

Formulasi *Rolling Oil* Berbahan Dasar Minyak Jarak (*Ricinus Communis L.*)

Pengaruh Penambahan Aditif Antioksidan dan Tekanan Ekstrim terhadap Ketahanan Oksidasi dan Ketahanan Beban Minyak Jarak Terdehidrasi

Oleh:

E. Suhardono dan Roza Adriany

S A R I

Peningkatan kualitas minyak jarak sebagai bahan dasar *rolling oil* pernah dilakukan melalui proses dehidrasi parsial, baik dengan katalis atapulgit maupun zeolit. Dengan proses ini akan terbentuk ikatan rangkap baru, akibatnya indeks viskositasnya akan meningkat, sedangkan titik tuangnya akan menurun. Namun adanya ikatan rangkap tersebut, minyak jarak terdehidrasi menjadi tidak stabil dan mudah mengalami oksidasi. Untuk mencegahnya, perlu penambahan aditif antioksidan. Adanya ikatan rangkap pada posisi terkonyugasi dan terisolasi, diasumsikan dapat membentuk polimer bila ada tekanan dan panas. Sehingga dapat melapisi permukaan logam. Dengan demikian penggunaan aditif tekanan ekstrim dapat dikurangi.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh beberapa antioksidan dan tekanan ekstrim terhadap ketahanan oksidasi dan ketahanan beban (friksi), dengan demikian konsentrasi optimal dari pada aditif-aditif tersebut dapat diketahui. Aditif antioksidan yang digunakan adalah AP-4387, Irganox L 109 dan TBHQ, sedangkan aditif tekanan ekstrimnya adalah AP-2337. Metodologi yang dipakai adalah dengan melakukan analisis terhadap minyak jarak murni, serta minyak jarak terdehidrasi sebelum dan sesudah penambahan aditif. Analisisnya meliputi penentuan bilangan asam, bilangan iod dan uji *four ball*.

Dari hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa aditif antioksidan yang paling efektif adalah TBHQ. Konsentrasi optimalnya sekitar 0,12-0,24%. Sedangkan konsentrasi optimal aditif tekanan ekstrem AP-2337 adalah sekitar 3,5%. Minyak jarak terdehidrasi dapat melindungi permukaan metal dari goresan (friksi), jauh lebih baik daripada minyak jarak murni. Meskipun tidak sebaik aditif tekanan ekstrim.

Kata Kunci: minyak jarak terdehidrasi, antioksidan, tekanan ekstrim, bilangan asam, bilangan iod.

ABSTRACT

Enhancement of castor oil quality as a base lubricant of rolling oil has been carried out via partial dehydration process, either with atapulgit or zeolite as the catalyst. The partial dehydration process creates the formation of new double bonds, as a result, the viscosity index increases, whereas the pour point decreases. The unsaturated carbon bonding, however, produces unstable and oxidizable molecules. On the other hand, the conjugated and isolated double bonds are assumed to be polymerized when the heat and pressure are applied. As a result polymer layer may coat the metal surfaces. Consequently, the use of extreme pressure additive can be minimized.

The objective of this study is to investigate the relationship between several antioxidant and extreme pressure additives onto the oxidation and pressure resistant. As a result, the optimal concentration of the additives can be determined. The antioxidant additives used

in this study are AP-4387, and Irganox L 109, while the extreme pressure additive is AP-2337. The methodology of this study was performed by analyzing the original castor oil and dehydrated castor oil, within pre and post addition of the additives. The types of analysis include determination of acid number, iodine number and four ball test.

The current study demonstrates that the most effective of the antioxidants is TBHQ. The optimal concentration of TBHQ and extreme pressure additive are approx. 0.12-0.24% and 3,5% respectively. In addition, the dehydrated castor oil has protection ability better than the original castor oil. Its protecting capability, however, is not high as the extreme pressure of AP-2337.

Key words: dehydrated castor oil, antioxidant, extreme pressure, acid number, iodine number.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan pelumas di Indonesia, baik untuk mesin otomotif maupun industri naik dengan tajam dalam beberapa tahun terakhir ini. Sebagai contoh kebutuhan *rolling oil* oleh salah satu industri baja yang ada di Indonesia adalah sekitar 1600 ton per tahun^[1]. Kebutuhan ini akan terus meningkat seiring dengan kemajuan industri baja dan mobil di Indonesia maupun di Asia Tenggara. *Rolling oil*, adalah minyak lumas yang digunakan pada proses penipisan logam di pabrik baja ataupun di industri mobil yang fungsinya selain sebagai bahan pelindung agar lembaran logam tidak cacat, juga sebagai pendingin agar bagian-bagian mesin penipis tersebut tidak cepat rusak^[2]. Dalam aplikasinya, *rolling oil* dapat langsung dipakai (*straight oil*) atau berupa emulsi yang dicampur dengan air^[2,3].

Namun sampai kini, minyak lumas yang dikategorikan sebagai *rolling oil* belum dapat dibuat di Indonesia. Produk tersebut masih didatangkan dari luar negeri. Studi mengenai pembuatan minyak dasar *rolling oil* secara proses dehidrasi parsial minyak jarak (*Ricinus Communis L.*) pernah dilakukan baik dengan katalis atalpuhit^[4] maupun zeolit alam^[5]. Pemanasan dapat dilakukan dengan penangas gliserin atau dengan pemanas mantel. Pemanasan dengan mantel lebih baik, karena selain suhunya stabil, juga dapat diatur sehingga dapat mencapai temperatur yang dikehendaki. Sedangkan dengan penangas gliserin suhunya tidak stabil dan temperaturnya susah dikontrol.

Proses dehidrasi parsial ini diperlukan untuk memperbaiki kualitas minyak jarak agar dapat dipakai sebagai *rolling oil*. Proses dehidrasi parsial merupakan proses pemutusan sebagian ikatan

hidroksil yang terdapat dalam minyak jarak, akibatnya dapat terbentuk ikatan rangkap baru yaitu ikatan rangkap terkonjugasi (9,11 oktadekadienoat) dan ikatan rangkap terisolasi (9,12 oktadekadienoat)^[6]. Adanya kedua jenis ikatan rangkap tersebut, dapat menaikkan indeks viskositas serta menurunkan titik tuang dan viskositas minyak jarak. Pada penelitian tersebut, nilai indeks viskositas minyak jarak dapat ditingkatkan dari 87 menjadi sekitar 125-155, tergantung dari jumlah dan jenis katalis serta metode pemanasannya. Sedangkan titik tuangnya dapat diturunkan dari sekitar -3°C menjadi sekitar -10°C.

Kenaikan indeks viskositas pada minyak jarak yang terdehidrasi ini bisa terjadi karena pada saat dilakukan pengukuran didapati bahwa nilai viskositas kinematik pada suhu 40°C menurun, sebaliknya nilai viskositas kinematik pada suhu 100°C meningkat. Akibatnya beda nilai viskositas kinematik pada perubahan suhu menjadi sempit. Turunnya nilai viskositas kinematik pada suhu 40°C diperkirakan karena adanya ikatan rangkap yang terbentuk yang menyebabkan titik cair minyak jarak menjadi rendah sehingga viskositasnya menurun. Sedangkan naiknya viskositas kinematik pada suhu diatas 80°C (dalam studi tersebut 100°C), diasumsikan karena pada suhu sekitar 100°C, bentuk ikatan rangkap terkonjugasi didominasi oleh isomer *trans* yang bersifat lebih kental daripada isomer *cis*.

Selain itu terbentuknya kedua ikatan rangkap baru ini, memungkinkan minyak tersebut pada tekanan dan suhu tertentu membentuk polimer yang pada proses penipisan logam dapat melapisi permukaan logam dengan lebih baik. Sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap beban. Dengan demikian kebutuhan akan aditif tekanan ekstrem yang biasa

diperlukan dalam formulasi suatu *rolling oil* diasumsikan bisa dikurangi.

Untuk itu kuantitas optimal aditif tekanan ekstrim yang ditambahkan perlu diketahui. Adanya ikatan rangkap baru hasil dari proses dehidrasi parsial, dapat juga menyebabkan minyak jarak tersebut rentan terhadap oksidasi termal sehingga menjadi tidak stabil. Ketidak tahanan terhadap oksidasi ini dapat ditanggulangi dengan penambahan aditif antioksidan. Oleh sebab itu dalam penelitian ini, pengaruh beberapa aditif antioksidan dan tekanan ekstrim terhadap ketahanan oksidasi dan ketahanan beban dari minyak jarak terdehidrasi akan dipelajari. Tujuannya adalah untuk mendapatkan konsentrasi optimal dari aditif antioksidan dan tekanan ekstrim, agar minyak jarak terdehidrasi tersebut dapat digunakan sebagai *rolling oil* dengan baik. Dalam studi ini proses dehidrasi parsial dilakukan dengan menggunakan katalis atapulgit melalui pemanasan dengan mantel.

Metodologi yang dilakukan adalah dengan menguji minyak jarak murni (belum didehidrasi) serta minyak jarak terdehidrasi sebelum dan sesudah penambahan aditif. Pengujian meliputi analisis bilangan asam dan bilangan iod, serta uji *four ball*. Pada pengujian terhadap ketahanan oksidasi, sebelum diuji, sampel dioksidasi terlebih dahulu dengan memanaskan dan mengaliri udara pada suhu 100°C selama 100 jam.

II. PERCOBAAN

A. Peralatan

Proses dehidrasi parsial minyak jarak dilakukan dalam suatu reaktor (Gambar 1) yang terdiri dari labu leher tiga yang dilengkapi dengan pendingin tegak, pengaduk tegak (batang gelas), mantel pemanas yang dapat diatur suhunya, serta pengukur suhu. Selama proses berlangsung, ke dalam reaktor dialirkan gas nitrogen.

Peralatan yang digunakan untuk karakterisasi minyak jarak murni serta minyak jarak terdehidrasi sebelum dan sesudah penambahan aditif adalah: alat-alat tetraisi untuk penentuan uji bilangan iod dan uji bilangan asam. Oven untuk uji ketahanan terhadap oksidasi, serta alat uji *Four Ball*.

B. Bahan Kimia

Bahan baku utama yang diperlukan dalam studi ini adalah minyak jarak yang telah didehidrasi secara parsial. Sedangkan bahan kimia yang digunakan untuk studi aditif adalah aditif antioksidan seperti AP-4387,



Irganox L 109, dan TBHQ (ter-butyl hidrokuinon), serta aditif tekanan ekstrim yaitu AP-2337. Selain itu juga diperlukan bahan-bahan kimia untuk pengujian bilangan asam dan bilangan iod seperti larutan Wijs, larutan KI 15%, asam asetat anhidrat, kloroform, indikator amilum, larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N, indikator phenolphthalein, dan lain-lainnya.

C. Prosedur

Dehidrasi Parsial

Ke dalam reaktor tuangkan sejumlah minyak jarak, kemudian tambahkan katalis atapulgit sebanyak 2% (b/b) dan natrium bisulfat 0,5 (b/b). Panaskan campuran tersebut dengan mantel pemanas sambil diaduk dan dialiri gas nitrogen. Setelah suhu mencapai 210 °C, panaskan terus selama 2 jam. Jaga agar suhu pemanasan ini tetap 210 °C. Setelah pemanasan selesai, dinginkan dan ambil sejumlah sampel untuk dilakukan pengujian terutama bilangan jod, bilangan asam, viskositas kinematik dan indeks viskositasnya.

Penentuan Bilangan Asam

Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak atau lemak. Bilangan asam dihitung berdasarkan berat molekul dari asam lemak atau campuran asam lemak.

Minyak atau lemak yang akan diuji ditimbang sebanyak 5-10 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 50 mL alkohol 95%. Selanjutnya dipanaskan selama 10 menit di atas penangas air sambil diaduk. Larutan tersebut

didinginkan, kemudian dititrasi dengan larutan KOH 0,1 N dengan indikator fenolftalen 1%, sampai terbentuk warna merah jambu yang tidak hilang selama 10 detik. Bilangan asam dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{\text{mlKOH} \times \text{N KOH} \times 56,1}{\text{Berat Contoh}}$$

Penentuan bilangan iod (Ketaren, 1980)

Contoh minyak yang telah disaring ditimbang sebanyak 0,1-0,5 g di dalam gelas erlenmeyer 500 ml yang bertutup. Kemudian tambahkan 20 ml karbon tetra klorida sebagai pelarut. Tambahkan 25 ml larutan wijs dengan pipet dengan kelebihan volume pereaksi sekitar 50-60%. Dengan cara yang sama dibuat juga larutan blanko. Erlenmeyer disimpan di tempat gelap pada suhu sekitar 25 °C selama 30 menit. Setelah itu tambahkan 20 ml larutan kalium iodida 15% dan 100 ml air, dan gelas ditutup serta diaduk dengan hati-hati. Larutan ini kemudian dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat 0,1 N dengan menggunakan indikator larutan amilum.

$$\text{Bilangan Lod} = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

di mana:

B = jumlah ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi blanko

S = jumlah ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ untuk titrasi contoh

N = normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

G = bobot contoh dalam gram

Uji Four ball

Uji four ball dilakukan untuk mengukur parameter yang berkaitan dengan ketahanan beban suatu minyak lumas bila minyak tersebut mendapat beban tertentu. Untuk menaikkan ketahanannya, biasanya ke dalam minyak lumas tersebut ditambahkan aditif tekanan ekstrim. Dalam studi ini uji *four ball* didasarkan pada berat logam yang tergores akibat gesekan. Mesin Uji Four Ball Tekanan Ekstrim (*Four Ball Extreme*

Pressure Tester) pada dasarnya terdiri dari satu bola berputar di atas tiga bola stasioner yang diletakkan dalam suatu mangkok berbentuk segitiga. Minyak lumas yang hendak diuji dituangkan ke dalam mangkok sampai menutupi ketiga bola stasioner. Suhu mesin uji dan minyak lumas sebelum pengujian adalah antara 18,33°C – 35°C. Pengujian dilakukan selama 1 jam, dengan kecepatan rotasi 1022 ± 40 rpm, dan beban sekitar 50-100 gram. Meskipun alat ini bukan standar ASTM, namun cukup akurat untuk mengetahui pola besarnya goresan (friksi) pada permukaan metal yang permukaannya dilapisi dengan beberapa komposisi minyak lumas, bila permukaan tersebut mendapat beban tertentu.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Karakterisasi Minyak Jarak Sebelum dan Sesudah Dehidrasi

Proses dehidrasi parsial beserta mekanismenya sudah didiskusikan pada tulisan-tulisan terdahulu^[4,5,6,7]. Sedangkan hasil analisis sifat-sifat fisika kimia minyak

Tabel 1
Hasil karakterisasi minyak jarak tanpa dehidrasi parsial

No	Parameter	Nilai
1	Bilangan lod (gr I_2 / gr minyak)	83,5
2	Bilangan asam (mg KOH / gr minyak)	1,09
3	Viskositas kinematik 40 °C (cSt)	243,3
4	Viskositas kinematik 100 °C (cSt)	243,3
5	Indeks viskositas	87

Tabel 2
Hasil karakterisasi minyak jarak setelah dehidrasi parsial

No	Parameter	Nilai
1	Bilangan lod (gr I_2 / gr minyak)	108,6
2	Bilangan asam (mg KOH / gr minyak)	5,76
3	Viskositas kinematik 40 °C (cSt)	205,8
4	Viskositas kinematik 100 °C (cSt)	25,29
5	Indeks viskositas	155

jarak sebelum dan sesudah mengalami proses dehidrasi parsial tercantum dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Dalam tabel-tabel tersebut dapat dilihat bahwa bilangan iod minyak jarak setelah terdehidrasi naik dari sekitar 84 (Tabel 1) menjadi sekitar 109 g Iod/100 g minyak (Tabel 2). Peningkatan nilai bilangan iod ini menunjukkan adanya kenaikan ikatan rangkap pada asam risinoleat yang terkandung dalam minyak jarak. Begitu pula dengan nilai bilangan asamnya yang juga mengalami peningkatan dari sekitar 1 (Tabel 1) menjadi sekitar 6 mg KOH/g minyak (Tabel 2). Peningkatan bilangan asam ini mengindikasikan adanya kenaikan konsentrasi asam lemak bebas di dalam minyak jarak, yang dalam proses formulasinya perlu mendapat perhatian.

Dalam tabel-tabel tersebut juga tampak bahwa indeks viskositas minyak jarak yang sudah didehidrasi mengalami kenaikan yang sangat signifikan, yaitu dari sekitar 87 (Tabel 1), menjadi sekitar 155 (Tabel 2).

B. Kinerja Aditif Antioksidan

Kinerja aditif antioksidan diuji dengan memanaskan minyak jarak terdehidrasi yang belum dan yang sudah ditambah aditif AP-4387, Irganox L 109 dan TBHQ pada suhu 100°C, selama 100 jam. Ilustrasi fisik dari minyak jarak murni, minyak jarak terdehidrasi serta minyak jarak terdehidrasi yang telah mengalami pemanasan selama 100 jam pada temperatur 100°C, ditunjukkan dalam Gambar 2. Setelah itu, dianalisis nilai bilangan asam dan bilangan iodnya yang hasilnya dicantumkan dalam Tabel 3 dan Tabel 4. Dari hasil analisis tersebut dapat diketahui bahwa pemanasan pada suhu 100°C, selama 100 jam, mengakibatkan bilangan asamnya meningkat (Tabel 3) sedangkan bilangan iodnya menurun (Tabel 4) bila dibandingkan dengan minyak jarak terdehidrasi yang belum mengalami pemanasan (Tabel 2). Pada pemanasan ini minyak jarak terdehidrasi akan mengalami oksidasi termal. Pada oksidasi ini biasanya radikal bebas akan terbentuk. Kemudian radikal tersebut dengan



Gambar 2
A. Minyak jarak murni, B. Minyak jarak terdehidrasi, C. Minyak jarak terdehidrasi setelah pemanasan 100 jam pada suhu 100°C°

Tabel 3
Uji kinerja antioksidan

Bilangan asam minyak jarak terdehidrasi dengan beberapa antioksidan setelah uji ketahanan oksidasi (pemanasan 100°C selama 100 jam)

Jenis antioksidan	Konsentrasi antioksidan (% b/b)				
	0	0,12	0,24	0,36	0,48
Bilangan asam (mg KOH/g minyak)					
AP - 4387	8,58	7,24	7,00	7,46	7,13
Irganox L 109	8,58	7,28	6,84	7,25	7,05
TBHQ	8,58	6,55	6,46	6,86	6,74

Tabel 4
Uji kinerja tekanan ekstrim

Bilangan iod minyak jarak terdehidrasi terhadap dengan beberapa antioksidan setelah uji ketahanan oksidasi (pemanasan 100°C selama 100 jam)

Jenis antioksidan	Konsentrasi antioksidan (% b/b)				
	0	0,12	0,24	0,36	0,48
Bilangan iod (g Iod/100 g minyak)					
AP - 4387	82,1	81,6	84,20	83,8	84,3
Irganox L 109	82,1	81,8	87,9	79,2	83,0
TBHQ	82,1	88,7	86,9	82,1	84,1

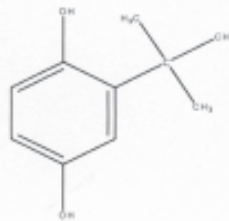
adanya oksigen dapat membentuk peroksida aktif yang selanjutnya dapat membentuk hidroperoksida. Hidroperoksida ini biasanya bersifat sangat tidak stabil dan mudah terdegradasi menjadi senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek oleh hadirnya radiasi energi tinggi, energi panas, katalis logam atau enzim. Oleh sebab itu bilangan asamnya akan meningkat, karena terbentuknya senyawa-senyawa dengan rantai karbon lebih pendek yang di antaranya adalah asam-asam organik. Dari hasil analisis juga tampak bahwa penambahan antioksidan memberikan efek mencegah peningkatan bilangan asam minyak jarak terdehidrasi. Antioksidan yang ditambahkan ini berfungsi untuk mencegah terbentuknya radikal bebas dan peroksida aktif. Setelah dilakukan uji oksidasi, bilangan asam minyak jarak terdehidrasi yang dipanaskan tanpa aditif antioksidan, meningkat dari 5,76 (Tabel 2) menjadi 8,58 mg KOH/g minyak (Tabel 3). Sedangkan yang ditambah antioksidan bilangan asamnya hanya meningkat sampai sekitar 6-7 mg KOH/g minyak (Tabel 3).

Dalam Tabel 3 dapat diamati bahwa TBHQ lebih efektif mencegah meningkatnya bilangan asam akibat oksidasi dibandingkan dengan AP-4387 dan Irganox L-100. Konsentrasi TBHQ yang optimal mencegah oksidasi adalah sekitar 0,12-0,24%. Sedangkan aditif AP-4387 dan Irganox L-100 adalah sekitar 0,24-0,36%.

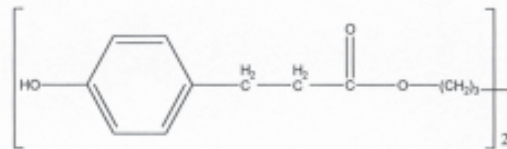
Nilai bilangan iod minyak jarak terdehidrasi tanpa penambahan antioksidan sebelum dilakukan pemanasan adalah 108,6 (Tabel 2), sedangkan setelah dilakukan pema-

nasan pada suhu 100°C selama 100 jam mengalami penurunan menjadi 82,1 (Tabel 4). Penurunan bilangan iod ini ada kaitannya dengan terjadinya proses oksidasi selama pemanasan, pada minyak jarak terdehidrasi yang berikatan tidak jenuh, yang mengalami pemutusan ikatan rangkap pada atom

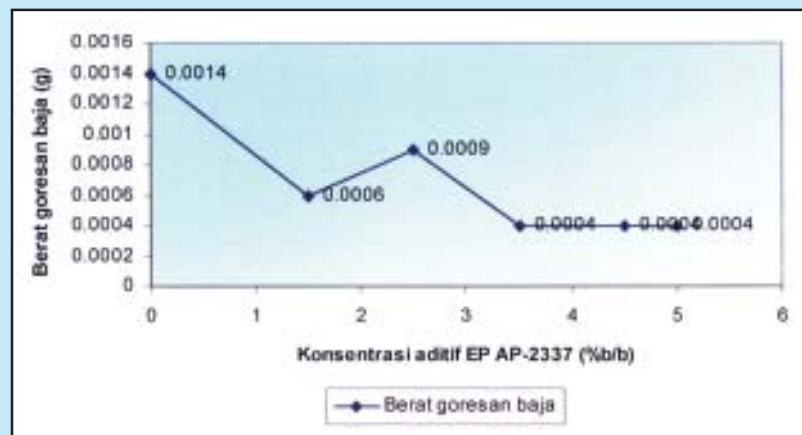
Struktur senyawa antioksidan *Tertiary butylhydroquinone* (TBHQ)



Struktur senyawa antioksidan Irganox L 109



Gambar 3
Struktur molekul aditif antioksidan TBHQ dan Irganox L-100



Gambar 4
Grafik hubungan antara konsentrasi aditif EP AP-2337 dengan berat goresan baja

Tabel 5
Uji kinerja tekanan ekstrim

Uji *four ball* minyak jarak murni dan terdehidrasi terhadap goresan bola uji dengan menggunakan naditif EP AP-2337

No	Konsentrasi aditif EP AP-2337 (% b/b)	Berat four ball (g)		Berat four ball yang tergores (g)
		Awal	Akhir	
1	Minyak jarak murni	8,1695	8,1666	0,00285
2	0	8,1839	8,1825	0,00140
3	1,5	8,1798	8,1792	0,00060
4	2,5	8,1958	8,1948	0,00090
5	3,5	8,1735	8,1731	0,00040
6	4,5	8,1824	8,182	0,00040
7	5	8,182	8,1616	0,00040

Kondisi tes : Beban yang diberikan : 100 kg
Rpm : 1 022
Waktu : 1 jam

karbon tidak jenuh membentuk senyawa radikal hidrokarbon dan radikal peroksida. Selain itu turunnya bilangan iod juga dapat menyebabkan meningkatnya viskositas yang menandakan telah terjadinya polimerisasi terutama polimerisasi ikatan rangkap terisolasi membentuk polimer ikatan silang⁽⁸⁾.

Terjadinya oksidasi yang ditandai dengan penurunan bilangan iod ini bisa diminimalkan dengan penambahan aditif antioksidan. Dari ketiga aditif antioksidan yang dicoba, TBHQ yang paling efektif bisa menahan penurunan bilangan iod. Artinya aditif TBHQ yang paling efektif bisa menahan terjadinya oksidasi. Konsentrasi TBHQ yang optimal bisa melindungi minyak jarak terdehidrasi dari proses oksidasi adalah 0,12% (Tabel 4). Dengan konsentrasi tersebut, bilangan iod hanya turun dari 108,6 (Tabel 2) menjadi 88,7 g Iod/100g minyak (Tabel 4). Sedangkan dengan aditif AP-4387 dan Irganox L-100, nilai bilangan iodnya bisa turun sampai sekitar 81,6-81,8 g Iod/100g minyak (Tabel 4).

Keunggulan TBHQ dari dua aditif yang lain dalam menahan laju oksidasi adalah karena aditif ini mempunyai dua gugus hidroksil dan satu gugus molekul butyl yang sifatnya labil (Gambar 3). TBHQ memang merupakan jenis antioksidan yang sering dipakai untuk minyak nabati. Namun penggunaannya harus disesuaikan dengan temperatur yang digunakan. Pada

suhu diatas 200°C, TBHQ tidak efektif lagi, karena sebagian besar aditif tersebut sudah menguap⁽⁹⁾. Sedangkan Irganox L-100 merupakan senyawa turunan fenol berberat molekul tinggi (Gambar 3). Menurut Wong⁽¹⁰⁾ efektifitas antioksidan sintetik yang memiliki gugus fenol dipengaruhi oleh jenis dan posisi gugus yang terikat pada cincin benzena serta jumlah gugus hidroksilnya.

C. Kinerja Aditif Tekanan Ekstrem

Kinerja dari aditif tekanan ekstrem AP-2337, diuji dengan alat *Four ball* terhadap minyak jarak murni, minyak jarak sebelum dan sesudah ditambah aditif. Hasilnya dicantumkan dalam Tabel 5 dan Gambar 4. Dalam tabel dan gambar tersebut tampak bahwa konsentrasi optimal aditif tekanan ekstrem AP-2337 yang dapat melindungi metal dari goresan adalah sekitar 3,5%. Selain itu dalam Tabel 5 dan Gambar 4 juga terlihat bahwa, minyak jarak terdehidrasi yang tidak ditambah aditif tekanan ekstrem, masih mempunyai daya pelindung terhadap goresan, meskipun tidak sebaik aditif tekanan ekstrem AP-2337. Seperti telah disebutkan terdahulu, fenomena ini selain disebabkan oleh tingginya nilai indeks viskositas, kemungkinan juga oleh terbentuknya ikatan rangkap terkonyugasi dan ikatan rangkap terisolasi sebagai hasil dari proses dehidrasi parsial. Adanya

ikatan rangkap ini, bila ada beban dan panas diduga dapat memicu terbentuknya lapisan polimer pada permukaan logam, terutama ikatan rangkap terisolasi yang membentuk polimer berikatan silang^(4,8,11). Akibatnya metal akan lebih tahan terhadap beban. Dengan demikian dalam formulasinya kebutuhan aditif tekanan ekstrem yang mahal dapat dikurangi.

IV. KESIMPULAN

1. Aditif antioksidan yang digunakan dalam studi ini seperti TBHQ, Irganox L-100 serta AP-4387, dapat digunakan untuk menghambat terjadinya oksidasi pada minyak jarak terdehidrasi. Demikian juga aditif tekanan ekstrem AP-2337 bisa menambah daya tahan terhadap beban pada minyak jarak yang telah didehidrasi secara parsial.
2. Aditif antioksidan TBHQ adalah aditif yang paling efisien untuk menghambat terjadinya proses oksidasi, dibandingkan dengan aditif AP-4387 maupun Irganox L-100. Penambahan TBHQ sebanyak 0,12-0,24% sudah cukup untuk melindungi minyak jarak terdehidrasi dari pengaruh oksidasi.
3. Konsentrasi optimal aditif tekanan ekstrem AP-2337 di dalam minyak jarak terdehidrasi yang dapat melindungi metal dari goresan adalah sekitar 3,5%.
4. Minyak jarak terdehidrasi dapat melindungi permukaan metal dari goresan, jauh lebih baik daripada minyak jarak murni, walau tidak sebaik aditif tekanan ekstrim.

KEPUSTAKAAN

1. Makhmudun Ainuri, "Formulasi *Rolling Oil* Berbahan Dasar Minyak Sawit", Desertasi Program Pascasarjana Institute Pertanian Bogor, 2002.
2. Brown, W.L., "Metalworking" dalam *Synthetic Lubricants and High-Performance Functional Flu-*

ids, diedit oleh Shubkin, R.L., Marcel Dekker, Inc., New York, 1993.

3. N.N., "Lubricant and Metalworking Fluids", Lambent Technologies Corp, Website: www.lambentcorp.com
4. Suhardono, E., Lembaran Publikasi Lemigas, Vol. 40, No.2, 2006.
5. Suhardono, E. dan Roza Adriany, "Penelitian Proses Dehidrasi Parsial pada Pembuatan Minyak Dasar Rolling Oil Berbahan Dasar Minyak Nabati (*Ricinus Communis L.*)", Laporan Akhir Studi, PPPTMGB "LEMIGAS", Jakarta, Desember 2007.
6. Tri Rapani Febbiyanti, "Dehidrasi Parsial Minyak Jarak untuk Meningkatkan Indeks Viskositas sebagai Bahan Dasar Pelumas, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2004.
7. Yulianti, "Formulasi *Rolling Oil* dengan Bahan Dasar Minyak Jarak (*Ricinus Communis L.*)", Tesis Magister Sains Ilmu Kimia, Program Studi Magister Ilmu Kimia, Program Pascasarjana, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok, 2007.
8. Anonimous, "*Castor Oil*", Oil Extract Web Page Overview, 1998.
9. Adianan, "Pengaruh Suhu terhadap Kestabilan TBHQ sebagai Antioksidan dalam Minyak Kelapa Sawit", Departemen Perindustrian Republik Indonesia, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Industri, Akademi Kimia Analisis, Bogor, 2007.
10. Wong, D.W.S., "Mechanism and Theory in Food Chemistry", Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.
11. Iis Sopyan, "Kimia Polimer", Pradnya Paramita, Jakarta, 2001.