih kekuningan, permukaan halus, kental, dan sedikit lunak.

Tabel 1. Perbandingan struktur permukaan sampel secara visualisasi

Sampel Karet Alam Lateks		Struktur Permukaan Secara Visualisasi
Rasio (KA:ST)	Temperatur (°C)	
60:40	60	Kenyal dan Sangat Lentur
	70	Sedikit Keras dan Kaku
	80	Keras dan Sedikit rapuh
	90	Sedikit Keras dan Kenyal
70:30	60	Kenyal dan Lentur
	70	Sedikit Kenyal dan Lentur
	80	Sedikit Keras dan Lentur
80:20	90	Rapuh dan Kaku
	60	Sedikit Kenyal dan Kaku
	70	Kenyal dan Sedikit Lentur
	80	Rapuh dan Sedikit Kaku
	90	Rapuh dan Kaku

Berdasarkan Tabel 1. bahwa temperatur reaksi yang semakin tinggi mengakibatkan produk yang dihasilkan cenderung menjadi rapuh dan kaku. Temperatur tinggi dapat mengakibatkan rantai molekul mengalami dekomposisi, sehingga produk hasil kopolimerisasi memiliki tekstur yang rapuh. Penambahan stirena mempengaruhi struktur dan bentuk karet alam lateks sebelumnya menjadi tekstur yang lebih keras. Monomer stirena memiliki wujud cairan transparan tak berwarna yang menjadi penyebab hasil kopolimerisasi berubah tekstur (Susmanto, Octaviani, dan Wahyuni, 2019).

Pengaruh Rasio Kopolimerisasi terhadap Hasil Cangkok Emulsi

Penambahan monomer stirena pada proses kopolimerisasi cangkok karet alam lateks sangat mempengaruhi visualisasi fisik dari produk yang dihasilkan. Peningkatan komposisi stirena dalam proses kopolimerisasi mengakibatkan struktur permukaan produk menjadi lebih kaku dan keras karena sifat *transparency* stirena.

Keberadaan monomer stirena yang *tercangkok* pada rantai molekul DPNR mengakibatkan struktur molekul kopolimer yang dihasilkan membentuk jaringan semi kristalin, sebagian bersifat kristalin dan sebagian lain bersifat *amorf* (Syafiq, Ihsan, Prisilia, Nugraha, dan Sari, 2019). Rantai kristalin dengan susunan yang teratur membawa sifat kaku dan keras, sedangkan sifat rapuh dibawa oleh rantai *amorf* yang terbentuk. Kopolimerisasi cangkok memiliki struktur rantai molekul yang rapat dan kaku yang disebabkan juga oleh peningkatan interaksi antarmolekul dan polaritas diantara molekul karet alam lateks dan monomer stirena (Puspitasari, Arifianto, dan Kurniati, 2016).

Komposisi monomer stirena yang rendah menghasilkan struktur permukaan yang lunak seperti produk pada rasio 80:20 dengan temperatur 60°C dan 70°C, karena sifat kelenturan karet alam lateks masih mendominasi. Sedangkan, penambahan monomer stirena pada rasio 60:40 menghasilkan struktur permukaan yang cenderung lebih kaku dan keras karena sifat fisik dan kimia dari monomer stirena.

Proses ekstraksi pada hasil kopolimerisasi dilakukan untuk mengetahui persentase monomer stirena yang *tergrafting* pada rantai utama karet alam lateks dengan menggunakan Metil Etil Keton (MEK). Penggunaan senyawa MEK dalam proses ekstraksi karena mampu melarutkan homopolimer stirena atau polistirena yang tidak *tergrafting* selama 14 jam pada suhu 80°C (Susmanto, Octaviani, dan Wahyuni, 2019).

Variasi rasio kopolimerisasi ST:KA dilakukan untuk meninjau pengaruh rasio atau konsentrasi monomer stirena

yang ditambahkan terhadap persen polistirena yang *tergrafting* pada *backbone* karet alam. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan dari persentase cangkok monomer stirena pada masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 2. untuk melihat perbandingan efisiensi cangkok stirena pada karet alam lateks.

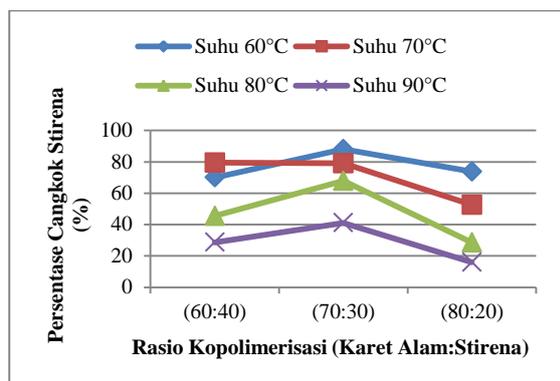
Tabel 2. Perbandingan persentase cangkok monomer stirena

Sampel Karet Alam Lateks	Effisiensi Cangkok Stirena (%)		
	Rasio (KA:ST)	Temperatur (°C)	
60:40		60	69,99
		70	79,46
		80	45,44
		90	28,69
70:30		60	87,98
		70	79,03
		80	67,84
		90	41,04
80:20		60	73,72
		70	52,54
		80	28,52
		90	15,93

Variasi rasio kopolimerisasi terhadap persentase cangkok monomer stirena pada setiap temperatur memiliki kecenderungan bentuk grafik yang sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Persentase cangkok monomer stirena tertinggi dicapai pada rasio KA:ST (70:30), karena penambahan monomer stirena yang berlebih dapat meningkatkan proses homopolimerisasi pada stirena. Monomer stirena memiliki sifat reaktivitas yang tinggi, sehingga sebagian besar stirena akan membentuk polistirena yang menurunkan persentase cangkok stirena (Puspitasari, Budianto, dan Maspanger, 2016).

Faktor lain juga dapat disebabkan oleh adanya kandungan protein sebesar 2,2% yang masih terikat pada karet alam lateks yang menghambat inisiator untuk berinteraksi. Puspitasari, Budianto, dan Maspanger, 2016 juga menjelaskan bahwa keberadaan lapisan protein pada partikel karet alam lateks dapat menyebabkan stirena tidak langsung berinteraksi dengan molekul karet alam, sehingga dapat menghambat kerja

radikal bebas saat proses kopolimerisasi berlangsung.



Gambar 1. Grafik hasil perhitungan rasio kopolimerisasi terhadap persentase cangkok stirena pada setiap temperatur.

Berdasarkan Tabel 2. bahwa persentase cangkok monomer stirena pada temperatur konstan 60°C masing-masing sebesar 70%; 88%; dan 74%. Dari ke tiga sampel tersebut menunjukkan rasio kopolimerisasi dapat mempengaruhi nilai dari persentase cangkok monomer stirena. Cangkok monomer stirena akan meningkat seiring peningkatan komposisi monomer yang ditambahkan. Namun, apabila peningkatan konsentrasi monomer berlebih justru akan menimbulkan reaksi antar radikal bebas monomer menjadi homopolimerisasi (Puspitasari, Budiando, dan Maspanger, 2016).

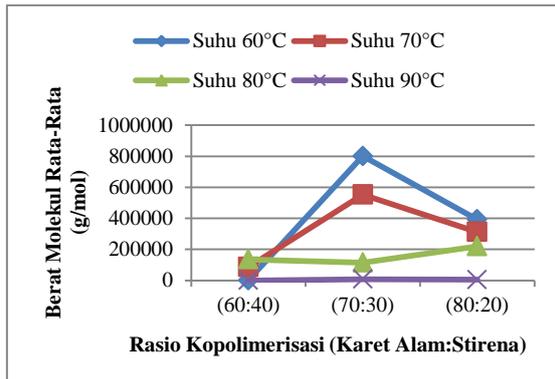
Sampel rasio kopolimerisasi 80:20 dan 70:30 menunjukkan persentase cangkok stirena masing-masing meningkat sebesar 74% dan 88% namun terjadi penurunan pada rasio 60:40 menjadi 70% yang disebabkan oleh kopolimerisasi cangkok pada permukaan partikel karet alam, utamanya terjadi di *shell* dari partikel. Menurut Yamak (2013), Proses pencangkokan terjadi dalam misel hasil asosiasi molekul surfaktan (SDS) yang berjalan dengan mekanisme adisi, sehingga luas kontak antara monomer dan karet alam lateks menurun. Maka dari itu, hasil dari penelitian ini bahwa persentase cangkok monomer stirena menurun apabila rasio kopolimerisasi telah mencapai titik optimum, pada rasio kopolimerisasi 70:30. Hasil perhitungan dari berat molekul masing-masing sampel yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan berat molekul Sampel Karet Alam Lateks

Rasio (KA:ST)	Temperatur (°C)	Berat Molekul Rata-Rata (g/mol)
Karet Alam Lateks Tanpa Perlakuan		17.193,82
60:40	60	129,8756
	70	86109,64
	80	135069,9
	90	8,116168
70:30	60	800295,9
	70	552874,9
	80	114941,1
	90	8312,036
80:20	60	392896,8
	70	311818,8
	80	219912,4
	90	4293,841

Hubungan antara persentase monomer stirena tercangkok dengan berat molekul rata-rata dari pengaruh viskositas berbanding lurus. Pembuktian analisa berat molekul ini relevan dengan persentase efisiensi cangkok monomer stirena yang didapatkan, karena persentase cangkok stirena menunjukkan seberapa besar stirena yang tercangkok pada karet alam lateks. Kandungan monomer stirena yang tercangkok pada karet alam lateks mempengaruhi berat molekul rata-rata sampel.

Berdasarkan Gambar 2. bahwa berat molekul sampel tertinggi dari hasil kopolimerisasi didapatkan pada rasio kopolimerisasi KA:ST (70:30) saat temperatur 60°C sebesar 800.295,9 g/mol yang juga memiliki nilai persentase cangkok monomer stirena tertinggi. Pada rasio kopolimerisasi 80:20 memiliki nilai berat molekul rata-rata yang lebih rendah daripada rasio 70:30, karena hanya sebagian kecil monomer stirena yang tercangkok sehingga menghasilkan berat molekul rata-rata yang rendah. Pada rasio 60:40 menghasilkan berat molekul yang lebih rendah karena komposisi monomer stirena yang berlebih sehingga akan lebih banyak proses pembentukan polistirena.



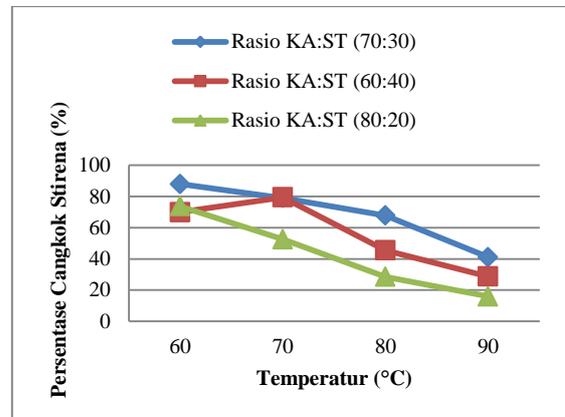
Gambar 2. Grafik hasil perhitungan rasio kopolimerisasi terhadap berat molekul pada setiap temperatur.

Pengaruh Temperatur terhadap Hasil Kopolimerisasi Cangkok Emulsi

Kopolimerisasi cangkok karet alam lateks dengan monomer stirena ditentukan berdasarkan nilai efisiensi cangkok yang dihitung dengan membandingkan bobot monomer stirena tercangkok terhadap monomer stirena awal (Puspitasari, Arifianto, dan Kurniati, 2016). Nilai efisiensi dalam penelitian ini dibuktikan oleh analisa berat molekul, FTIR dan SEM EDX. Bobot monomer stirena tercangkok merupakan selisih antara monomer stirena awal dengan homopolimer stirena yang terekstrak oleh aseton (Susmanto, Octaviani, dan Wahyuni, 2019). Nilai efisiensi cangkok tertinggi sebesar 88% pada rasio kopolimerisasi sebesar 70:30 dan temperatur 60°C.

Temperatur reaksi mempengaruhi besarnya monomer stirena yang tercangkok pada rantai karet alam lateks. Charmondusit Kiatkamjornwong, dan Prasassarakich (1998) juga menyatakan bahwa temperatur reaksi mengakibatkan dekomposisi inisiator, meningkatkan jumlah radikal bebas, laju kopolimerisasi, serta memberikan pengaruh secara bersamaan terhadap kelarutan dan daya difusi, kecepatan atau laju propagasi dan kecepatan terminasi rantai yang merupakan kontrol pada proses difusi monomer. Pengaruh temperatur reaksi terhadap persentase monomer stirena yang tercangkok pada karet alam lateks ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan grafik hasil perhitungan persentase monomer stirena tercangkok

pada variasi temperatur reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi yang berbeda-beda.

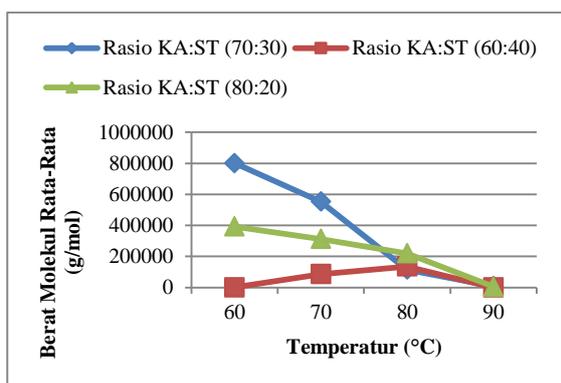


Gambar 3. Grafik hasil perhitungan temperatur terhadap persentase cangkok stirena pada setiap rasio kopolimerisasi.

Kenaikan suhu dapat mempercepat laju reaksi kopolimerisasi karena energi kinetik monomer stirena dan karet alam lateks meningkat (Bhattacharya dan Misra, 2004). Energi kinetik dari reaktan menyebabkan semakin banyak tumbukan efektif yang akan menghasilkan produk (Zuliarti, I., Khairat., dan Bahruddin, 2015). Berdasarkan Tabel 2., pada temperatur 60°C dan rasio kopolimerisasi 70:30 diperoleh persentase cangkok monomer stirena tertinggi sebesar 88%. Pada rasio kopolimerisasi yang sama dengan temperatur reaksi yang semakin tinggi yakni 70°C diperoleh persentase cangkok monomer stirena di bawah suhu 60°C sebesar 79%. Temperatur reaksi pada suhu 80°C diperoleh persentase cangkok monomer stirena yang semakin menurun yaitu sebesar 68%, karena pada temperatur tersebut terjadi dekomposisi rantai karet alam lateks sebelum tercangkok dengan monomer stirena (Sudrajat, 2009).

Menurut Sudrajat (2009) bahwa kecepatan reaksi kopolimerisasi akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur reaksi, namun temperatur kopolimerisasi cangkok karet alam lateks hanya stabil hingga temperatur 60°C. Kestabilan proses kopolimerisasi cangkok karet alam lateks di atas suhu 60°C akan terganggu, dikarenakan putusannya ikatan silang atau *cross-linking*

pada molekul karet alam, yang mengakibatkan proses kopolimerisasi cangkok yang tidak sempurna (Sudrajat, 2009). Grafik yang didapat dari hasil perhitungan temperatur terhadap berat molekul dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan perbedaan pada setiap sampel hasil kopolimerisasi.

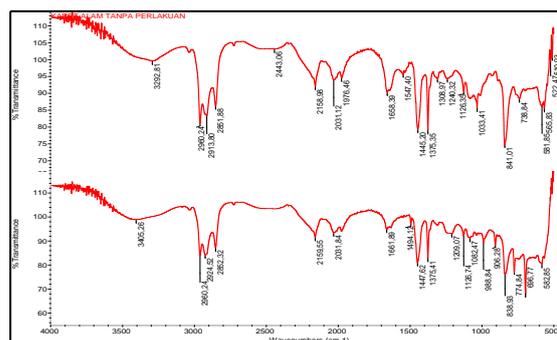


Gambar 4. Grafik hasil perhitungan temperatur terhadap berat molekul pada setiap rasio kopolimerisasi.

Berdasarkan Gambar 4 bahwa berat molekul rata-rata sampel kopolimer memiliki kecenderungan menurun seiring kenaikan temperatur sama seperti grafik temperatur terhadap persentase cangkok stirena. Berat molekul tertinggi didapatkan pada temperatur reaksi 60°C yaitu 800.295,9 g/mol rasio kopolimerisasi sebesar 70:30. Kecenderungan grafik yang menurun juga disebabkan oleh temperatur reaksi yang terlalu tinggi di atas 70°C, sehingga radikal bebas yang menyerang reaktan untuk membentuk produk cepat hancur. Hal ini didukung dengan pernyataan Sudrajat (2009) bahwa temperatur reaksi di atas 60°C mengalami terminasi atau terjadi reaksi homopolimerisasi monomer stirena pada proses kopolimerisasi.

Karakterisasi Spektrum FTIR

Penerapan spektroskopi infra merah menjelaskan aspek kualitatif berupa penentuan frekuensi yang khas dari gugus fungsi. Hasil pengujian FTIR karet alam lateks tanpa perlakuan dan salah satu produk kopolimer pada rasio kopolimerisasi KA:ST (70:30) temperatur 60°C ditunjukkan pada Gambar 5 untuk meninjau perbedaan diantara keduanya.



Gambar 5. Spektrum FTIR sample karet alam lateks tanpa perlakuan dan hasil kopolimerisasi pada rasio 70:30 suhu 60°C.

Pembentukan sampel kopolimer dikonfirmasi berdasarkan hasil analisis FTIR pada Gambar 5 saat rasio kopolimerisasi 70:30, temperatur reaksi 60°C. Berdasarkan Gambar 5, bahwa terlihat perbedaan adanya serapan baru pada panjang gelombang 696,77 cm^{-1} dan 1494,12 cm^{-1} yang menyatakan vibrasi gugus benzena pada molekul stirena (Puspitasari, Budiarto, dan Maspanger, 2016). Gugus benzena pada panjang gelombang sekitar 696,77 cm^{-1} untuk vibrasi tekuk ikatan CH, 1494,12 cm^{-1} untuk vibrasi ulur ikatan C=C dan 1600 cm^{-1} untuk vibrasi ulur cincin benzena. Pita serapan yang baru muncul pada Gambar 5, menunjukkan bahwa hasil kopolimerisasi tersebut terjadi penurunan intensitas serapan pada daerah bilangan gelombang 1660 cm^{-1} oleh pembentukan cabang monomer stirena.

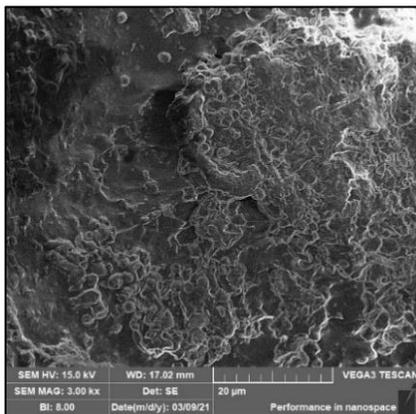
Karakterisasi Morfologi SEM-EDX

Pengujian menggunakan analisa SEM-EDX bertujuan untuk mengetahui perbedaan stuktur permukaan dan kandungan unsur dari karet alam lateks tanpa perlakuan dan hasil kopolimerisasi. Hasil pengujian SEM pada karet alam lateks tanpa perlakuan ditunjukkan pada Gambar 6 (a). EDX dilakukan untuk melihat unsur yang terkandung di dalam sampel karet alam lateks tanpa perlakuan maupun hasil kopolimerisasi karet alam lateks dengan monomer stirena. Berdasarkan Gambar 6 (a) bahwa pada perbesaran 5000x karet alam lateks tanpa perlakuan memiliki struktur permukaan yang bergelombang, berpori, tidak rata, dan terlihat berserat.

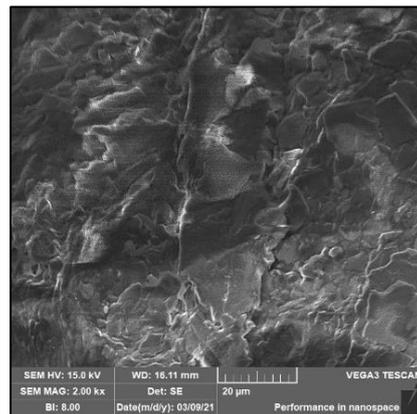
EDX dilakukan untuk melihat unsur yang terkandung di dalam sampel karet alam lateks tanpa perlakuan maupun hasil kopolimerisasi karet alam lateks dengan monomer stirena, perbedaan diantara keduanya mengindikasikan bahwa adanya monomer stirena yang tercangkok dalam optimalisasi penggunaan karet alam lateks. Berdasarkan Gambar 7 bahwa pada perbesaran 5000x karet alam lateks tanpa perlakuan memiliki struktur permukaan yang bergelombang, berpori, tidak rata, dan terlihat berserat. Hasil EDX pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel karet alam lateks tanpa perlakuan mengandung beberapa unsur, seperti karbon, nitrogen, oksigen, dan aluminium. Perbandingan persentase massa unsur hasil EDX setiap sampel ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan persentase massa unsur hasil EDX setiap sampel.

Sampel Karet Alam Lateks		% Massa				
Rasio	Suhu (°C)	C	N	S	Na	K
Karet Alam Lateks Tanpa Perlakuan		76.00	11.10	0.00	0.00	0.00
60:40	60	85.05	0.00	0.26	0.20	0.13
	70	83.04	7.34	0.03	0.02	0.07
	80	87.13	3.07	0.36	0.15	0.12
	90	92.58	0.12	0.91	0.55	0.38
70:30	60	84.03	0.00	0.31	0.15	0.10
	70	84.03	0.00	0.13	0.15	0.10
	80	85.45	7.11	0.04	0.01	0.03
	90	90.13	2.13	0.68	0.28	0.35
80:20	60	86.76	3.17	0.23	0.13	0.15
	70	81.03	4.10	0.34	0.18	0.14
	80	81.61	3.24	0.70	0.35	0.47
	90	88.09	2.40	0.29	0.11	0.17



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Hasil SEM sampel karet alam lateks tanpa perlakuan (b) Hasil SEM sampel rasio kopolimerisasi 70:30 pada temperatur 60°C.

Berdasarkan Tabel 4. bahwa kandungan kalsium, indium dan aluminium pada sebagian sampel tidak terkandung dikarenakan unsur tersebut digunakan untuk preparasi pengujian EDX. Kekurangan lain dari pengujian EDX ini hanya mengidentifikasi pada titik tertentu yang diinginkan, oleh karena itu memiliki kandungan unsur yang berbeda-beda. Persentase massa karbon yang didapatkan pada berbagai variasi temperatur dan rasio kopolimerisasi tidak mempunyai kecenderungan karena antara stirena dengan karet alam lateks memiliki unsur yang sama yakni hidrokarbon, seperti pernyataan Syafiq, Ihsan, Prisilia, Nugraha, dan Sari (2019) bahwa

hidrokarbon merupakan unsur penyusun utama rantai karet alam lateks. Namun, persentase massa karbon hasil kopolimerisasi terhadap karet alam lateks tanpa perlakuan secara keseluruhan terlihat meningkat. Parameter lain yang ditinjau adanya stirena tercangkok dari persentase unsur lain, seperti kalium, natrium, nitrogen, dan sulfur.

Kandungan unsur nitrogen di dalam sampel menunjukkan adanya sebagian kecil urea ketika proses deproteinasi dilakukan, sedangkan unsur natrium menunjukkan adanya emulsifier yang terikat pada sampel saat proses kopolimerisasi atau deproteinasi. Kandungan kalium pada sebagian

sampel menandakan adanya inisiator kalium persulfat yang terikat, sedangkan unsur sulfur menandakan adanya inisiator kalium persulfat dan sodium sodesil sulfat ketika proses kopolimerisasi cangkok emulsi dilakukan.

Perbedaan struktur permukaan saat rasio 70:30 suhu 60°C dapat dilihat pada Gambar 7. dengan perbesaran 2000x. Struktur permukaan sampel pada Gambar 4.10. terlihat sedikit halus dan tidak terlalu bergelombang seperti sampel sebelumnya, tidak terdapat pori-pori, dan tidak beraturan. Hal ini dikarenakan monomer stirena mensubstitusi ikatan rangkap pada karet alam lateks yang menyebabkan struktur molekul kopolimer membentuk jaringan semi kristalin yang teratur (Syafiq, Ihsan, Prisilia, Nugraha, dan Sari, 2019).. Perbandingan struktur permukaan yang telah dikopolimerisasi pada kondisi optimum memiliki morfologi yang lebih baik dibandingkan gambar sebelumnya.

KESIMPULAN

Pengaruh rasio kopolimerisasi terhadap karakteristik permukaan karet alam termoplastik menghasilkan produk yang keras, kaku dan rapuh jika stirena yang ditambahkan melebihi titik optimum. Jika rasio stirena rendah terhadap jumlah karet alam lateks akan menghasilkan produk yang lunak.

Temperatur optimum didapatkan pada 60°C yang menghasilkan persentase *grafting* monomer stirena tertinggi, karena proses kopolimerisasi cangkok karet alam akan stabil hingga suhu tersebut. Jika temperatur reaksi terlalu tinggi, produk yang dihasilkan tidak sempurna karena terjadi terminasi.

Pengaruh proses kopolimerisasi terhadap hasil *grafting* menunjukkan adanya perbedaan karakteristik permukaan karet alam sebelum dan sesudah dikopolimerisasi, ditinjau dari hasil analisa SEM-EDX yang terlihat lebih halus dan tidak bergelombang, dibuktikan juga dengan pengujian FTIR adanya gugus benzena pada panjang gelombang sekitar 696,77 cm⁻¹ untuk vibrasi tekuk ikatan CH, 1494,12 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur ikatan C=C dan

1630,56 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur cincin benzena pada molekul stirena yang tercangkok pada karet alam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan karet alam lateks setelah diberi perlakuan dapat digunakan sebagai bahan intermediet dalam berbagai produk karet, namun perlu divalidasi Standard Indonesian Rubber (SRI).

Hasil kopolimerisasi cangkok emulsi yang ideal dalam penelitian ini didapatkan pada rasio kopolimerisasi KA:ST sebesar 70:30 saat temperatur 60°C dengan efisiensi cangkok monomer stirena tertinggi sebesar 87,9893% yang memiliki berat molekul sebesar 800.295,9067 g/mol.

SARAN

Proses kopolimerisasi cangkok karet alam lateks dengan monomer stirena ini sebaiknya dijaga kestabilan temperatur reaksi agar proses kopolimerisasi dapat berjalan dengan baik, sehingga produk yang dihasilkan ideal. Menjaga produk hasil kopolimerisasi dari udara sekitar agar tidak terjadi oksidasi, karena dapat menyebabkan struktur permukaan produk menjadi warna kuning kecoklatan, dan melakukan pengembangan penelitian dengan variasi jenis monomer yang lain, atau kombinasi monomer, serta variasi temperatur dan waktu dalam satu penelitian agar dapat menentukan energi aktivasi dan frekuensi tumbukan dengan menggunakan persamaan Arrhenius.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua rekan yang telah terlibat dalam penelitian ini, khususnya kepada Dosen Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, rekan-rekan tim riset, dan orang tua dalam penyelesaian dan penerbitan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Angnanon, S., Prasassarakich, P., dan Hinchiranan, N. (2011). Styrene/Acrylonitrile Graft Natural Rubber as Compatibilizer in Rubber Blends. *Polymer Plastics Technology and Engineering*. 50(11): 1170–1178.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistic karet Indonesia 2019*. Rekanan: Jakarta Bergstrom.
- Bhattacharya dan Misra. (2004). Grafting: A Versatile Means to Modify Polimers: Techniques, Factors, and Applications. *Progress in Polymer Science*. 29(8): 767-814.
- Bird, T. (1993). *Kimia Fisika untuk Universitas Cetakan ke-2*. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Charmondusit, K., Kiatkamjornwong, S., dan Prasassarakich, P. (1998). Grafting of Methyl Methacrylate and Styrene Onto Natural Rubber. *Journal Science of Chulalongkorn University*. 23(2): 167-182.
- Dung, T.A., Nhan, N.T., Thuong, N.T., Nghia, P.T., Yamamoto, Y., Kosugi, K., Kawahara, S. dan Thuy, T.T. (2017). Modification of Vietnam Natural Rubber via Graft Copolymerization with Styrene. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 28(4): 669–675.
- Kreua-ongarjnucool, N., Pittayavinai, P., dan Tuampoemsab, S. (2012). Grafted Deproteinized Natural Rubber as an Impact Modifier in Styrene-Methyl Methacrylate Copolymer Sheet. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 6(2): 698-707.
- Nakason, C., Pechurai, W., Sakaharo, K., dan Kaesaman, A. (2003). Preparation of Graft Copolymers from Deproteinized and High Ammonia Concentrated Natural Rubber Latices with Methyl Methacrylate. *Journal of Applied Polymer Science*. 87(10): 68–75.
- Prisilia, A., Nugraha, B. P., Ali, F., Citradi, A., Rengga, W. D. P., dan Sari, T. I. (2019). Pengujian Daya Tahan Kopolimer Karet Alam Grafting Polistirena dengan Larutan N-Pentana, Biodiesel dan Kerosin. *Seminar Nasional AVoER XI 2019*. Hal. 1283-1292.
- Puspitasari, S., Arifianto, M. L., dan Kurniati, M. (2016). Efektivitas Karet Alam Termoplastik sebagai Peningkat Indeks Viskositas Minyak Pelumas Kendaraan. *Majalah Kulit Karet dan Plastik*. 32(1): 1-12.
- Puspitasari, S., Budianto, E., dan Maspanger, D. (2016). Pengaruh Rasio Karet Alam Terdeproteinisasi dengan Monomer Vinil terhadap Karakteristik Karet Alam Termoplastik. *Jurnal Penelitian Karet*. 3(1): 1-10.
- Sangwichien, C., Sumanatrakool, P., dan Patarapaiboolchai, O. (2008). Effect of Filler Loading on Curing Characteristics and Mechanical Properties of Thermoplastic Vulcanizate. *Chiang Mai J. Sci*. 35(1): 141–149.
- Setyamidjaja. (1993). *Karet Budidaya dan Pengolahan*. Jakarta: Kanisius.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K. A., Basuki, A., dan Surasno. (2010). Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potasium Persulfate dan Ammonium Peroxydisulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1): 41-45.
- Suhardjo, K. A., Basuki, A., Surasno, Randy, A., dan Sondari, D. (2011). Modifikasi Karet Alam Menjadi Bahan Elastomer Termoplastik. *Jurnal Riset Industri*. 5(3) : 283-292.
- Susmanto, P., Octaviani, N., dan Wahyuni, M. T. (2019). Kopolimerisasi Styrene-Grafted-

- Natural Rubber dengan Variasi Waktu Menggunakan Inisiator Potassium Persulfate dan Ammonium Peroxydisulfate. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Syafiq, M. A., Ihsan, M., Prisilia, A., Nugraha, B. P., dan Sari, T. I. (2019). Modifikasi Karet Alam dengan Monomer Stirena sebagai Bahan Intermediet pada Aplikasi Produk Karet. *Seminar Nasional AVoER XI 2019*. Hal. 58-66.
- Tho, N. V., Kadir, M. O., dan Hashim, A. S. (2012). A Comparative of Styrene Polymerization in Deproteinized and Undeproteinized Natural Rubber Latex. *Rubber Chemistry and Technology*. 75(1): 111-118.
- Yamak, H. B., (2013). *Emulsion Polymerization: Effects of polymerization Variables on The Properties of Vinyl Acetate Based Emulsion Polymers*, Polymer Science. Turkey: Intech.
- Zuliarti, I., Khairat., Bahrudin. (2015). Pengaruh Waktu dan Suhu Pencampuran Terhadap Derajat Grafting Maleated Natural Rubber dengan Inisiator Benzoil Peroksida. *Jurnal Jom Fteknik*. 2(2): 1-7.