

# PENGARUH WAKTU REAKSI DAN INISIATOR POTASSIUM PERSULFATE DAN AMMONIUM PEROXYDISULFATE TERHADAP KOPOLIMERISASI STYRENE-GRAFTED-NATURAL RUBBER

## EFFECT OF REACTION TIME AND INITIATOR OF POTASSIUM PERSULFATE AND AMMONIUM PEROXYDISULFATE ON STYRENE-GRAFTED-NATURAL RUBBER COPOLYMERIZATION

Prahady Susmanto<sup>1\*</sup>, Tuti Indah Sari<sup>1</sup>, M. Hatta Dahlan<sup>1</sup>, Mutiara Tri Wahyuni<sup>1</sup>, dan Nicky Octaviani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan 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: 11 September 2021; Direvisi: 19 Desember 2021 – 30 Desember 2021; Disetujui: 31 Desember 2021

### Abstrak

Reaksi kopolimerisasi emulsi diperkirakan dapat menggabungkan karakteristik unggul antara karet alam dengan stirena untuk membentuk material yang kuat, keras, kaku, dan mudah diproses seperti pembentukan seal tabung gas. Penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karet alam terdeproteinisasi dengan sintesis stirena yang dicangkok pada rantai utama karet alam melalui kopolimerisasi cangkok emulsi menggunakan inisiator *Potassium Persulfate* (KPS) dan *Ammonium Peroxydisulfate* (APS). Penelitian ini menggunakan perbandingan antara karet alam terhadap monomer stirena % (v/v) sebesar 60:40. Proses kopolimerisasi emulsi dengan metode cangkok pada suhu 65°C menggunakan sodium deodesil sulfat sebagai emulsifier dalam variasi waktu dan inisiator berupa *Potassium Persulfate* (KPS) dan *Ammonium Peroxydisulfate* (APS). Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahwa proses cangkok telah terjadi dengan munculnya bilangan gelombang 696,38 cm<sup>-1</sup> dan 696,43 cm<sup>-1</sup> pada sampel KPS dengan waktu reaksi 6,5 jam dan APS dengan waktu reaksi 6 jam yang menunjukkan adanya gugus fungsi C=C (benzene) yang berasal dari stirena, serta terjadi pengurangan kandungan protein dalam karet alam dengan tereliminasi bilangan gelombang 1.210,53 cm<sup>-1</sup> milik ikatan N-H. Penggunaan inisiator mempengaruhi efisiensi cangkok stirena dan nisbah cangkok, inisiator KPS menghasilkan efisiensi cangkok stirena 85,1236% sedangkan efisiensi cangkok stirena dengan menggunakan inisiator APS sebesar 61,4405%. Waktu reaksi terbaik yaitu 6,5 jam pada inisiator KPS memiliki konstanta kecepatan 0,0018 menit<sup>-1</sup> dan 6 jam pada inisiator APS memiliki konstanta kecepatan 0,0059 menit<sup>-1</sup>. Hasil penelitian menunjukkan kinetika reaksi disusun mengikuti orde 1.

Kata Kunci: kopolimerisasi cangkok, inisiator, karet alam, stirena.

### Abstract

*The emulsion copolymerization reaction is expected to combine the superior characteristics of natural rubber and styrene to form a material that is strong, hard, rigid, and easy to process, such as the formation of gas cylinder seals. This research was conducted to modify deproteinized natural rubber by synthesizing styrene grafted on the main chain of natural rubber through emulsion graft copolymerization using Potassium Persulfate (KPS) and Ammonium Peroxydisulfate (APS) initiators. This study used a ratio between natural rubber and styrene monomer % (v/v) of 60:40. The emulsion copolymerization process using the graft method at a temperature of 65°C used sodium deodesyl sulfate as an emulsifier in time variations and the initiator was Potassium Persulfate (KPS) and Ammonium Peroxydisulfate (APS). The results of the FT-IR analysis showed that the grafting process had occurred with the appearance of wave numbers 696.38 cm<sup>-1</sup> and 696.43 cm<sup>-1</sup> in the KPS sample with a reaction time of 6.5 hours and APS with a reaction time of 6 hours indicating the presence of functional groups. C=C (benzene) derived from styrene, and there was a reduction in the protein content in natural rubber with the elimination of the wave number 1,210.53 cm<sup>-1</sup> belonging to the NH bond. The use of the initiator affects the efficiency of styrene grafts and graft ratio, the KPS initiator produces a styrene graft efficiency of 85.1236% while the efficiency of styrene grafts using the APS initiator is 61.4405%. The best reaction time is 6.5 hours on the KPS initiator having a speed constant of 0.0018 minutes<sup>-1</sup> and 6 hours on the APS initiator having a speed constant of 0.0059 minutes<sup>-1</sup>. The results showed that the reaction kinetics were arranged according to order 1.*

Key Words: graft copolymer, initiator, natural rubber, styrene.

## PENDAHULUAN

Kegunaan karet alam di kehidupan sehari-hari seperti barang yang terbuat dari material karet seperti ban mobil, pakaian, polimer, peralatan medis, perekat dan pelapis (Arifianto, 2014). Pemanfaatan karet alam dimaksimalkan dengan proses kopolimerisasi cangkok dengan monomer vinil seperti acrylonitrile, metil metakrilat, butil akrilat, dan stirena untuk mendapatkan sifat baru (Bhattacharya dan Misra, 2004). Penggunaan stirena sebagai monomer dapat meningkatkan efisiensi pencangkokan yang lebih tinggi (Angnanon dkk, 2011).

Proses pembuatan elastomer termoplastik dengan cara polimerisasi cangkok emulsi telah dilakukan antara karet alam lateks dengan campuran monomer stirena dan metil metakrilat dengan variasi penggunaan inisiator yang mempengaruhi efisiensi cangkok, yaitu inisiator Potassium Persulfate (KPS) menghasilkan efisiensi cangkok 97,6% sedangkan efisiensi cangkok dengan menggunakan inisiator Ammonium Peroxydisulfate (APS) sebesar 90,2% (Sondari dkk, 2010).

Pengembangan modifikasi karet alam dari penelitian sebelumnya dilakukan dengan penambahan proses deproteinasi hingga kadar karet kering mencapai 30% dengan variasi waktu reaksi (Prisilia dkk., 2019). Proses deproteinisasi bertujuan untuk memutus rantai amina saat sebelum lateks karet alam digunakan dalam reaksi kopolimerisasi agar proses cangkok monomer ke *backbone* tidak terhalangi karena protein dapat menyebabkan efisiensi modifikasi menjadi rendah (Nakason dkk., 2003).

Penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karet alam terdeproteinisasi dengan sintesis stirena yang dicangkok pada rantai utama karet alam melalui kopolimerisasi cangkok emulsi yang menggunakan inisiator *potassium persulfate* dan *ammonium peroxydisulfate* untuk menginisiasi polimerisasi dengan melalui

pembentukan radikal bebas dari senyawa inisiator. Pengaruh penggunaan inisiator *potassium persulfate* dan *ammonium peroxydisulfate* akan dipelajari dalam variasi waktu reaksi.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Pada penelitian ini digunakan *high ammonia natural rubber* (HANR) dengan kadar karet kering (KKK) 62%. Stirena (diperoleh dari PT Stirena Monomer Indonesia). Kalium persulfat (KPS) dan Ammonium Peroxydisulfate (APS) (diperoleh dari Merck). Sodium dodesil sulfonat (SDS) teknis, aseton teknis, Metil Etil Keton (MEK) teknis, urea, aquadest, dan gas nitrogen.

### Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batang pengaduk, *beaker glass*, buret, distributor gas N<sub>2</sub>, gelas ukur, hot plate, magnetic stirrer, inkubator, neraca analitis, pipet tetes, labu leher tiga, spatula, soxhlet apparatus, termometer, pompa, tabung gas N<sub>2</sub>, dan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*.

### Metode

#### A. Proses Deproteinasi

Proses deproteinisasi dilakukan untuk membuat *deproteinized natural rubber* (DPNR) dengan mencampurkan 600 g lateks karet alam high ammonia dengan 0,1% urea terhadap bobot lateks tersebut dengan konsentrasi urea sebesar 50%. Campuran lateks dan larutan urea lalu diinkubasi pada suhu 30°C selama 90 menit. Lateks pekat yang telah diinkubasi diencerkan dengan penambahan larutan SDS 1% sampai Kadar Karet Keringnya (KKK) menjadi 30%.

#### B. Proses Kopolimerisasi

Proses kopolimerisasi dimulai dengan persiapan rangkaian alat proses kopolimerisasi. DPNR dan SDS sebanyak 5% dimasukkan ke dalam labu leher tiga sambil diaduk. Gas N<sub>2</sub> dialirkan ke dalam labu leher tiga selama

15 menit pada kondisi temperatur ruang untuk mendesak gas oksigen keluar reaktor, karena dapat menghambat proses kopolimerisasi oleh reaksi oksidasi (Dung *et al.*, 2017). Monomer stirena dimasukkan ke dalam labu leher tiga dengan cara diteteskan dalam campuran. Setelah mencapai temperatur reaksi 65°C, penetesan inisiator KPS atau APS yang telah dilarutkan dengan *aquadest* dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Setelah waktu reaksi berakhir, hasil produk dikeluarkan dari reaktor dan digumpalkan dengan aseton, lalu dibuat menjadi lembaran dan dikeringkan (Puspitasari dkk., 2015). Lembaran ditimbang dan diambil sebagian untuk diekstraksi menggunakan MEK dengan soxhlet apparatus, lalu dioven pada suhu 50°C dan ditimbang (Puspitasari dkk., 2016). Efisiensi cangkok dihitung dengan membandingkan bobot monomer stirena tercangkok terhadap bobot monomer stirena awal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Visualisasi Fisik Hasil Kopolimerisasi Cangkok

Pengamatan secara visual menampilkan perbandingan karakteristik penampakan antara lateks karet alam saat sebelum dimodifikasi dengan hasil

setelah kopolimerisasi yang menunjukkan telah terjadinya modifikasi terhadap tampilan fisik karet alam (Puspitasari dkk., 2016). Secara umum, terlihat bahwa produk memiliki visualisasi fisik berbeda dengan karet alam murni yang tidak dimodifikasi. Koagulum karet alam memiliki penampilan fisik berwarna putih kekuningan, tekstur lunak, kenyal, dan permukaan halus. Hal serupa tidak terjadi pada lembaran hasil kopolimerisasi cangkok menggunakan stirena, produk memiliki visualisasi fisik yaitu berwarna putih kekuningan karena partikel karet lebih dominan dibanding partikel monomer stirena, bertekstur keras, kaku, dan rapuh, serta permukaannya tidak beraturan dan kasar. Hal ini membuktikan sifat stirena sangat mempengaruhi visualisasi fisik produk hasil kopolimerisasi cangkok. Stirena yang merupakan cairan transparan berwarna putih bening menjadi penyebab warna produk menjadi putih dan penambahan stirena mempengaruhi struktur karet alam sehingga teksturnya menjadi lebih kaku dan keras tetapi rapuh (Handayani dkk., 2018). Tampilan visualisasi fisik dapat dilihat pada Gambar 1 (a) sebelum modifikasi dan (b) sesudah modifikasi.



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Karet alam sebelum modifikasi (b) Karet alam setelah di modifikasi

### Pengaruh Proses Deproteinisasi terhadap Kopolimerisasi Cangkok

Pengurangan kadar protein bertujuan untuk meningkatkan efisiensi cangkok stirena dan menstabilkan partikel lateks karet alam agar tidak mudah terkoagulasi ketika proses kopolimerisasi cangkok (Kalia dan Saba, 2013). Penggunaan urea dan SDS untuk

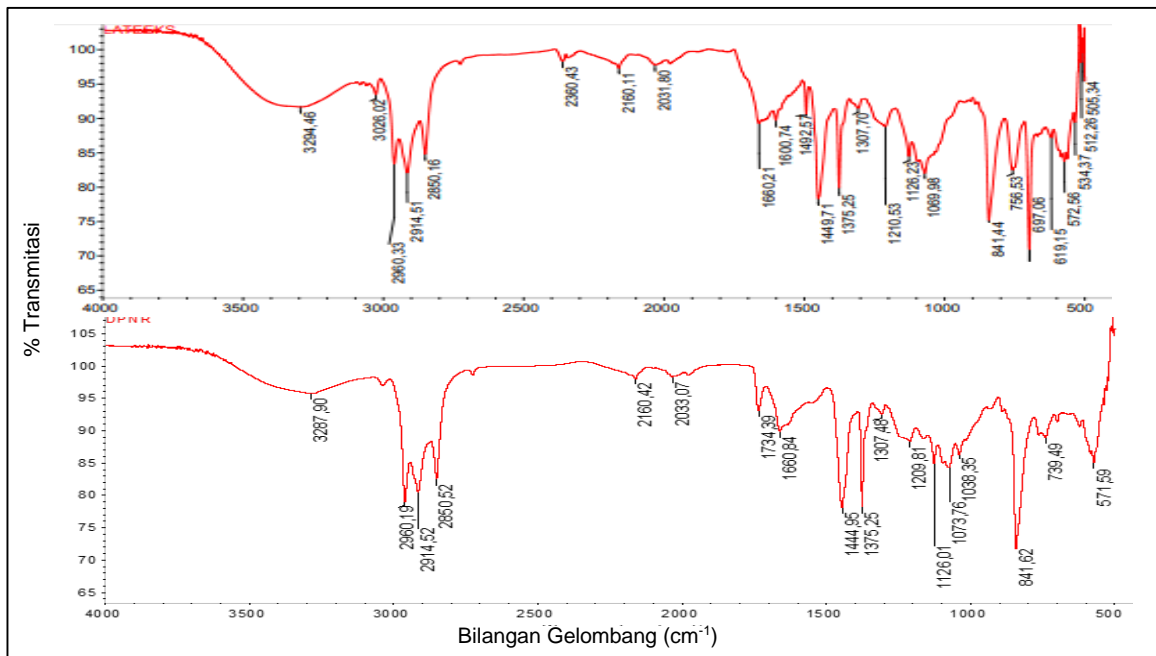
menurunkan kadar protein yang dapat mendenaturasi protein pada suhu ruang (30°C) dan adsorpsi protein (Kreua-ongarjnucool dkk., 2012). Spektrum lateks karet alam pekat dan DPNR hasil analisa FTIR dapat dilihat pada gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2, bilangan gelombang 1210,53  $\text{cm}^{-1}$  milik gugus

amina berintensitas kuat yang mana mengkonfirmasi keberadaan protein dalam lateks karet alam yang bersifat sebagai pelindung untuk menyelubungi molekul karet alam sehingga ikatan N-H berintensitas kuat harus diputus dengan proses deproteinisasi (Nawamawat *et al.*, 2011). Selain itu, hasil spektra FTIR pada lateks karet alam adanya kemunculan bilangan gelombang 841,4  $\text{cm}^{-1}$  untuk tekuk alkena yang berasal dari molekul isoprena (karet alam). Hasil FTIR menunjukkan bilangan gelombang 1.600,7  $\text{cm}^{-1}$ , 1.660,21  $\text{cm}^{-1}$ , 3.294,46

$\text{cm}^{-1}$ , dan 3.026,62  $\text{cm}^{-1}$ .

Spektrum inframerah pada karet alam yang sudah terdeproteinisasi dapat dilihat penurunan ketajaman pita serapan N-H pada bilangan gelombang 1210,53  $\text{cm}^{-1}$  membuktikan bahwa ikatan N-H pada bilangan gelombang tersebut dapat diuraikan dengan proses deproteinisasi secara hidrolisis urea (Yamak, 2013). Hasil FTIR karet alam deproteinisasi pada Gambar 2 menunjukkan adanya bilangan gelombang 841,62  $\text{cm}^{-1}$ , 2850,52  $\text{cm}^{-1}$ , 2960,19  $\text{cm}^{-1}$ , 1660,84  $\text{cm}^{-1}$ , 1444,95  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1375,25  $\text{cm}^{-1}$ .



Gambar 2. Spektrum FTIR Lateks Karet Alam Peekat dan Karet Alam Deproteinasi.

### Pengaruh Jenis Inisiator KPS dan APS terhadap Keberhasilan Proses Kopolimerisasi

Konversi monomer stirena dalam reaksi dapat diketahui dari efisiensi cangkok stirena sebagai ukuran keberhasilan reaksi kopolimerisasi cangkok karet alam dan monomer stirena cangkok. Efisiensi cangkok dihitung dengan membandingkan bobot monomer stirena tercangkok terhadap bobot monomer stirena awal.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Efisiensi Cangkok Stirena (%) menggunakan Inisiator KPS dan APS.

Waktu Reaksi (jam)	Efisiensi Cangkok (%)	
	Inisiator KPS	Inisiator APS
5	51,8592	23,8801
5,5	68,1003	37,3404
6	72,0242	61,4405
6,5	85,1236	42,1403
7	83,2185	39,2829

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 1 menunjukkan efisiensi cangkok stirena paling tinggi pada jenis inisiator KPS dengan waktu reaksi 6,5 jam

sebesar 85,1236% dan efisiensi cangkok stirena pada inisiator APS tertinggi yaitu waktu 6 jam sebesar 61,4405%, sedangkan efisiensi cangkok stirena terendah sebesar 23,8801% pada inisiator APS waktu reaksi 5 jam. Penggunaan inisiator KPS memberikan efisiensi cangkok yang lebih tinggi jika dibandingkan penggunaan APS.

Reaksi yang menggunakan inisiator KPS dapat memberikan susunan surfaktan yang lebih rapat karena struktur kation kalium lebih kecil daripada amonium, maka gaya tolak yang ditimbulkan antar ion kalium lebih kecil sehingga posisinya dapat lebih rapat dan membantu menstabilkan struktur misel (Sudarmaji, 2012). Oleh karena itu, penggunaan inisiator KPS memudahkan sebagian besar monomer stirena untuk langsung masuk ke dalam misel dan membentuk rantai yang lebih panjang, sedangkan sebagian kecil stirena lainnya akan diinisiasi dalam fasa air.

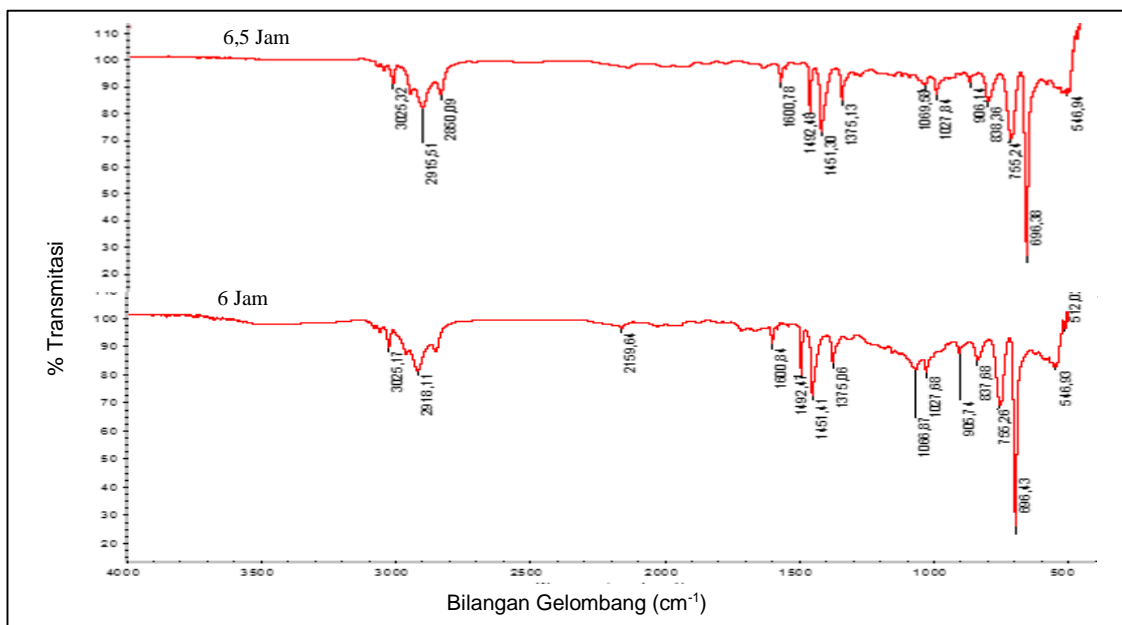
Indikator keberhasilan kopolimerisasi cangkok antara lateks karet alam dan stirena dikonfirmasi melalui pengujian spektrum infra merah dengan FTIR yang bersifat kualitatif disajikan pada gambar 3. Hasil analisis FTIR menunjukkan terbentuknya gugus fungsi baru yang bersifat spesifik terhadap stirena pada bilangan gelombang tertentu. Efisiensi cangkok stirena tertinggi dapat dilihat pada gambar 3. KPS dengan waktu reaksi 6,5

jam dan 6 jam.

Proses cangkok monomer stirena pada karet alam menggunakan inisiator KPS dibuktikan dengan menganalisis spektrum FTIR. Karakteristik karet alam dilihat pada bilangan gelombang 1662,92  $\text{cm}^{-1}$  milik vibrasi ulur C=C dari unit poliisoprena, 838,36  $\text{cm}^{-1}$  milik vibrasi tekuk =CH dengan intensitas kuat, 1375,13  $\text{cm}^{-1}$  dan 1451,30  $\text{cm}^{-1}$  milik vibrasi tekuk C-H serta adanya bilangan gelombang 2850,09  $\text{cm}^{-1}$  dan 3025  $\text{cm}^{-1}$  milik vibrasi regangan C-H (Ali dan Bashi, 2015).

Pada gugus isoprena terdapat dua ikatan yang spesifik yaitu ikatan C-H yang puncaknya akan muncul pada bilangan gelombang 3.000-3.050  $\text{cm}^{-1}$  dan ikatan C=C yang puncaknya akan muncul pada bilangan gelombang 1.690-1.655  $\text{cm}^{-1}$  sedangkan stirena dilihat dengan munculnya puncak pada frekuensi bilangan gelombang 1.600 dan 3.100  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan pita C=C akena aromatik dan =CH<sub>2</sub> alkena (Suhardjo *et al.*, 2011).

Selain itu, karakteristik stirena dapat dilihat pada bilangan gelombang 696,38  $\text{cm}^{-1}$  milik aromatik monosubstitusi yang ketajaman pita serapannya sangat signifikan. Gugus aromatik ring monomer stirena terdapat pada bilangan gelombang 690  $\text{cm}^{-1}$ -740  $\text{cm}^{-1}$  (Luo and Wu, 2012).



Gambar 3. Spektrum FTIR KPS 6,5 Jam dan 6 Jam

Berdasarkan Gambar 3, Spektrum FTIR dari hasil kopolimerisasi menunjukkan bilangan gelombang  $3.025,17 \text{ cm}^{-1}$  milik gugus fungsi =C-H aromatik monosubstitusi dan bilangan gelombang  $696,43 \text{ cm}^{-1}$  milik gugus fungsi C=C menunjukkan keberadaan gugus benzena pada sampel yang berasal dari stirena. Hal ini membuktikan bahwa terjadi *grafting* stirena pada *backbone* DPNR. Secara konvensional monomer stirena yang tercangkok ke dalam rantai panang karet alam lateks ditinjau dari proses ekstraksi menggunakan aseton, monomer stirena yang secara fisik menempel pada karet alam akan terlarut ke dalam aseton. Hasil analisa kopolimerisasi cangkok setelah ekstraksi menunjukkan munculnya bilangan gelombang  $1.715,49 \text{ cm}^{-1}$  dan  $3.419,15 \text{ cm}^{-1}$  yang diikuti tereliminasi bilangan gelombang  $3.025,17 \text{ cm}^{-1}$ .

#### Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Keberhasilan Proses Kopolimerisasi

Pada inisiator KPS (gambar 4) mengalami peningkatan efisiensi cangkok sampai waktu reaksi 6,5 jam namun saat waktu reaksi diperbesar pada 7 jam diperoleh efisiensi cangkok stirena menurun, sedangkan pada

inisiator APS (gambar 4) meningkat secara bertahap pada waktu 5-5,5 jam dan meningkat tajam pada waktu reaksi 6 jam kemudian menurun pada waktu reaksi 6,5-7 jam. Efisiensi stirena tercangkok meningkat pada variasi awal waktu reaksi yang disebabkan penambahan waktu reaksi kopolimerisasi sehingga radikal bebas stirena lebih leluasa untuk bereaksi karena terjadi lebih banyak tabrakan antara stirena dan makroradikal karet alam untuk terkopimerisasi cangkok serta memperkecil reaksi homopolimerisasi yang diikuti tahap propagasi semakin cepat. Rantai polimer baru yang tumbuh secara kimia terikat pada permukaan partikel karet alam membentuk kopolimer cangkok yang menyebabkan peningkatan efisiensi stirena tercangkok (Suhartini dan Ernawati, 2014). Hal ini disebabkan dekomposisi inisiator menghasilkan radikal bebas lebih banyak yang membawa lebih banyak situs reaktif pada *backbone* dan meningkatkan kopolimerisasi cangkok. Ini menunjukkan bahwa stirena tercangkok pada awalnya meningkat dengan cepat karena ada cukup waktu untuk difusi monomer, inisiator, dan radikal primer ke dalam *backbone* dengan peningkatan waktu

reaksi yang akan mendorong polimerisasi cangkok karena banyak ruang pada cangkok backbone molekuler ditempati oleh rantai stirena (Zhang *et al.*, 2011).

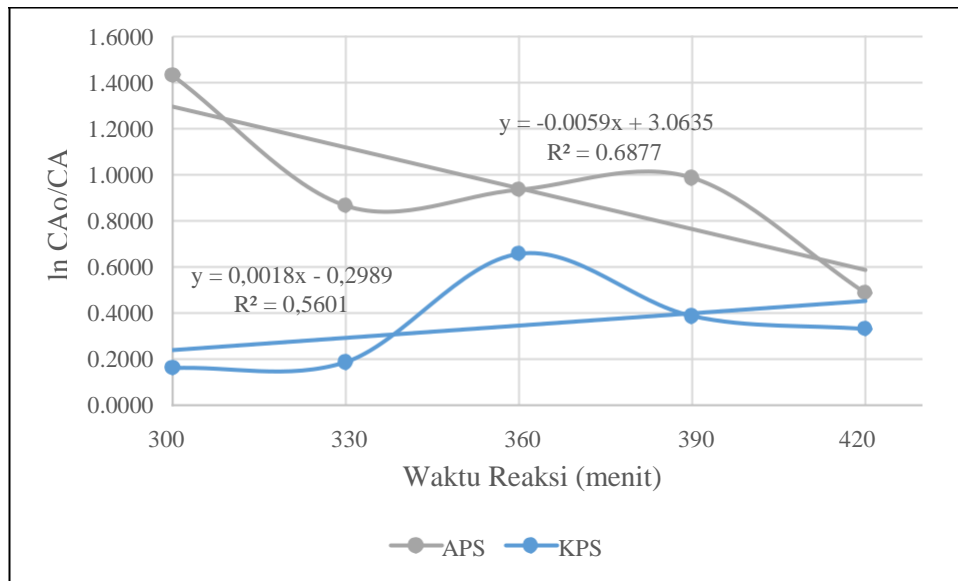
Persen efisiensi cangkok stirena akan meningkat seiring variasi waktu reaksi yang ditambahkan (Wei dkk., 2017). Setelah titik optimum, peningkatan waktu yang ditambahkan akan menurunkan efisiensi cangkok. Hal ini terjadi karena keseimbangan reaksi tercapai yaitu laju produksi radikal bebas dan laju tingkat konsumsi adalah sama dan sulit untuk membawa situs reaktif cangkok baru (Sakdapipanich dan Rojruthai, 2012). Konsentrasi monomer dan inisiator berkurang serta viskositas sistem reaksi meningkat dengan meningkatnya waktu reaksi sehingga polimerisasi cangkok menjadi sulit tetapi homopolimerisasi stirena masih berlangsung terus menerus yang menghasilkan peningkatan berat total polimer sehingga efisiensi cangkok menurun (Zhang *et al.*, 2011). Penurunan stirena tercangkok karena waktu optimum reaksi yang sudah terlewati sehingga proses propagasi menjadi lambat tetapi homopolimerisasi stirena masih berlangsung terus menerus sehingga efisiensi cangkok stirena pada backbone menurun (Sari dkk., 2017). Homopolimerisasi monomer disebabkan oleh semakin banyaknya radikal bebas yang terbentuk dan menyebabkan semakin meningkatnya kemungkinan terjadinya chain transfer antara radikal polimer sekunder dibanding polimer tercangkok pada rantai utama poliisopren (Pukkate *et al.*, 2008).

Konsentrasi karet alam tanpa perlakuan dinyatakan oleh  $C_{A0}$  dan konsentrasi produk hasil kopolimerisasi setiap sampel dinyatakan oleh  $C_A$  (Tho dkk., 2012). Hubungan konsentrasi dinyatakan oleh  $C_{A0}/C_A$  terhadap waktu yang disajikan pada gambar 4, diperoleh persamaan dari regresi linear yaitu  $y = 0,0018x$  dan  $y = -0,0059x$ . Persamaan ini menunjukkan nilai konstanta laju reaksi ( $k$ ) yaitu  $0,0059 \text{ menit}^{-1}$  untuk inisiator KPS dan  $0,0018 \text{ menit}^{-1}$  untuk inisiator

APS. Slope dipengaruhi oleh adanya perbedaan inisiator yang digunakan, diketahui bahwa penggunaan inisiator KPS bernilai positif, sedangkan inisiator APS bernilai negatif.

Slope negatif pada APS menunjukkan grafik menurun mengindikasikan bahwa konsentrasi monomer stirena yang tercangkok seiring kenaikan waktu reaksi berbanding terbalik, sehingga laju propagasi menjadi lambat, karena monomer stirena cenderung untuk membentuk homopolimer dibandingkan menempel pada rantai karet alam. Sedangkan slope positif menyatakan laju propagasi berlangsung dengan baik sehingga konsentrasi monomer stirena yang tercangkok pada karet alam seiring kenaikan waktu akan meningkat (Putra *et al.*, 2014). Rantai polimer baru yang tumbuh secara kimia terikat pada permukaan partikel karet alam sehingga membentuk kopolimer cangkok yang menyebabkan peningkatan efisiensi stirena tercangkok (Songsing dkk., 2013). Rantai yang dicangkokkan umumnya tumbuh sampai sisi aktif terisi sepenuhnya dan mencapai tingkat *grafting* maksimum pada waktu tertentu (Arayapranee dan Rempel, 2008).

Konstanta laju reaksi menunjukkan mudah tidaknya reaksi berlangsung. Setiap laju reaksi memiliki nilai  $k$  tertentu, dimana semakin besar nilai  $k$  maka reaksi akan semakin cepat berlangsung (Azizah, 2004). Penentuan orde kopolimerisasi cangkok antara karet alam terdeproteinisasi dan stirena dilakukan dengan regresi linear menggunakan persamaan orde 0, orde 1, dan orde 2. Nilai regresi terbesar yaitu  $R^2 = 0,5601$  dan  $R^2 = 0,6877$  yang mendekati 1 terdapat pada orde satu, sehingga hubungan konsentrasi terhadap waktu (Gambar 4) mengikuti model kinetika reaksi orde satu.



Gambar 4. Hubungan antara  $\ln CA_0/CA$  pada setiap waktu dengan variasi inisiator.

### KESIMPULAN

Hasil analisa FTIR menunjukkan bahwa setelah proses deproteinisasi terjadi pengurangan kandungan protein dalam karet alam dengan tereliminasi bilangan gelombang  $1210,53 \text{ cm}^{-1}$  milik ikatan N-H serta adanya kemunculan gugus fungsi baru menunjukkan bahwa proses cangkok telah terjadi antara stirena dan lateks karet alam terdeproteinisasi, yaitu pada bilangan gelombang  $696,38 \text{ cm}^{-1}$  dan  $696,43 \text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-H yang dimiliki oleh stirena pada sampel KPS dengan waktu reaksi 6,5 jam dan sampel APS dengan waktu reaksi 6 jam.

Persen efisiensi cangkok stirena maksimum dihasilkan dengan menggunakan inisiator KPS yaitu sebesar 85,1236%. Penggunaan inisiator KPS memberikan persen efisiensi cangkok stirena yang lebih tinggi untuk setiap variasi waktu reaksi dibandingkan dengan penggunaan inisiator APS.

Waktu terbaik dalam proses kopolimerisasi cangkok stirena pada lateks karet alam terdeproteinisasi yaitu 6,5 jam pada inisiator KPS memiliki konstanta kecepatan 0,0018 menit<sup>-1</sup> dengan efisiensi cangkok stirena

sebesar 85,1236 % dan 6 jam pada inisiator APS memiliki konstanta kecepatan 0,0059 menit<sup>-1</sup> dengan efisiensi cangkok stirena sebesar 61,4405%. Hasil penelitian menunjukkan kinetika reaksi disusun mengikuti orde satu, penelitian ini diperlukan analisa yang lebih detail untuk mengetahui penggunaannya sebagai produk setengah jadi yang sesuai standar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. A. S., dan Bashi, T. Y. K., 2015. Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectroscopy of New Copolymers of Acrylic Resin Denture Base Materials. *Internation Journal of Enhanced Research in Science Technology and Engineering*, 4(4): 172-180.
- 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.
- Arayaprane, W., dan Rempel, G. L. 2008. Preparation of A Natural Rubber Core/Polymer Shell In A Nanomatrix by Graft Copolymerization. *Polymer Science*. 110: 2475-2482.



- Azizah, U. 2004. *Laju Reaksi. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.*
- Bhattacharya dan Misra. 2004. Cangkok: A Versatile Means to Modify Polimers: Techniques, Factors, and Applications. *Progress In Polymer Science*. 29(8): 767-814.
- 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.
- Handayani, A., Soaloon, J., Zakka, H., dan Cifriadi, A., 2018. Kopolimerisasi Cangkok Natural Rubber-Graft-Poly (Metil Metakrilat) Sebagai Material Termoplastik Elastomer. *Jurnal Teknologi Indonesia*.
- Kalia, S. dan Saba M. W., 2013. *Polysaccharide Graft Copolymers, 1st Edition*. Berlin: Springer.
- Kreua-ongarjnukool, 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.
- Luo, P. dan Wu, G. 2012. Thermo-Mechanical Degradation-Induced Grafting of Poly(styrene-acrylonitrile) to Chlorinated Polyethylene. *Polymer Degradation and Stability*. 97(5): 766- 770.
- Nakason, C., Kaesaman, A., dan Supasanthikul, P., 2003. The Grafting of Maleic Anhydride Onto Natural Rubber. *Journal of Polymer Testing*. 23: 35-41.
- Nawamawat, K., Sakdapipanich, J. T., Ho, C. C., Song, J., dan Vancso, J. G. 2011. Surface Nanostucture of Hevea brasiliensis Natural Rubber Latex Particles. *Colloids and Surafces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 390(1-3): 157-166.
- 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.
- Pukkate, N., Yamamoto, Y. dan Kawahra, S. 2008. Mechanism of Graft Copolymerization of Styrene onto Deproteinaized Natural Rubber. *Colloid Polymer Science*. 286: 411-416.
- 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. R., 2015. Kajian Modifikasi Kimia secara Kopolimerisasi Cangkok pada Pembuatan Karet Alam Termoplastik. *Warta Per karetan*, 34(1): 65-76.
- 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.
- Putra, A., Yelmida, Y., dan Bahrudin, B. 2014. Pengaruh Waktu dan Suhu Reaksi Cangkok pada Proses Pembuatan Maleated Natural Rubber. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*. 1: 1-6.
- Sakdapipanich, J. T. dan Rojruthai, P., 2012. *Molecular Structure of Natural Rubber and Its Characteristics Based on Recent Evidence*. InTech, Austria.
- Sari, T. I., Saputra, A. H., Maspanger, D. R., dan Bismo, S., 2017. Modification of Natural Rubber as a Resistant Material To Dimethyl Ether. *Journal of Applied Sciences*,

- 17: 53-60.
- Sondari, D., Haryono, A., Ghozali, M., Randy, A., Suhardjo, K. A., Ariyadi, B., dan Surasno., 2010. Pembuatan Elastomer Termoplastik Menggunakan Inisiator Potasium Persulfate dan Ammonium Peroxydisulfate. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 41-45.
- Songsing, K., Vatanatham, T., dan Hansupalak, N., 2013. Kinetics and Mechanism of Grafting Styrene Onto Natural Rubber in Emulsion Polymerization Using Cumene Hydroperoxide Tetraethylene-pentamine as Redox Initiator. *European Polymer Journal*, 49(5): 1007-1016.
- Sudarmaji. 2012. Mempelajari Pengaruh Jenis Inisitor, Jenis Surfaktan dan Waktu Feeding Monomer terhadap Kinerja Pressure Sensitive Adhesive Berbasis Air. *Tesis*. Indonesia: Universitas Indonesia.
- Suhardjo, K. A., Basuki, A., Randy, A., dan Sondari, D. 2011. Modifikasi Karet Alam menjadi Bahan Elastomer Termoplastik. *Jurnal Riset Industri*. 5(3): 283-292.
- Suhartini, M. dan Ernawati, E., 2014. Karakteristik Kopolimer Radiasi Selulosa Asetat-co-Glutaradehida. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(4): 214-220.
- 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.
- Wei, Y., Zhang, H., Wu, L., Jin, L., dan Liao, S., 2017. A review on Characterization of Molecular Structure of Natural Rubber. *MOJ Polymer Science*, 1(6): 197-199.
- Yamak, H. B., 2013. *Emulsion Polymerization: Effects of polymerization Variables on The Properties of Vinyl Acetate Based Emulsion Polymers*, *Polymer Science*. INTECH, Turkey.
- Zhang, J. L., Chen, H. X., Ke, C. M., Zhou, Y., Lu, H. Z., dan Wang, D. L. 2011. Graft Polymerization of Styrene Onto Waste Rubber Powder and Surface Characterization of Graft Copolymer. *Springer*. 68: 789-801.