

**PEMBUATAN KOPOLIMER LATEKS KARET ALAM
DENGAN METIL METAKRILAT SEBAGAI
ADITIF PENURUN TITIK TUANG MINYAK MENTAH**

(Manufacture of Natural Rubber Latex Copolymer With Methyl Methacrylate As An Additive Lowering The Pour Point of Crude Oil)

Roza Adriany

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

roza_adriany@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 11 Maret 2016; Diterima setelah perbaikan tanggal 12 Agustus 2016;
Disetujui terbit tanggal: 31 Agustus 2016.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pembuatan kopolimer lateks karet *alam* dengan metil metakrilat yang digunakan sebagai penurun titik tuang minyak mentah. Metodologi penelitian adalah mereaksikan senyawa polimer Isoprena yang terkandung pada Lateks Karet Alam dengan Metil Metakrilat hingga membentuk kopolimer. Kopolimer ditambahkan ke dalam minyak mentah pada variasi konsentrasi 1000 ppm, 5000 ppm dan 10.000 ppm, kemudian dilakukan pengujian titik tuang dan viskositas kinematik dari minyak mentah sebelum dan sesudah ditambah kopolimer. Penambahan kopolimer pada minyak mentah mampu menurunkan titik tuang dari 24°C menjadi 6°C dan menurunkan viskositas kinematik dari 20,22 mm²/s menjadi 7,00 mm²/s, pada konsentrasi penambahan kopolimer 10.000 ppm.

Kata Kunci: kopolimer lateks karet *alam*, metil metakrilat.

ABSTRACT

Research has been undertaken on the manufacture of natural rubber latex copolymer with methyl methacrylate as an additive lowering the pour point of crude oil. The research methodology involves Isoprene polymer compound which is contained in Natural Rubber Latex reacting with Methyl Methacrylate to form a copolymer. The copolymer is then added into the crude oil at 1000ppm, 5000ppm and 10.000ppm concentrations, and then testing the pour point and kinematic viscosity, before and after the crude oil has been added to the copolymer. The extra copolymer in crude oil can lower the pour point from 24°C to 6°C and reduce kinematic viscosity down from 20,22mm /s to 7,00mm /s, in copolymer concentration increased to 10.000ppm.

Keywords: *natural rubber latex copolymer ; methyl methacrylate.*

I. PENDAHULUAN

Transportasi minyak mentah berparafin tinggi melalui pipa, terutama pada jalur di bawah laut yang bersuhu dingin, sering mengalami permasalahan yaitu pengendapan parafin di sepanjang dinding pipa yang menyebabkan terganggunya produksi dan transportasi minyak. Endapan parafin memperlambat laju aliran dan mengurangi diameter efektif dari pipa saluran (Fei Yang dkk 2015), (Novrida Ridzuan dkk 2012).

Pada saat suhu minyak mentah berada di bawah suhu *Wax Appearance Temperature* (WAT), kristal parafin mulai memisah dari cairan minyak dan bila suhu terus diturunkan, kristal parafin semakin banyak terbentuk dan mengendap di dinding pipa. Bila suhu minyak mentah terus menurun dan berada di bawah suhu titik tuang, maka minyak akan membeku atau tidak dapat mengalir (Al-Shafy dkk 2014 ; Muh Kurniawan dkk 2013 ; Novrida Ridzuan dkk 2012).

Salah satu cara untuk mengurangi endapan parafin adalah dengan menambahkan inhibitor parafin atau *pour point depressant* ke dalam minyak mentah yang akan dialirkan. Inhibitor parafin atau *pour point depressant* adalah material yang mempunyai struktur kimia yang mirip dengan parafin dalam minyak mentah. Umumnya merupakan senyawa polimer yang mempunyai rantai panjang hidrokarbon seperti parafin dan disamping itu juga mempunyai gugus polar. Polimer ini dapat mengendap atau mengkristal secara bersama-sama dengan parafin dengan menempati posisi molekul parafin pada kisi kristal melalui rantai hidrokarbon. Polimer juga mempunyai kemampuan untuk menempatkan halangan sterik pada kristal parafin yang terbentuk, yang dapat mengganggu pertumbuhan dan agregasi kristal, sehingga memperkecil ukuran kristal parafin (Bing Wei 2015).

Inhibitor parafin atau *pour point depressant* yang umum digunakan adalah senyawa polimer seperti *ethylene vinyl acetate* (EVA), *poly(ethylene-butene)* atau PEB dan *polyethylene - poly(ethylene-propylene)* atau PE-PEP (Al-Shafy dkk 2014 ; Bing Wei 2015 ; Yoki Yulizar dkk 2016).

Ethylene Vinyl Acetate (EVA) adalah kopolimer yang terdiri dari rantai hidrokarbon yang bersifat non polar dan gugus asetat yang bersifat polar. Adanya atom oksigen pada struktur EVA memainkan peran penting untuk menghambat pembentukan kristal parafin melalui interaksi van der Waals antara atom hidrogen aktif dalam molekul hidrokarbon (Novrida Ridzuan dkk 2012 ; Xu J dkk 2013).

Umumnya inhibitor parafin atau *pour point depressant* berasal dari bahan petrokimia yang merupakan sumber tidak terbarukan Ketergantungan terhadap bahan petrokimia ini perlu dikurangi. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan pembuatan aditif penurun titik tuang berbahan dasar lateks karet alam.

Lateks karet alam merupakan sumber terbarukan, mudah diperoleh di Indonesia dan mempunyai harga relatif murah. Komposisi rata-rata karet alam adalah 25-30 % poliisoprena, 1-1,8% protein, 1-2% karbohidrat, 0,4-1,1% lipid netral, 0,5-0,6% lipid polar, 0,4-0,6 komponen anorganik, 0,4% asam amino dan 50-70% air. Berat kering latek karet alam mengandung tidak lebih dari 90% *cis*-1,4-polyisoprene dan kurang dari 10% konstituen bukan karet seperti protein, karbohidrat, lemak, dan sebagainya (Nayanashree 2012).

Senyawa polimer Isoprena pada lateks karet alam ini dapat dikopolimerisasi dengan monomer yang bersifat polar seperti Metil Metakrilat (Sekyung Lee dkk 2011 ; Wongthong P dkk 2013).

Maksud dan tujuan penelitian adalah membuat kopolimer Lateks Karet Alam dengan monomer Metil Metakrilat sebagai penurun titik tuang minyak mentah dan mendapatkan data uji karakteristik minyak mentah sebelum dan sesudah penambahan kopolimer yaitu nilai *pour point* dan viskositas kinematik.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan utama adalah lateks karet alam pekat (LKAP) berkadar amonia tinggi dan monomer metil metakrilat. Bahan lain adalah akuades, sodium dodesil sulfat, kalium persulfat, aseton dan gas Nitrogen.

B. Metode

Metode penelitian terdiri dari : (1) Karakterisasi Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) untuk mengetahui kadar karet kering dan kadar nitrogen. Karakterisasi dilakukan sebelum dan sesudah proses deproteinasi. (2) Deproteinasi Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) yang bertujuan untuk mengurangi jumlah protein pada lateks. (3) Kopolimerisasi Lateks Karet Alam Pekat terdeproteinasi (LKAPDP) dengan Metil Metakrilat (MMA) pada rasio 60:40 dan 70:30. (4) Melakukan karakterisasi produk kopolimer yaitu menghitung efisiensi dan nisbah cangkok melalui pengujian konversi monomer serta melakukan analisis gugus

fungsi dengan FTIR. (5) Pelarutan kopolimer dengan pelarut Silena untuk memudahkan kelarutannya di dalam minyak mentah; (6) Pencampuran kopolimer dengan minyak mentah; (7) Pengujian unjuk kerja aditif kopolimer dalam minyak mentah yaitu penentuan nilai titik tuang, mengacu ASTM D97 dan penentuan nilai viskositas kinematik, mengacu ASTM D445.

a. Karakterisasi Latek Karet Alam

Karakterisasi terdiri dari penentuan Kadar Karet Kering (KKK) dengan mengacu metode ASTM D1076-06 dan penentuan kadar nitrogen dengan mengacu metode ISO 1656: 2006.

b. Deproteinasi LKA

Lateks pekat ditambah urea dan larutan Natrium Dodesil Sulfat (NDS). Campuran lateks dengan urea dan surfaktan diinkubasi pada suhu 30°C selama 1,5 jam dan selanjutnya diencerkan dengan larutan surfaktan hingga kandungan kadar karet kering lateks menjadi 30%. Lateks terdeproteinasi dipisahkan dengan fasa air (sisa urea dan protein terikat urea) dengan teknik sentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm. Kadar nitrogen lateks terdeproteinasi selanjutnya ditentukan untuk menghitung penurunan kadar protein dalam lateks karet alam terdeproteinasi (Oraphin dkk 2012).

c. Kopolimerisasi Cangkok Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi (LKAPDP) dengan Metil Metakrilat (MMA)

Kopolimerisasi cangkok dilakukan dengan polimerisasi emulsi sistem semikontinu dengan nisbah karet alam terhadap metil metakrilat yaitu 70:30 dan 60:40 (b/b). LKAPDP dituang ke dalam reaktor labu kaca leher tiga, diencerkan dengan akuades hingga kadar karet kering sekitar 20% dan ditambah surfaktan sodium dodesil sulfat beserta MMA. Selanjutnya ke dalam reaktor dialirkan gas N₂ selama 30 menit disertai pengadukan oleh pengaduk magnet dengan kecepatan 300 rpm untuk mendesak keluarnya gas O₂. Keberadaan oksigen akan menonaktifkan radikal bebas. Inisiator kalium persulfat ditambahkan ketika suhu campuran telah mencapai suhu reaksi yang ditetapkan 70°C selama 6 jam.

Setelah reaksi kopolimerisasi cangkok selesai, lateks digumpalkan menggunakan aseton. Gumpalan karet (krep) yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C.

d. Karakterisasi Kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi dan Metil Metakrilat

Kopolimer yang diperoleh dianalisis efisiensi dan nisbah cangkaknya dengan pengujian konversi monomer dan dianalisis gugus fungsinya dengan FTIR.

e. Penentuan Efisiensi dan Nisbah Cangkok

Keberhasilan pencangkokan monomer metil metakrilat (MMA) pada poliisoprena dari karet alam dapat diketahui dari persen efisiensi dan nisbah cangkok. Efisiensi cangkok merupakan perbandingan bobot monomer tercangkok dibanding bobot monomer mula-mula. Nisbah cangkok ditentukan dari perbandingan bobot monomer tercangkok dengan bobot karet total.

Sebelum ditentukan persen efisiensi dan nisbah cangkok, contoh hasil kopolimerisasi diekstraksi terlebih dahulu. Contoh disiapkan dalam kertas saring dibentuk timbel lalu dimasukkan ke dalam radas soklet. Proses sokletasi selama 24 jam pada suhu 35–60°C dengan pelarut aseton untuk menghilangkan homopolimer. Hasil kopolimerisasi yang telah diekstraksi dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C lalu ditimbang.

Perhitungan:

- Bobot contoh kopolimer sebelum ekstraksi = W1 .
- Bobot contoh kopolimer setelah ekstraksi = W2.
- Bobot kopolimer yang tidak tercangkok = W1 – W2 (bobot homopolimer).
- Faktor Koreksi (FK) = bobot krep hasil kopolimerisasi / bobot hasil kopolimerisasi.
- Bobot monomer metil metakrilat tercangkok = (bobot monomer metil metakrilat awal – (FK x bobot monomer metil metakrilat tidak tercangkok).
- Bobot monomer metil metakrilat awal = bobot metil metakrilat yang ditambahkan saat rekasi.
- Efisiensi Cangkok = (bobot metil metakrilat tercangkok / bobot metil metakrilat awal) x 100%.
- Nisbah Cangkok = (bobot metil metakrilat tercangkok / bobot karet kering) x 100%.

f. Analisis Gugus Fungsi dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan menggunakan spektrometer Agilent Cary 660. Sebanyak 0.1 gram sampel padatan secara langsung dianalisis pada spektrometer FT-IR dengan jangkauan bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹.

g. Pencampuran Aditif Kopolimer dengan Minyak Mentah

Sebanyak 5 gram kopolimer dilarutkan dalam 100 mL Silena untuk membuat larutan induk kopolimer sebesar 50.000 ppm. Larutan induk kopolimer kemudian dicampur dengan 200 gram minyak dengan variasi konsentrasi kopolimer 1000 ppm, 5000 ppm, dan 10.000 ppm.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Karakterisasi Lateks Karet Alam Pekat : Kadar Karet Kering (KKK)

Kandungan utama dari Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) adalah senyawa poliisoprena yang diistilahkan dengan karet kering. Selain daripada itu terdapat pula sejumlah protein, lemak dan ion logam. Keberadaan protein, lemak dan ion logam merupakan pengotor dalam LKAP (Nayanashree 2014). Protein dapat menghambat proses kopolimerisasi monomer ke dalam rantai poliisoprena. Oleh sebab itu sebelum kopolimerisasi dilakukan, protein sebaiknya dihilangkan atau dikurangi. Hasil uji kadar karet kering (KKK) dari Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) sebelum dan sesudah deproteinasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Kadar Karet Kering (KKK) dari Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) dan Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi (LKAPDP).

Parameter Pengujian	LKAP	LKAPDP
Kadar Karet Kering (KKK) %	59,28	62,15

Deproteinasi pada LKAP menyebabkan meningkatnya persentase karet kering (KKK) atau kadar poliisoprena yang berguna sebagai bahan dasar utama untuk reaksi kopolimerisasi.

B. Hasil Uji Kadar Nitrogen

Keberhasilan deproteinasi Lateks Karet Alam Pekat (LKAP) juga dapat dilihat dari penurunan kadar nitrogen yang terkandung di dalamnya. Nitrogen yang terkandung di dalam LKAP merupakan gabungan nitrogen yang berasal dari protein LKAP dan nitrogen yang berasal dari ammonia yang sengaja ditambahkan ke dalam LKAP sebagai pengawet. Hasil uji kadar nitrogen sebelum dan sesudah deproteinasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2
Hasil Uji Kadar Nitrogen.

Parameter Pengujian	Lateks Karet Alam Pekat (LKAP)	Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi (LKAPDP)
Kadar Nitrogen %	1,81	0,29

Dari Tabel 2 diketahui bahwa proses deproteinasi yang dilakukan dapat menurunkan kadar nitrogen Lateks Karet Alam Pekat dari 1,81% menjadi 0,29%.

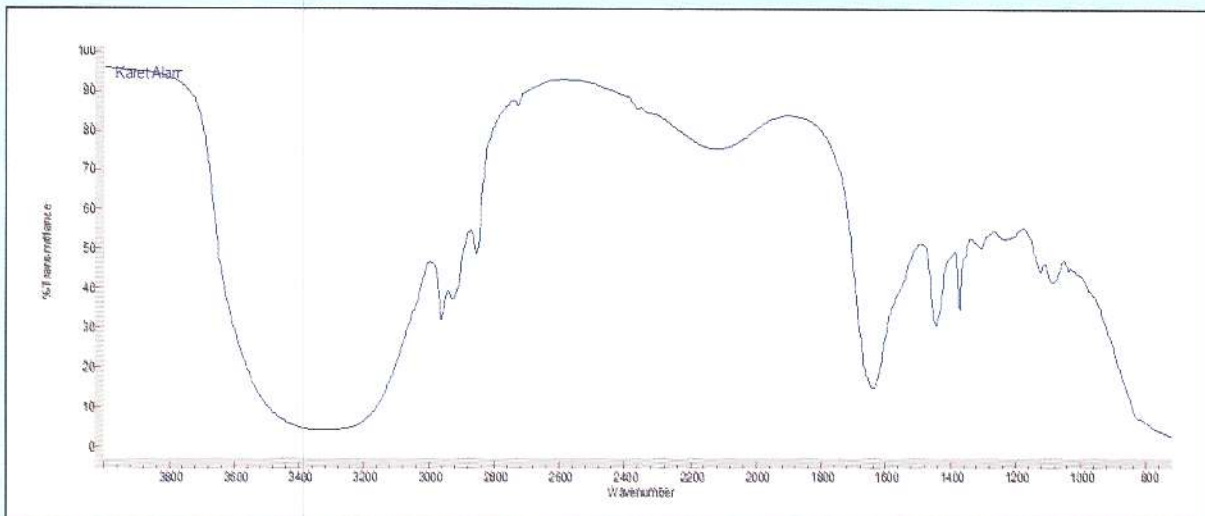
C. Pemeriksaan Gugus Fungsi Kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi – Metil Metakrilat ((LKAPDP-MMA) dengan FT-IR

Gugus fungsi yang terkandung dalam lateks karet alam pekat deproteinasi, metil metakrilat dan produk kopolimer lateks karet alam – metil metakrilat diperiksa dengan FT IR. Spektrum penyerapan inframerah dari masing-masing contoh disajikan pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.

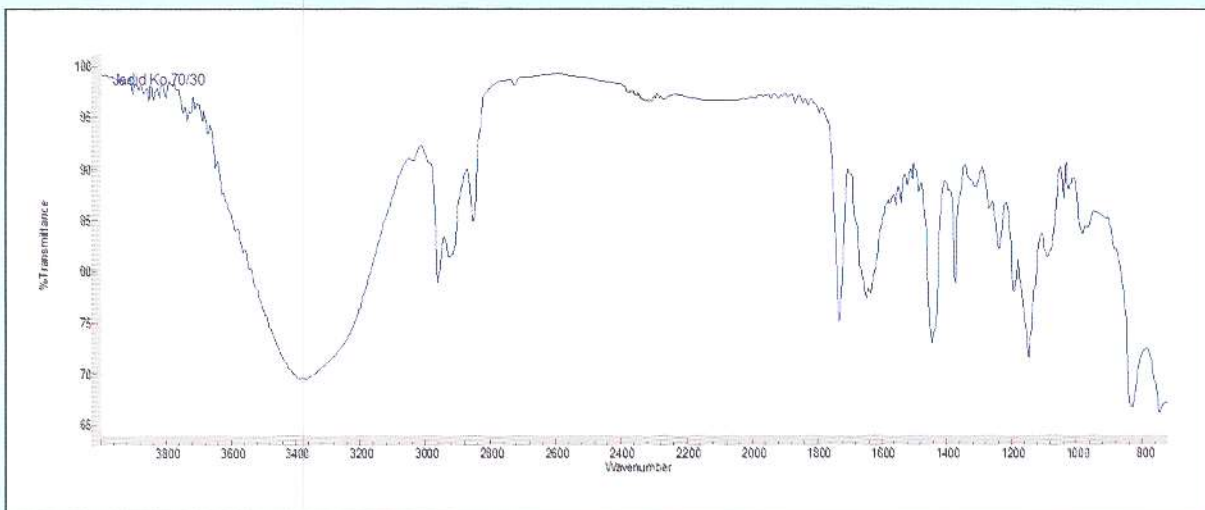
Gambar 1 adalah spektrum FT-IR dari Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi (LKAPDP) yang memperlihatkan pita serapan khas pada bilangan gelombang 1663 cm⁻¹ yang berasal dari vibrasi ulur C=C poliisoprena. Bilangan gelombang 834 cm⁻¹ milik vibrasi tekuk =C-H. 1375 cm⁻¹ dan 1450 cm⁻¹ milik vibrasi tekuk C-H. Delia Spano dkk melaporkan bahwa pita serapan karakteristik dari cis-1,4 poliisoprena adalah pada 1664 cm⁻¹ milik vibrasi *stretching* C=C dan 835 cm⁻¹ milik vibrasi *bending* =C-H.

Gambar 2 adalah spektrum FT-IR dari Metil Metakrilat (MMA) yang memperlihatkan pita serapan khas pada bilangan gelombang 2954 cm⁻¹ milik C-H. Bilangan gelombang pada 1729 cm⁻¹ milik C=O terkonjugasi α,β C=C, dan 1638 cm⁻¹ untuk serapan C=C.

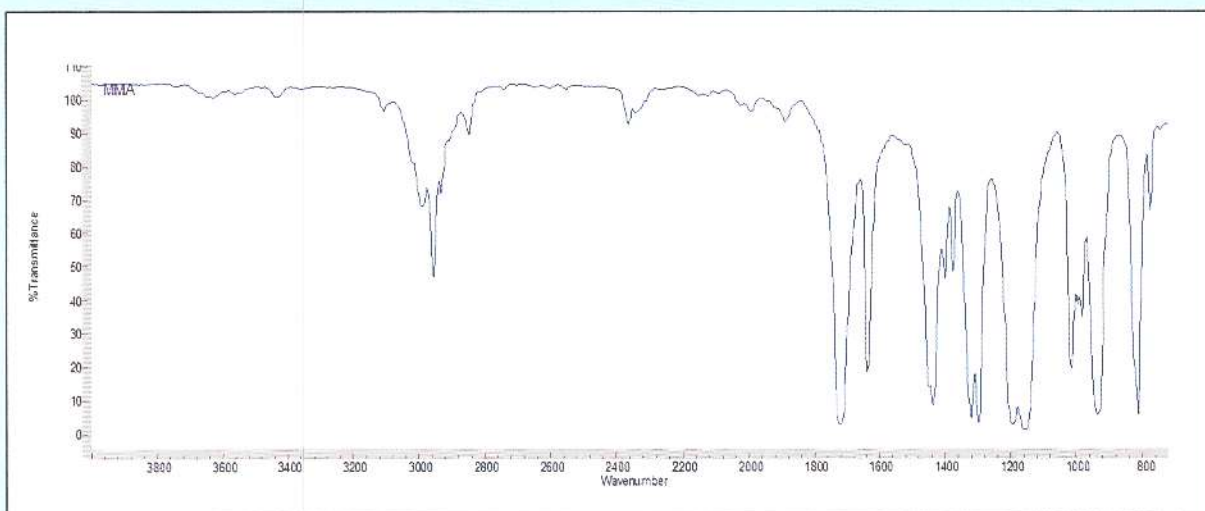
Pita serapan khas dari kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi - Metil Metakrilat disajikan pada Gambar 3. Pada spektrum penyerapan inframerah dari kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi - Metil Metakrilat (Gambar 3), selain terdapat serapan yang sama seperti yang ditunjukkan pada spektrum lateks karet alam, juga muncul pita serapan baru pada bilangan gelombang sekitar 1730 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi *stretching* dari C=O dan pada bilangan gelombang sekitar 1148 cm⁻¹ yang merupakan vibrasi *stretching* dari C-O-C. Munculnya serapan baru ini menunjukkan



Gambar 1
Spektrum Penyerapan Inframerah Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi.



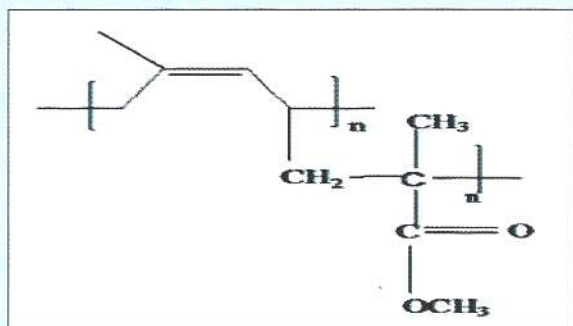
Gambar 2
Spektrum Penyerapan Inframerah Metil Metakrilat.



Gambar 3
Spektrum Penyerapan Inframerah Kopolimer Lateks Karet Alam Deproteinasi – Metil Metakrilat.

bahwa metil metakrilat telah tergrafting pada gugus poliisoprena dari karet alam. Rohani Abu Bakar dkk melaporkan bahwa pita serapan karakteristik dari kopolimer karet alam - metil metakrilat adalah pada 1730 cm^{-1} milik vibrasi *stretching* C=O dan 1149 cm^{-1} milik vibrasi *stretching* C-O-C.

Struktur molekul dari kopolimer cangkok disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4
Kopolimer Cangkok Isoprena – Metil Metakrilat.

D. Efisiensi Cangkok dan Nisbah Cangkok Kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi-Metil Metakrilat (LKAPDP-MMA)

Hasil penentuan efisiensi cangkok dan nisbah cangkok masing-masing kopolimer disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3
Efisiensi Cangkok dan Nisbah Cangkok Kopolimer.

Parameter Pengujian	Kopolimer	Kopolimer
	LKAPDP-MMA 60:40	LKAPDP-MMA 70:30
Efisiensi Cangkok (%)	38	63
Nisbah Cangkok (%)	17	22

Tabel 4
Hasil Uji Titik Tuang Minyak Mentah Lapangan Bentayan Mengandung Kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi (LKAPDP) – Metil Metakrilat (MMA).

Konsentrasi Aditif (ppm)	Titik Tuang (°C)	
	LKAPDP-MMA 60:40	LKAPDP-MMA 70:30
0	24	24
1000	21	21
5000	15	12
10.000	6	6

Kopolimer LKAPDP-MMA 60:40 mempunyai efisiensi cangkok dan nisbah cangkok lebih rendah dibandingkan kopolimer LKAPDP-MMA 70:30. Hal ini kemungkinan disebabkan karena jumlah monomer MMA yang lebih banyak mengakibatkan terbentuknya homopolimer MMA yang lebih banyak pula sehingga ketersediaan MMA untuk reaksi kopolimerisasi berkurang karena sebagian membentuk homopolimer.

E. Pengaruh konsentrasi kopolimer Lateks Karet Alam Deproteinasi-Metil Metakrilat (LKAPDP-MMA) 60:40 dan LKAPDP-MMA 70:30 Terhadap Titik Tuang Minyak Mentah Lapangan Bentayan

Penambahan kopolimer LKAPDP-MMA ke dalam minyak mentah lapangan Bentayan

dapat menurunkan titik tuang minyak dari 24°C hingga menjadi 6°C , yaitu pada penambahan kopolimer sebesar 10.000 ppm. Hal ini berarti bahwa minyak mentah masih dapat mengalir melalui pipa pada keadaan suhu lingkungannya di atas 6°C .

Dari Tabel 4 juga dapat dilihat bahwa variasi rasio LKAPDP : MMA pada 60:40 dan 70:30 tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan titik tuang minyak. Data ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pertimbangan secara keekonomian pada penggunaan bahan dasar kopolimer.

Terjadinya penurunan titik tuang dari minyak mentah diasumsikan karena kopolimer mempunyai kemampuan untuk menempatkan

Tabel 5
Hasil Uji Viskositas Kinematik Minyak Mentah Lapangan Bentayan Mengandung Kopolimer LKAPDP-MMA.

Konsentrasi Aditif (ppm)	Viskositas Kinematik (mm ² /s)	
	LKAPDP-MMA 60:40	LKAPDP-MMA 70:30
0	20,22	20,22
1000	21,37	8,109
5000	11,56	7,000
10.000	8,387	7,000

halangan sterik pada kristal parafin yang mulai terbentuk pada suhu rendah. Kopolimer juga mengganggu pertumbuhan dan agregasi kristal sehingga memperkecil ukuran kristal parafin. Dengan berkurangnya ukuran kristal parafin tersebut maka pengendapan parafin dapat dicegah dan minyak masih dapat mengalir dan titik tuang minyak juga turun (Bing Wei 2015).

F. Pengaruh konsentrasi Kopolimer Lateks Karet Alam Pekat Deproteinasi-Metil Metakrilat (LKAPDP-MMA) 60:40 dan LKAPDP-MMA 70:30 Terhadap Viskositas Kinematik Minyak Mentah Lapangan Bentayan

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa penambahan kopolimer LKAPDP-MMA ke dalam minyak mentah dapat menurunkan viskositas kinematik minyak. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kopolimer mempunyai rantai poliisoprena yang bersifat non polar dengan cangkok metil metakrilat yang bersifat polar. Struktur seperti ini dapat menghalangi interaksi antar molekul minyak atau menempatkan halangan sterik pada kristal parafin dan menurunkan gaya kohesi antar molekul. Penurunan gaya kohesi antar molekul minyak menyebabkan minyak menjadi tambah encer sehingga viskositas kinematik turun.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari kegiatan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan hal-hal berikut :

Kopolimer Lateks Karet Alam dengan Metil Metakrilat dapat digunakan sebagai aditif penurunan titik tuang untuk minyak mentah. Penambahan kopolimer tersebut pada minyak mentah lapangan Bentayan telah mampu menurunkan titik tuang

minyak tersebut dengan penurunan terbaik adalah dari 24°C menjadi 6°C pada konsentrasi penambahan kopolimer 10.000 ppm.

Penambahan kopolimer Lateks Karet Alam dengan Metil Metakrilat ke dalam minyak mentah lapangan Bentayan dapat menurunkan viskositas kinematik minyak mentah dari 20,22 mm²/s ke 7,000 mm²/s.

KEPUSTAKAAN

- Al-Shafy H I dan Ismail E A, 2014. *Studies on the Influence of Polymeric Additives as Flow Improves for Waxy Crude Oil*. IOSR Journal of Engineering 4(7): 54-61.
- Bing Wei, 2015. *Recent advances on mitigating wax problem using polymeric wax crystal modifier*. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, Desember 2015, Volume 5, Issue 4, pp 391-401.
- Delia Spano, Francesca Pintus dkk, 2012. *Extraction and Characterization of a Natural Rubber from Euphorbia Characias Latex*, Publish online 29 February 2012 in Wiley Online Library DOI 10.1002/bip.22044.
- Fei Yang, Yansong Zhao dkk, 2015. *Polymeric Wax Inhibitor and Pour Point Depressants for Waxy Crude Oils. A Critical review*, Journal of Dispersion Science and Technology, Volume 36, Issue 2, 2015.
- Muh Kurniawan, Adiwara dkk, 2013. *Wax Precipitation in Crude Oil by Coutinho Model Based on Conventional Gas Chromatography Data*. Presipitasi Wax Dalam Minyak Bumi Dengan Model Coutinho Berdasarkan Data Kromatografi Gas Konvensional, Scientific Contributions Oil & Gas, Vol. 36, No. 2, Agustus 2013 : 75-82.

- Nayanashree. G, Thippeswamy.B dkk**, 2012. *Natural Rubber Biodegradation by Cladosporium fulvum and Enzymes Responsible for Biodegradation*. International Journal of Advanced Reseach (2014), Volume 2, Issue 4, 1206-2012.
- Novrida Ridzuan, Fatmawati Adam dkk**, 2014. *Molecular Recognition of wax Inhibitor Through Pour Point Depressant Type Inhibitor*. International Petroleum technology Conference, 10-12 december, Kuala Lumpur , Malaysia, 2014.
- Oraphin Chaikumpollert, Yoshimasa Yamamoto dkk**, 2012. *Preparation and Characterization of Protein-Free Natural Rubber*. Polymer Advanced Technology, Volume 23, Issue 4 April 2012, Pages 825-828.
- Rohani Abu Bakar, M.S Fauzi**, 2012. *Natural Rubber-Grafted-Poly (Methyl Methacrylate): Influence of Coagulating Agents on Properties and Appearances*. J.Chem.Chem.Eng.6 (2012).
- Sekyung Lee, Taihyun Chang**, 2011. *Synthesis and Characterization of Polystyrene-b-polyisoprene-b-poly(methylmethacrylate) Triblock Copolymer*. European Polymer Journal, Volume 47, Issue 4, April 2011, Pages 800-804.
- Wongthong P, Nakason C dkk**, 2013. *Modification of deproteinized natural rubber via grafting polymerization with maleic anhydride*. European Polymer Journal 49(12) 2013. DOI : 10.1016/j.eurpolymj.2013.09.009.
- Xu J, Shili X, Huiqin Q, Shen C, Xiaoming W, Rui Z, Li Li, dan Xuhong G.**, 2013. Effect of polar/nonpolar groups in comb-type copolymers on cold flowability and paraffin crystallization of waxy oils. *J. fuel* 103:600-605.
- Yoki Yulizar, Tresye Utari dkk**, 2016. *Wax Aggregation Inhibition in Crude Oil by Oxirane Ester Copolymer*. International Journal of Technology (2016) 1 : 158-167.