

PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU DEPOLIMERISASI LATEKS DADIH TERHADAP PENURUNAN BERAT MOLEKUL DAN MUTU LEM KARETNYA

THE EFFECT OF TEMPERATURE AND DURATION DEPOLYMERIZATION OF NATURAL RUBBER LATEX TOWARDS MOLECULAR WEIGHT AND ITS ADHESIVE QUALITY

Tri Susanto dan Chasri Nurhayati

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl Perindustrian II No 12, Sukarami, Palembang, 30152
e-mail: 3trisusanto87@gmail.com

Diterima: 13 Februari 2017; Direvisi: 20 Maret 2017 s/d 14 Juni 2017; Disetujui: 30 Juni 2017

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur dan waktu depolimerisasi lateks karet alam sistem dadih (LKASD) menggunakan NaNO_2 , H_2O_2 dan Asam Askorbat (0,4 :0,2 :0,1) mol pada pH sekitar 5 terhadap penurunan berat molekul, kemudian dipelajari pengaruhnya terhadap kualitas lem yang dihasilkan. Tahapan penelitian meliputi pembuatan LKASD, depolimerisasi LKASD, pembuatan crepe karet, pembuatan kompon dan dilanjutkan dengan pembuatan lem karet. Depolimerisasi dilakukan dengan memvariasi temperatur (50, 70 dan 90 °C) dan durasi (4, 6, 8, dan 10 jam). Indikasi penurunan berat molekul ditentukan melalui uji viskositas mooney, sedangkan kualitas lem karet ditinjau dari uji viskositas brookfield dan daya rekatnya. LKASD berhasil dibuat menggunakan zat pendadih 2% (v/v) ammonium laurat 20% dan 0.2% (v/v) natrium alginate 2% menghasilkan kadar karet kering 49,36%, kemantapan mekanik 91 detik, kadar ammonia 0,58 % dan viskositas mooney 193.80 cp. Depolimerisasi kimiawi ini mampu menurunkan viskositas mooney LKASD hampir 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan berat molekul paling besar adalah depolimerisasi pada suhu 70 °C selama 8 jam yang dindikasikan dengan penurunan viskositas mooney dari 193.80 menjadi 10.05 cp. Dari hasil pengujian kualitas lem, semakin rendah berat molekul maka daya rekat antar lapisan karet- karet semakin tinggi dengan nilai viskositas brookfield yang juga semakin rendah. Daya rekat lem yang dihasilkan berkisar antara 4.76 – 17.25 kg/inch² dengan viskositas brookfield antara 1966 – 3810 cp. Berdasarkan perbandingan dengan kualitas lem karet pasaran yaitu daya rekat sekitar 4,35 kg/inch², dapat disimpulkan bahwa lem karet hasil penelitian sudah memenuhi persyaratan pasaran.

Kata kunci : Depolimerisasi kimiawi, lateks karet berbobot molekul rendah, daya rekat, lem karet, viskositas brookfield

Abstract

The objective of this research was to study the effect of temperature and time depolymerization of natural latex rubber using NaNO_2 , H_2O_2 and Ascorbic Acid (0.4: 0.2: 0.1) mol at pH about 5 towards its molecular weight reduction, then studied the effect on the quality of adhesives produced. The stages of this research include making concentrated natural rubber latex, its depolymerization, rubber crepe making, rubber compounding and followed by rubber adhesives manufacturing. Depolymerization is conducted by varying the temperature (50, 70 and 90 °C) with the duration (4, 6, 8, and 10 hours). The indication of molecular weight reduction is determined by the mooney viscosity test, while the quality of the rubber adhesives is evaluated from the Brookfield viscosity test and its peel strength. Concentrated Natural Rubber was successfully prepared using 2% (v/v) ammonium laurate 20% and 0.2% (v/v) 2% sodium alginate resulted in dry rubber content 49.36%, mechanical stability 91 seconds, ammonia 0.58% and Viscosity Mooney 193.80 cp. Chemical depolymerization is able to reduce the viscosity mooney of natural rubber approximately 95%. The results showed that the greatest molecular weight reduction was depolymerization at 70 °C for 8 hours indicated by decreasing the mooney viscosity from 193.80 to 10.05 cp. From the results of testing the quality of the adhesives, the lower the molecular weight the adhesive power between layers of rubber is higher with lower Viscosity Brookfield. The peel strength of resulted adhesive ranges from 4.76 - 17.25 kg / inch² with brookfield viscosity between 1966 - 3810 cp. Based on the comparison with the quality of rubber adhesives in the market that has peel strength about 4.35 kg / inch², it can be said that the rubber adhesives from of this research results have met the market requirements.

Keywords: Chemical depolymerization, low molecular weight rubber latex, peel strength, rubber- adhesives, viscosity brookfield.

PENDAHULUAN

Lateks alam merupakan sistem dispersi koloidal dari poly(cis-1,4-isoprene), $(C_5H_8)_n$ yang mengandung sekitar 93,7% rantai hidrokarbon, 2,2% protein, 0,4% karbohidrat, 2,4% natural lipid, 1,1% glikolipid dan phospholipids, 0,2% material anorganik, dan 0,1% senyawa lain (Sansatsadeekul, Sakdapipanich, & Rojruthai, 2011). Lateks alam mengandung kadar karet kering 25-40%, sedangkan untuk massa molar karet alam adalah 50,000 sampai 3,000,000 g/mol (Ibrahim, Daik, & Abdullah, 2014).

Akhir-akhir ini pengembangan modifikasi karet alam untuk pemenuhan kebutuhan industri banyak dilakukan. Sebagai contoh, karet alam dimodifikasi untuk menghasilkan karet siklo melalui proses siklilisasi dan karet berbobot molekul rendah melalui proses degradasi kimia. Karet siklo memiliki sifat daya rekat yang baik dan digunakan untuk bahan baku industri perekat, cat, dan pelapis (Cifriadi, Budianto, & Alfa, 2011). Sedangkan, lateks alam yang terdegradasi dengan bobot molekul rendah mempunyai reaktivitas ikatan silang dan adhesivitas yang kuat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan industri produk *compatibilizer*, *plasticizer*, lem, *grafting*, *plasticizer* reaktif, *calking compounds*, dan *coating* (Shalub, Bellinger, & Jackson, 1999).

Degradasi rantai molekul karet bertujuan untuk melunakkan atau menurunkan viskositas karet, dan untuk memperoleh karet dengan rantai molekul yang lebih pendek. Degradasi lateks karet alam biasanya dilakukan dengan metode foto degradasi maupun degradasi oksidatif semisal reaksi redoks, oksidasi fotokimia, ozonolysis, mastikasi dan pirolisis (Fainleib, Pires, Lucas, & Soares, 2013). Salah satu kelemahan pirolisis adalah tingginya temperature menyebabkan kesulitan mengontrol distribusi berat molekul atau struktur akhir proses degradasi sehingga terbentuk ikatan silang atau rekombinasi. Oleh karena itu, degradasi kimia melalui reaksi redoks dijadikan proses alternatif

depolimerisasi lateks alam. (Tribawati, 2009) menggunakan H_2O_2 dan $NaNO_2$ dengan tambahan asam format untuk menghasilkan lateks alam berbobot molekul rendah. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peroxyinitrite (senyawa intermediet) mampu mendegradasi lateks pada kondisi asam, dimana keasaman berpengaruh positif terhadap penurunan berat molekul (Kodama, Nishi, & Furukawa, 2003). Degradasi kimia karet alam melalui oksidasi dengan energi panas (*thermal-oxidation*) mempunyai sifat yang unggul pada produknya yaitu meningkatkan kuat tarik dan perpanjangan putus, sehingga karet tersebut berperan penting pada aplikasi industri ban, sarung tangan dan produk lain (Phinyocheep, Phetphaisit, Derouet, Campistron, & Brosse, 2005). Kunci proses degradasi adalah dihasilkannya karet dengan distribusi berat molekul yang sempit dan rantai molekul yang sefleksible mungkin. Aplikasi utama *adhesive* dari karet tersebut banyak pada industri ban dikarenakan sifat mekanik yang unggul yaitu lebih rigid/ kaku, adanya ikatan silang yang bagus dan elastisitas yang baik dari pada *adhesive* dari resin sintesis (Phetphaisit, Bume, Namahoot, Ruamcharoen, & Ruamcharoen, 2013).

Depolimerisasi ditandai dengan putusnya ikatan rantai utama sehingga menyebabkan pemendekan panjang rantai dan penurunan bobot molekul, selain itu juga terjadi pada gugus samping namun pengaruhnya tidak sebesar pada gugus utama (Tangpakdee, Mizokoshi, Endo, & Tanaka, 1998). Perubahan sifat fisik karet akibat depolimerisasi mengakibatkan pembentukan ikatan kimia baru melalui mekanisme ikatan silang sehingga konversi molekul menjadi lebih tinggi (Rodriguez, Cohen, Ober, & Archer, 2014). (Isa, Yahya, Hassan, & Tahir, 2007) melakukan depolimerisasi karet alam pekat system sentrifugasi (60% KKK) menggunakan oksidator Hidrogen Peroksida (H_2O_2) sebanyak 2 phr dan reduktor Natrium Hipoklorit ($NaOCl$) sebanyak 7 phr pada

suhu 70°C selama 16 jam dan menghasilkan karet dengan berat molekul $3,06 \times 10^5$ g/mol. Berbagai depolimerisasi redoks lateks pekat karet alam system sentrifugasi (58-61% KKK) menggunakan 2 bagian seratus karet (bsk) oksidator (H_2O_2) dan 3 bsk reduktor (NaOCl) pada suhu 70°C, selama 16 jam dapat menghasilkan penurunan berat molekul karet sebesar $3,06 \times 10^5$ g/mol ((Ibrahim et al., 2014)).

Karet alam dengan bobot molekul yang rendah (150.000-400.000) memiliki sifat lekat yang baik, sehingga dapat disebut sebagai karet lunak. Sifat dan bentuknya inilah yang dapat dijadikan dasar dalam industri perekat berbahan lateks (Chen et al., 2007). Perekat merupakan suatu bahan yang mampu menyambungkan atau menyatukan kedua permukaan benda sehingga mempunyai kekuatan yang memadai saat dikenai beban tertentu (Fujita et al., 1998). Aplikasi karet alam terdegradasi sebagai lem karet karena memiliki daya lengket yang cukup tinggi, lem karet tanpa degradasi hanya dapat digunakan pada aplikasi perekat untuk bahan berpori (Aubrey & Sherriff, 1980). Karet alam terdegradasi selain mempunyai sifat adhesive yang bagus untuk beberapa permukaan, juga perpanjangan putus yang tinggi pada lapisan adhesive antar mukanya. Ketika dua permukaan lapisan polimer karet yang sama dilekatkan, kekuatan lekatnya akan bergantung pada waktu kontak (Chen et al., 2007; Fujita et al., 1998). Ini dapat berkontribusi antara kenaikan interdiffusi molekul atau meningkatkan kontak area dengan waktu. Penelitian (Poh, Lee, & Chuah, 2008) mengungkapkan bahwa ketahanan *tackiness* lem karet dipengaruhi oksidasi dengan adanya cahaya dan oksigen, dan juga ketebalan adhesive yang berpengaruh pada peel strength, semakin tebal menghasilkan kuat ikatan yang rendah, dan hal ini dimungkinkan karena *curing* / pemasakan karet yang tidak sempurna karena terlalu tebal.

Lem karet yang dikembangkan merupakan hasil depolimerisasi lateks

pekat system dadih, dimana proses sentrifugasi membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga kurang layak dikembangkan pada skala industri kecil. Oleh karena itu perlu dikembangkan pembuatan lem karet berbahan lateks karet alam pekat dengan sistem dadih (LKASD) sehingga dapat diusahakan pada industri skala kecil maupun rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur dan waktu depolimerisasi redoks LKASD menggunakan $NaNO_2$, H_2O_2 dan Asam Askorbat terhadap penurunan berat molekul karet. Selanjutnya, dipelajari pengaruh kondisi depolimerisasi tersebut terhadap kualitas lem karet dari karet yang sudah terdegradasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Lateks kebun, Hidrogen Peroksida (30%) Merck, Ammonia (Merck), Ammonium Laurat, Natrium Alginat, Natrium Nitrit Merck, Asam Askorbat Merck, Asam Format Merck, surfaktan sodium dodecyl sulfat (Merck), methanol (Merck), toluene teknis, ZnO (Merck), Asam Stearat, TBBS, Sulphur.

Peralatan

Water bath, *magnetic stirrer*, oven, *creeper*, pengaduk (agitator), desikator, thermometer, neraca analitis, glassware, Viscometer Mooney, Viskometer Brookfield, alat sentrifugasi, *two roll mill*,

Prosedur Penelitian

Pembuatan Lateks Karet Alam Pekat Sistem Dadih.

Sebanyak 20 mL atau lebih Ammonia 20% ditambahkan kedalam 1 liter lateks kebun, dan disaring dengan saringan baja 60 mesh, sehingga pH lateks kebun menjadi sekitar 10. Kemudian, ditambahkan 20 ml larutan Ammonia 20%, 20 ml larutan Ammonium Laurat 20%, dan bahan pendadiah 2 ml Natrium Alginate 2% ke dalam 1 liter lateks kebun yang sudah disaring (Nurhayati & Andayani, 2015). Pendadiah ini dilakukan dengan alat

bejana pendadiah yang mempunyai lubang angin bagian atas, agitator, saluran pipa pelepasan dibagian bawah. Tahapan selanjutnya, serum lateks dikeluarkan dari pipa bawah sekali setiap 24 jam, selanjutnya ditambahkan 20 ml larutan ammonia 20% atau lebih untuk menstabilkan kadar ammonia lateks dalam bejana sebesar 0,55% tiap pembuangan serum. Pendadiah dilakukan selama 16 hari.

Depolimerisasi

Emulsifier, Natrium Dodecyl Sulfat ditambahkan kedalam lateks pekat hasil pendadiah yang telah diencerkan 2 kali, diaduk sehingga terdispersi dan melapisi partikel karet untuk menjaga kestabilan terhadap gerakan mekanis maupun guncangan. Depolimerisasi dilakukan dengan menambahkan 0,4 mol H_2O_2 , 0,2 mol $NaNO_2$, dan 0,1 mol Asam Askorbat ke dalam lateks system dadih dalam labu leher tiga yang telah diencerkan 2 kali dari sistem dadih yang didapat pada langkah sebelumnya. Larutan diatur pH sekitar 5 dengan menambahkan larutan Ammonia 20% maupun Asam Formiat 5%. Proses depolimerisasi dilakukan pada *water bath*, variasi pemanasan dilakukan pada suhu 50, 70 dan 90 °C, dengan durasi selama 4, 6, 8, dan 10 jam. Lateks yang terdegradasi dimurnikan dengan melarutkannya dalam toluene teknis, dikoagulasi dengan methanol, digiling menggunakan hand mangle dan dikeringkan pada *oven vacuum* pada suhu 60 °C. Pengujian viskositas dilakukan sebelum pembuatan creepe, tiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali.

Pembuatan Kompon Karet dan Lem Karet

Proses pembuatan kompon skala laboratorium dilakukan dengan mengacu pada prosedur baku ASTM D3182 pada mesing giling terbuka (*two roll mill*). Formulasi yang dibuat mengacu kepada formulasi pembuatan komponen karet standar yang dimodifikasi melalui penggantian karet dengan creepe hasil depolimerisasi. Dalam kompon lem karet yang dibuat, karet berbobot molekul

rendah berfungsi sebagai bahan pelekat (*tackifier*) sebanyak 100 phr, 5 phr ZnO, 2 phr Asam Stearat, 1 phr TBBS, dan 2,5 phr Sulfur. Creepe Karet yang dicobakan untuk bahan pembuatan lem adalah seluruh hasil percobaan depolimerisasi pada variasi suhu dan lama pemanasan yaitu sebanyak 12 perlakuan, dimana proses pembuatan kompon dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali.

Lem karet dibuat dengan melarutkan 1 bagian kompon karet dengan 4 bagian toluene teknis dan dibantu dengan pengadukan. Proses pelarutan berkisar selama 12 jam.

Pengujian

Pengujian hasil lateks sistem dadih dilakukan untuk parameter kadar karet kering, kadar jumlah padatan, kadar ammonia, kemantapan mekanik, pH, Viskositas sesuai SNI 06-3139-1992. Untuk mengetahui tingkat efektivitas degradasi karet (indikasi adanya penurunan berat molekul) pada berbagai variasi, maka dilakukan pengujian viskositas mooney pada creepe karet. Pengoperasian viskositas mooney dilakukan dengan pemanasan alat sampai suhu 100 °C, kemudian diletakkan 25g contoh creepe karet di atas rotor dan dibawah rotor, ditutup dan dipanaskan selama 1 menit, kemudian rotor dijalankan dan tenaga untuk memutar rotor dibaca setelah 4 menit (Poh & Tan, 1991). Penentuan kualitas lem karet yang dihasilkan dibuktikan melalui pengujian daya rekat menggunakan tensometer instron dan pengujian kekentalan/ viskositas brookfield menggunakan viscometer Brookfield yang dilakukan pada suhu kamar sekitar 27 °C. Prinsip viskometer brookfield adalah pengukuran gaya puntir rotor silinder (*spindle*) yang dicelupkan pada sampel (lem karet) diwadah, dan mengukur tahanan gerak dari bagian yang berputar (Ho & Khew, 1999). Replikasi pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, sedangkan analisa data hanya secara deskriptif analisis. 3 jenis lem karet pasaran diuji dan digunakan sebagai bahan perbandingan kualitas lem yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lateks Karet Alam Sistem Dadih

Pemekatan lateks kebun dilakukan menggunakan sistem dadih menggunakan bahan pendadiah natrium alginate sehingga didapatkan kadar karet kering $49,36 \pm 0.89$ %, seperti pada Tabel 1, nilai ini dibawah 60% yang biasa

dihasilkan dari proses pemusingan lateks kebun menggunakan proses fisika (sentrifugasi). Rendahnya nilai KKK sebanding dengan rendahnya nilai viskositas, hal ini akan mempermudah proses depolimerisasi kimiawi – redoks.

Tabel 1. Hasil pengujian lateks karet alam sistem dadih

No.	Parameter Uji	Hasil Uji
1	Kadar karet kering	$49,36 \pm 0.89$ %
2	Kadar jumlah padatan	$50,65 \pm 2.12$ %
3	Kadar amonia (NH ₃)	$0,58 \pm 0.01$ %
4	Kemantapan mekanik	90 ± 1.42 detik
5	pH	10.14 ± 0.382
6	Viscositas	193.8 ± 0.566 cp

Penurunan Berat Molekul Karet Alam

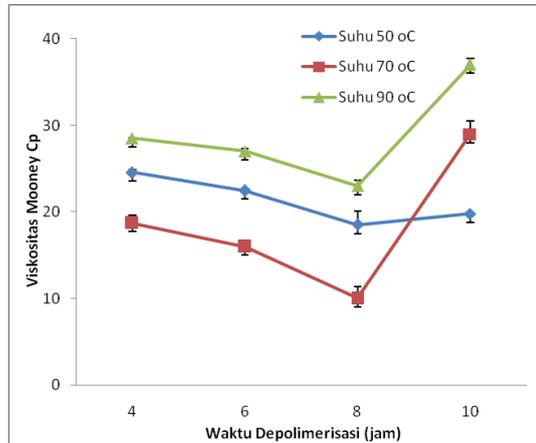
Viskositas mooney pada karet menunjukkan panjangnya rantai molekul dan berat molekul yang dimiliki dikarenakan derajat pengikatan silang antar molekulnya tinggi. Pada umumnya, semakin tinggi berat molekul (BM) juga semakin panjang rantai molekulnya dan semakin tinggi sifat tahanan aliran bahan yang berarti bahwa karet semakin viscous dan keras (Cifriadi et al., 2011; Fainleib et al., 2013; Ibrahim et al., 2014). Nilai Viskositas berlawanan dengan plastistitas, sebab semakin plastis karet maka semakin cepat rotor berputar dan hanya memerlukan tenaga kecil, hal ini menunjukkan viskositas yang rendah (Poh & Tan, 1991). Atas dasar pemikiran tersebut, penurunan berat molekul karet alam ditinjau dan dianalisis melalui hasil uji viscositas lateks yang terdegradasi.

Pengaruh waktu dan temperatur pemanasan pada depolimerisasi LKASD secara reaksi reduksi oksidasi (NaNO₂, H₂O₂ dan Asam Askorbat) dapat dilihat pada Gambar 1. Viskositas awal sebelum depolimerisasi adalah 193,8 cp, apabila dilihat dari seluruh perlakuan viskositas hasil lateks yang terdepolimerisasi berkisar antara 9.743 hingga 37,517 cp. Hal tersebut

menunjukkan bahwa proses depolimerisasi terbukti mampu menurunkan viskositas hampir 100 kali lipat. Dengan demikian, depolimerisasi menggunakan NaNO₂, H₂O₂ dan Asam Askorbat pada suhu 50 – 90 °C dengan pemanasan selama 6 – 10 jam tersebut dapat memperpendek rantai atau menurunkan bobot molekul karet alam.

Apabila dilihat pada temperature yang sama, maka kenaikan lama depolimerisasi akan menurunkan nilai viskositas mooney, hal ini terlihat jelas pada suhu 50°C yaitu penurunan viskositas mooney dari 24,555 Cp pada waktu depolimerisasi 4 jam berangsur menjadi 18.505 cp pada depolimerisasi selama 8 jam, dan meningkat selama 10 jam sebesar 16.664 cp. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada temperature pemanasan 70 dan 90 °C. Akan tetapi, fenomena penurunan viskositas terhenti hingga lama pemanasan 8 jam, dapat dilihat jelas pada Gambar 1 bahwa setelah pemanasan selama 8 jam viskositas lateks akan meningkat, seperti yang terjadi pada depolimerisasi pada 50 °C, viskositas naik drastis dari 10 cp menjadi sekitar 40 cp. Depolimerisasi pada suhu 90°C selama 10 jam tidak menyebabkan penurunan viskositas mooney dikarenakan pada suhu tersebut

air yang terdapat pada lateks sudah menguap sehingga lateks akan mengalami proses pengentalan/vulkanisasi selama pemanasan, sehingga depolimerisasi karet terhenti (Ibrahim et al., 2014; Phinyocheep et al., 2005; Tribawati, 2009).



Gambar 1. Pengaruh Waktu dan Suhu Depolimerisasi terhadap Viskositas Mooney Lateks Alam

Dalam penelitian ini digunakan H_2O_2 dan $NaNO_2$ (reduktor yang sangat kuat), pengaruh peroksida terhadap degradasi rantai molekul berlangsung lambat, tetapi berlangsung cepat dengan adanya bahan peptiser (pemutus rantai) yang berfungsi sebagai pemindah radikal bebas dan meningkatkan efektivitas reaksi oksidasi molekul karet alam, dalam penelitian ini Asam Askorbat. Pencampuran reduktor dengan peroksida sebagai bahan pendegradasi akan meningkatkan kinerja degradasi pada suhu rendah (Fainleib et al., 2013; Ibrahim et al., 2014; Isa et al., 2007). Pada konsentrasi serta suhu yang meningkat, akan meningkatkan kinerja dari radikal hidrogen peroksida, sehingga kenaikan suhu dalam penelitian ini akan menurunkan viskositas lateks karet alam. Hal ini dipertegas bahwa tingkat destruksi senyawa ini adalah 2,2 kali setiap kenaikan suhu $10^{\circ}C$ (Phinyocheep et al., 2005). Adanya alkalinitas pada kondisi ini $pH=5$ juga mempercepat destruksi hidrogen peroksida, walaupun preparasi dalam kondisi asam memproduksi liquid natural rubber dengan gugus hidroksil. Penjelasan tersebut menguatkan bahwa

depolimerisasi pada suhu $70^{\circ}C$ merupakan kondisi optimum bila dibandingkan dengan suhu $50^{\circ}C$ atau $90^{\circ}C$. Hal ini sesuai dengan penjelasan (Ibrahim et al., 2014; Isa et al., 2007) bahwa pemanasan pada $70^{\circ}C$ menyebabkan senyawa H_2O_2 mengalami dekomposisi menjadi sumber radikal bebas, radikal OH^* , sedangkan senyawa $NaNO_2$ dapat menghasilkan radikal bebas NO^* dan NO_2^* . Pada saat bahan Peningkatan jumlah konsentrasi radikal dapat memicu degradasi lateks alam, sehingga menurunkan viskositas intrinsik dan bobot molekul relatif rata-rata viskositas.

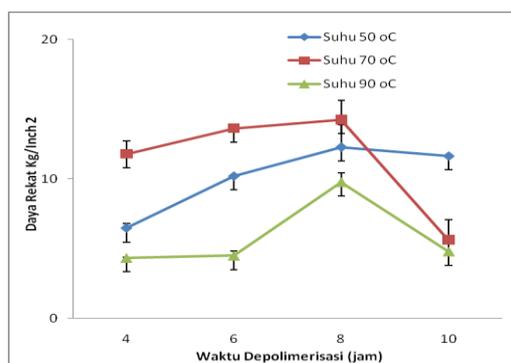
Pada penelitian ini, depolimerisasi berlangsung pada $pH 5$, dimana H_2O_2 dan $NaNO_2$ bereaksi spontan memproduksi asam peroxynitrite, yang akan terdekomposisi dengan fission homolitik menjadi radikal hidroksil dan Nitrogen Dioksida, dan selanjutnya akan terprotonasi menjadi asam peroxynitrous (Fainleib et al., 2013; Ibrahim et al., 2014). Radikal OH tersebut akan menyerang proton labil yang terikat pada Karbon alpha dan menyebabkan celah pada cincin untuk membentuk radikal makro dari rantai karet alam. Cincin tersebut akan memutus ikatan penghubung $C_aH_2-C_aH_2$ (C1-C4) dari unit isoprene (Ravindran, Nayar, & Francis, 1988). Gugus tersebut tidak pada satu tempat karena konfigurasi cis-isoprene, sehingga menyebabkan struktur tidak berimbang dengan gugus metil yang menghasilkan *stearic hindrance* (Yu, Li, Zhong, & Xu, 2006). Pada kondisi tersebut, ikatan $C_aH_2-C_aH_2$ menjadi lemah yang dapat terbelah dengan mudah dikarenakan adanya spesies radikal. Sehingga, apabila diamati lebih lanjut akan menyebabkan penurunan viskositas LKASD yang cukup signifikan pada $pH 5$.

Konsentrasi H_2O_2 dan $NaNO_2$ yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian (Ibrahim et al., 2014), jumlah tersebut tidak memicu reaksi samping dan ikatan silang kembali, sehingga dihasilkan penurunan berat molekul kurang dari 50.000 g/mol. Berdasarkan penurunan nilai viskositas,

penambahan Asam Askorbat pada dapat meningkatkan efektivitas depolimerisasi bila dibandingkan dengan penelitian (Fainleib et al., 2013; Ibrahim et al., 2014; Isa et al., 2007).

Daya rekat

Perekat merupakan suatu bahan yang mampu menyambungkan kedua permukaan benda sehingga mempunyai kekuatan yang memadai saat dikenai beban tertentu (Aubrey & Sherriff, 1980; Fujita et al., 1998). Perekat hasil penelitian ini merupakan perekat berbasis pelarut yang dibuat dengan cara mencampurkan karet creepe, karet alam, dan bahan kimia. Karet terdepolimerisasi berfungsi sebagai bahan pelekat/ *tackifier*, ZnO dan Asam Stearat berfungsi sebagai pengaktif vulkanisasi, TBBS berfungsi sebagai bahan pencepat vulkanisasi, dan Sulfur berfungsi sebagai bahan pemvulkanisasi (Cifriadi et al., 2011; Phetphaisit et al., 2013). Peristiwa perekatan tidak terlepas dari adanya pengaruh gaya elektron (Gaya Van der Waals) pada bahan-bahan yang saling direkat. Perekatan dapat terjadi karena mengerasnya cairan perekat yang masuk ke dalam struktur bahan yang direkat. Karakteristik perekat peka tekanan adalah sifat kohesifnya yang lebih dominan (Aubrey & Sherriff, 1980; Chen et al., 2007; Shalub et al., 1999).



Gambar 2. Pengaruh Waktu dan Suhu Depolimerisasi terhadap Daya Rekat Lem Karet

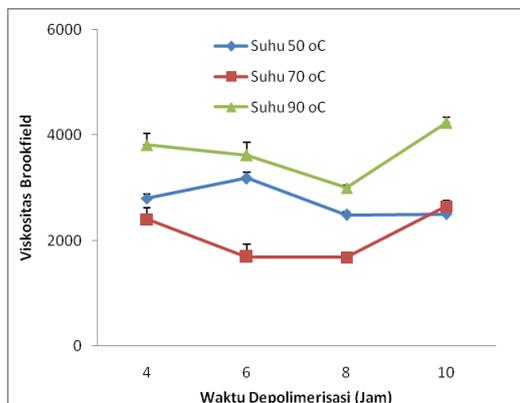
Gambar 2 menunjukkan daya rekat lem karet dari krep terdepolimerisasi yaitu berkisar antara 3,975 sampai dengan 14,249 kg/inch². Gambar 2 juga menunjukkan bahwa kenaikan waktu depolimerisasi akan menaikkan nilai daya rekat, hal ini terlihat pada suhu 50 °C, 4 jam yaitu kenaikan nilai daya rekat dari 6.468 kg/inch² meningkat menjadi 12.282 kg/inch² selama 8 jam, dan menurun pada depolimerisasi selama 10 jam sebesar 11.638 kg/inch². Pada suhu 70 °C, 4 jam yaitu peningkatan daya rekat dari 11.780 kg/inch² menjadi 13.629 kg/inch² pada depolimerisasi selama 6 jam, dan meningkat lagi pada waktu 8 jam sebesar 14.249 kg/inch² yang mempunyai daya rekat paling tinggi. Pengecualian pada waktu 10 jam dengan suhu 70 °C, terjadi penurunan daya rekat menjadi 4,760 kg/inch². Pada suhu 90 °C, perlakuan waktu depolimerisasi akan menaikkan nilai daya rekat kecuali pada perlakuan waktu depolimerisasi 10 jam.

Uji penurunan viskositas memberi gambaran perpendekan rantai molekul, sedangkan besarnya berat molekul mengindikasikan daya rekat lem karet yang dihasilkan. Secara umum, berdasarkan perbandingan hasil uji daya rekatnya dengan lem karet sejenis dan sama peruntukkannya, maka lem karet hasil penelitian ini memenuhi syarat mutu yang ada di pasaran yaitu sekitar 4,395 kg/inch².

Pengaruh suhu dan lamanya depolimerisasi terhadap penurunan viskositas adalah sangat relevan dengan hasil uji daya rekat lem karet yang dihasilkan. Depolimerisasi yang terjadi selain mengakibatkan penurunan berat molekul dan meningkatkan jumlah gugus hidroksil, yang mampu meningkatkan polaritas bahan sehingga akan meningkatkan kuat rekatan melalui penyatuan substrat dengan substrat yang lebih baik dan kokoh.

Viskositas Brookfield

Selain daya rekat, viskositas menunjukkan parameter kualitas perekat. Viskositas menunjukkan kemampuan perekat untuk mengalir pada permukaan yang direkat, semakin tinggi viskositas maka kemampuan untuk membasahi dan melakukan penetrasi ke dalam pori-pori permukaan yang akan direkatkan akan semakin sulit. Namun, jika kekentalan terlalu rendah, maka penetrasi perekat ke dalam pori-pori akan berlebihan dan menyebabkan berkurangnya garis rekatan (Ho & Khew, 1999; Kodama et al., 2003). Namun bila jumlah perekat terlalu banyak, maka gaya adhesi lebih lemah dari pada gaya kohesi, sehingga daya rekat menurun. Keadaan ini serupa juga akan terjadi apabila jumlah perekat berkurang (Aubrey & Sherriff, 1980).



Gambar 3. Pengaruh Waktu dan Suhu Depolimerisasi terhadap Viskositas Brookfield Lem Karet.

Hasil pengujian viskositas Brookfield lem karet disajikan pada Gambar 3, nilai viskositas lem karet berkisar antara 1680 – 4950 cp. Keadaan ini sejalan dengan pengaruh suhu dan waktu depolimerisasi terhadap penurunan viskositas mooney seperti yang dijelaskan gambar 1. Pada waktu depolimerisasi 4 jam menghasilkan viskositas Brookfield sebesar 2495 Cp, dan meningkat sampai dengan nilai viskositas Brookfield 3810 Cp pada waktu depolimerisasi 10 jam. Proses depolimerisasi pada suhu rendah 50°C selama 10 jam, kondisi lateks pekat dalam waterbath masih mempunyai kadar air atau serum yang memadai sehingga tidak

terjadi vulkanisasi lateks pekat (Ibrahim et al., 2014; Phinyocheep et al., 2005; Yu et al., 2006). Sebaliknya, pada suhu depolimerisasi 70°C, mula-mula terjadi peningkatan nilai viskositas brookfield dari 3505 pada waktu 4 jam, meningkat menjadi 4950 pada waktu 8 jam, dan tetapi menurun setelah waktu depolimerisasi selama 10 jam. Diduga apabila suhu depolimerisasi ditingkatkan menjadi suhu 90°C, maka proses vulkanisasi karet dipercepat terjadi disebabkan karena lateks mengalami penguapan lebih cepat, sehingga tidak terjadi pemutusan rantai karet dan kompon tersebut sukar larut. Berdasarkan hasil pengujian viskositas Brookfield pada sampel penelitian tersebut, nilai viskositas perekat yang dihasilkan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan nilai viskositas perekat komersial atau kontrol yaitu 98,275 Cp.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Pengolahan lateks alam menjadi LKASD berhasil dibuat menggunakan zat pendadih 2% (v/v) ammonium laurat 20% dan 0.2% (v/v) natrium alginate 2% menghasilkan kadar karet kering 49,36%, kemantapan mekanik 91 detik, kadar ammonia 0,58 % dan viskositas mooney 193.80 cp. Depolimerisasi LKASD menggunakan NaNO_2 , H_2O_2 dan Asam Askorbat (0,4 :0,2 :0,1) mol pada kondisi asam dapat berhasil menurunkan berat molekul dengan indikasi adanya penurunan viskositas mooney (95%). Kondisi optimum yaitu depolimerisasi pada suhu 70 °C selama 8 jam dengan menurunkan viskositas mooney dari 193.80 cp menjadi 10.05 cp. Kreepe hasil depolimerisasi LKASD diproses melalui *rubber compounding* untuk menjadi lem karet. Hasil menunjukkan bahwa daya rekat lem antara 4.76 – 17.25 kg/inch² dengan viskositas Brookfield antara 1966 – 3810 cp. Berdasarkan perbandingan dengan persyaratan kualitas lem karet pasaran berdasarkan nilai parameter tersebut, dapat disimpulkan bahwa lem karet hasil

penelitian sudah memenuhi persyaratan layak pasar.

SARAN

Sebaiknya dikembangkan depolimerisasi menggunakan senyawa oksidator dan reduktor yang lain untuk meningkatkan efektivitas penurunan BM dan dilanjutkan dengan signifikansi pembentukan karet siklo melalui depolimerisasi tersebut. Pengembangan lem karet berbasis kreeze dengan BM rendah sebaiknya difokuskan pada variasi substrat untuk menguji ketahanan dan daya rekatnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Kepala Baristand Industri Palembang, seluruh anggota tim penelitian dan pihak yang telah memberikan dukungan pendanaan, fasilitas dan kontribusi keilmuan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aubrey, D., & Sherriff, M. (1980). Peel adhesion and viscoelasticity of rubber-resin blends. *Journal of Polymer Science: polymer chemistry edition*, 18(8), 2597-2608.
- Chen, L., Gong, X.-l., Jiang, W.-q., Yao, J.-j., Deng, H.-x., & Li, W.-h. (2007). Investigation on magnetorheological elastomers based on natural rubber. *Journal of Materials Science*, 42(14), 5483-5489.
- Cifriadi, A., Budianto, E., & Alfa, A. A. (2011). KARAKTERISASI KARET SIKLO BERBASIS LATEKS KARET ALAM BERBOBOT MOLEKUL RENDAH. *Jurnal Penelitian Karet*, 29(1), 35-48.
- Fainleib, A., Pires, R. V., Lucas, E. F., & Soares, B. G. (2013). Degradation of non-vulcanized natural rubber-renewable resource for fine chemicals used in polymer synthesis. *Polímeros*, 23(4), 441-450.
- Fujita, M., Kajiyama, M., Takemura, A., Ono, H., Mizumachi, H., & Hayashi, S. (1998). Effects of miscibility on peel strength of natural-rubber-based pressure-sensitive adhesives. *Journal of applied polymer science*, 70(4), 777-784.
- Ho, C., & Khew, M. (1999). Surface morphology of prevulcanized natural rubber latex films by atomic force microscopy: new insight into the prevulcanization mechanism. *Langmuir*, 15(19), 6208-6219.
- Ibrahim, S., Daik, R., & Abdullah, I. (2014). Functionalization of liquid natural rubber via oxidative degradation of natural rubber. *Polymers*, 6(12), 2928-2941.
- Isa, S. Z., Yahya, R., Hassan, A., & Tahir, M. (2007). The influence of temperature and reaction time in the degradation of natural rubber latex. *Malays. J. Anal. Sci*, 11, 42-47.
- Kodama, S., Nishi, K., & Furukawa, M. (2003). Preparation of low molecular weight natural rubber by ozonolysis of high ammonia latex. *Journal of Rubber Research*, 6(3), 153-163.
- Nurhayati, C., & Andayani, O. (2015). Pengolahan lateks pekat proses dadih menggunakan garam alginat hasil ekstraksi rumput laut untuk produk busa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1), 49-58.
- Phetphaisit, C. W., Bume, R., Namahoot, J., Ruamcharoen, J., & Ruamcharoen, P. (2013). Polyurethane polyester elastomer: Innovative environmental friendly wood adhesive from modified PETs and hydroxyl liquid natural rubber polyols. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 41, 127-131.
- Phinyocheep, P., Phetphaisit, C., Derouet, D., Campistron, I., & Brosse, J. (2005). Chemical degradation of epoxidized natural rubber using periodic acid: Preparation of epoxidized liquid natural rubber. *Journal of applied polymer science*, 95(1), 6-15.
- Poh, B., Lee, P., & Chuah, S. (2008). Adhesion property of epoxidized natural rubber (ENR)-based adhesives containing calcium carbonate. *Express Polym Lett*, 2(6), 398-403.
- Poh, B., & Tan, B. (1991). Mooney scorch time of epoxidized natural rubber. *Journal of applied polymer science*, 42(5), 1407-1416.
- Ravindran, T., Nayar, M., & Francis, D. J. (1988). Production of hydroxyl-terminated liquid natural rubber—mechanism of photochemical depolymerization and

- hydroxylation. *Journal of applied polymer science*, 35(5), 1227-1239.
- Rodriguez, F., Cohen, C., Ober, C. K., & Archer, L. (2014). *Principles of polymer systems*: CRC Press.
- Sansatsadeekul, J., Sakdapipanich, J., & Rojruthai, P. (2011). Characterization of associated proteins and phospholipids in natural rubber latex. *Journal of bioscience and bioengineering*, 111(6), 628-634.
- Shalub, G. J., Bellinger, G., & Jackson, J. (1999). Method of bonding with a natural rubber latex and laminate produced: Google Patents.
- Tangpakdee, J., Mizokoshi, M., Endo, A., & Tanaka, Y. (1998). Novel method for preparation of low molecular weight natural rubber latex. *Rubber chemistry and technology*, 71(4), 795-802.
- Tribawati, R. Y. (2009). Depolimerisasi Lateks Karet Alam Secara Kimia Menggunakan Senyawa Hidrogen Peroksida–Natrium Nitrit–Asam Askorbat: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Yu, H. P., Li, S. D., Zhong, J. P., & Xu, K. (2006). Effects of stearates on the thermal stability of chlorinated natural rubber from latex. *Journal of applied polymer science*, 99(4), 1981-1985.