

KARAKTERISTIK BIOPELUMAS BERBASIS MINYAK PATIN SIAM (*Pangasius hypophthalmus*)

Characteristics of Biolubricants Based on Catfish Oil (Pangasius hypophthalmus)

Rodiah Nurbaya Sari^{1*}, Ema Hastarini¹, Athanatius Henang Wicaksono Widyajtmiko², dan Armansyah Halomoan Tambunan²

¹Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan,
Jl. KS. Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat, Indonesia

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

*Korespondensi Penulis: rodiah.sari@kkp.go.id

Diterima: 13 Mei 2020; Direvisi: 29 Juli 2020; Disetujui: 6 September 2020

ABSTRAK

Proses pengolahan ikan patin di Indonesia memiliki hasil samping hingga 67% dari total bobotnya dan berpotensi menimbulkan polusi. Pemanfaatan hasil samping sebagai biopelumas yang ramah lingkungan merupakan salah satu solusi dalam penanggulangan hasil samping menjadi produk yang bernilai ekonomis. Namun, pelumas yang dihasilkan harus dapat memenuhi standar nasional Indonesia (SNI). Riset ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi biopelumas yang dibuat dari hasil samping produksi ikan patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*), berupa bagian jeroan atau isi perut, dan membandingkannya dengan SNI 7069.9:2016. Isi perut patin diekstrak menjadi minyak kasar dengan metode *wet rendering*. Selanjutnya, minyak kasar diubah menjadi biopelumas melalui tahapan hidrolisis, polimerisasi, dan poliesterifikasi. Bahan baku minyak kasar diuji komposisi asam lemak, bilangan asam lemak bebas, dan bilangan penyabunan. Sementara itu, karakterisasi biopelumas dilakukan dengan variabel densitas, viskositas kinematik pada suhu 40 dan 100°C, warna, indeks viskositas, *flashpoint*, *pour point*, dan uji korosi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa suhu poliesterifikasi 135°C akan menghasilkan biopelumas terbaik. Biopelumas ini memiliki densitas 0,903 g/cm³; viskositas 40°C sebesar 39,76 cSt; viskositas 100°C sebesar 7,94 cSt; indeks viskositas 176; dan sifat korosi yang rendah (1A). Indeks viskositas dan korosi bilah tembaga menunjukkan bahwa minyak patin adalah bahan baku biopelumas yang potensial. Namun, titik nyala dari biopelumas masih rendah (127°C) dan titik tuangnya juga tinggi (27°C). Modifikasi proses lebih lanjut dapat dilakukan untuk menaikkan titik nyala serta menurunkan titik tuang, sehingga produk ini dapat memenuhi persyaratan sebagai biopelumas.

KATA KUNCI: biopelumas, ikan patin, isi perut, minyak kasar, poliesterifikasi

ABSTRACT

*The pangasius processing in Indonesia has a by-products waste, that can reach up to 67% of its total weight, and may cause pollution. An environmentally friendly lubricant (biolubricant) is a potential solution that transforms the by-products waste into an economically value product. However, the proceed biolubricant has to meet the Indonesian National Standard (abbreviated SNI). The purpose of this study were to characterize the biolubricant from pangasius (*Pangasius hypophthalmus*) by-products, which is the viscera part, and to compare the product with the Indonesian lubricant standard SNI 7069.9:2016 reference. The crude fish oil was extracted from the viscera using the wet rendering method. Furthermore, the crude fish oil was converted into biolubricant through the stages of hydrolysis, polymerization, and polyesterification. The raw material of pangasius by-products was characterized by fatty acid profiles, free fatty acid numbers, and saponification numbers. Meanwhile, the biolubricant product was characterized by density, kinematic viscosity at temperatures of 40 and 100°C, color, viscosity index, flashpoint, pour point, and hazardous corrosion test. The results showed that the best biolubricants were those through the polyesterification temperature process of 135°C. This biolubricant has a density of 0.903 g/cm³; a viscosity at 40°C of 39.76 cSt; a viscosity at 100°C of 7.94 cSt; a viscosity index of 176; and low corrosion level (1A). The viscosity index and corrosion of copper blades were adequate for biolubricant standards. However, the biolubricant flashpoint was relatively low (127°C) and the pour point was relatively high (27°C). A further modification is needed to adjust the flash and pour points so that the biolubricant able to fullfil the national lubricant standard.*

KEYWORDS: biolubricants, catfish, crude oil, polyesterification, viscera

PENDAHULUAN

Pemakaian pelumas di sektor industri dan transportasi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk di dunia. Pemakaian pelumas di dunia tahun 2012 sudah mencapai 41,8 juta ton; yaitu 53% di sektor transportasi, 32% di industri, 10% di perminyakan, dan 5% kelautan (Amdebhran & Damteew, 2015). Kebutuhan pelumas di Indonesia juga tinggi, mencapai 750 juta liter/tahun (Kemenperin, 2015). Pelumas secara umum berasal dari minyak mineral, sintesis, dan nabati. Pelumas minyak mineral dan sintetik terbuat dari minyak bumi, sehingga sulit terdegradasi dan mengandung senyawa aromatik yang beracun (Siskayanti & Muhammad, 2017). Pelumas sintetik hanya dapat terdegradasi 20-40% oleh mikroorganisme dalam tanah, sementara biopelumas hingga 98% (Bart, Emanuele, & Stefano, 2013; Kuwier, 2010). Oleh karena itu, biopelumas menjadi produk potensial di masa mendatang, seiring peningkatan kesadaran akan produk yang ramah lingkungan.

Beberapa riset telah berhasil menemukan teknik produksi biopelumas dari minyak nabati. Minyak nabati yang telah dikembangkan untuk menjadi biopelumas berasal dari minyak jarak, kelapa sawit, biji canola, karanja, dan biji bunga matahari, dengan rendemen sebesar 98,6; 98; 99; 95; dan 94% (Panchal, Patel, Chauhan, Thomas, & Patel, 2017). Biopelumas ini sudah diaplikasikan pada mesin gas, gear, hidrolis, dan motor. Sementara itu, biopelumas dari hasil samping atau limbah pengolahan produk hewani juga telah dikembangkan. Konversi hasil samping produksi ikan (minyak ikan) menjadi biopelumas menghasilkan rendemen sebesar 94% (Angulo, José, Laura, & Clara, 2018). Minyak ikan yang berasal dari hasil samping produksi ikan, misalnya ikan patin, berpotensi menjadi bahan baku biopelumas. Pengolahan ikan patin merupakan industri yang besar, dengan hasil samping yang mencapai 67% dari total berat, berupa kepala, tulang-ekor, daging *belly flap*, daging sisa *trimming*, kulit, dan isi perut (Hastarini, 2012; Harahap, Thamrin, & Bahri, 2013; Poernomo, Utomo, & Anwar, 2015; Al Hikam, 2019). Potensi pemanfaatan hasil samping ini sebagai biopelumas cukup tinggi, karena kandungan lemak patin mencapai 35,52% dan dapat dikonversi menjadi metil ester untuk biopelumas (Harahap et al., 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Thi et al. (2019) menemukan bahwa proses perlakuan fisik dari minyak lemak patin atau dori (*catfish*) murni, dengan ekstraksi sistem kavitasi, mampu mengubah bahan tersebut menjadi biopelumas yang memenuhi standar kualitas pelumas komersial SAE20W50, untuk menggantikan SN500 (minyak mineral) sebanyak 20%. Namun, riset

sintesis biopelumas dari minyak hasil samping industri ikan patin yang dilakukan oleh Amril, Irdoni, dan Nirwana (2016) serta Yanli, Irdoni, dan Nirwana (2016), dengan variasi pada proses poliesterifikasi, seperti kecepatan pengadukan, suhu reaksi, rasio mol antara etilen glikol dengan air, dan waktu reaksi, masih belum mendapatkan biopelumas yang memenuhi standar komersial. Berdasarkan hal tersebut, maka riset ini bertujuan melakukan karakterisasi biopelumas yang dibuat dari hasil samping produksi ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*), yaitu pada bagian jeroan/isi perut, dan membandingkannya terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) 7069.9:2016 (BSN, 2016). Proses pembuatan biopelumas dilakukan dengan variasi suhu poliesterifikasi pada proses sintesis biopelumas dari minyak ikan berbasis minyak *P. hypophthalmus*. Minyak patin yang diperoleh dari hasil ekstraksi jeroan/isi perut ikan belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga pengolahannya menjadi biopelumas dapat meningkatkan nilai ekonomisnya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama pada penelitian adalah isi perut *P. hypophthalmus* dari perusahaan pengolahan filet di Karawang, Jawa Barat. Isi perut dikemas dalam wadah plastik 2,5 kg; lalu ditempatkan dalam *coolbox* yang berisi es curai untuk preservasi selama transportasi ke Laboratorium Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Sampel selanjutnya disimpan dalam *cold storage* sampai digunakan.

Metode

Ekstraksi minyak ikan kasar dan proses pembuatan biopelumas

Proses ekstraksi mengacu pada metode Sathivel, Prinyawiwatku, Negulescu, dan King (2008) serta Hastarini (2012). Modifikasi dilakukan pada kuantitas air yang digunakan. Isi perut ikan patin dimasukkan ke tangki ekstraktor dan ditambahkan air pada dua perlakuan, yaitu perbandingan 1:1 dan 1:2 (b/v). Volume air divariasikan untuk menentukan proses ekstraksi yang efisien terhadap hasil rendemen minyak ikan kasar. Proses ekstraksi dilakukan selama 30 menit pada suhu 70°C, dengan pengadukan 1-5 rps (*roll/second*), agar isi perut dan air dapat tercampur merata. Setelah itu, filtrat disaring (filtrat pertama) dan dimasukkan ke corong pisah untuk dipisahkan dari air serta pengotor lainnya. Padatan yang dihasilkan dikempa menggunakan alat

pengempa ulir, kemudian filtrat yang diperoleh digabungkan dengan filtrat pertama ke corong pisah, untuk dipisahkan kembali dari pengotornya. Selanjutnya, dilakukan proses pembuatan biopelumas meliputi tahapan hidrolisis, polimerisasi, dan poliesterifikasi. Proses hidrolisis mengacu pada Setyawardhani, Distantina, Budiyanto, dan Swarte (2013), dan polimerisasi berdasarkan Dwifirman, Zultiniar, dan Bahruddin (2015) serta Yanli et al. (2016). Sementara itu, proses poliesterifikasi dilakukan selaras dengan Yanli et al. (2016) pada variasi suhu 120, 135, dan 150°C, dengan kecepatan putaran pengadukan 210 rpm (*roll/minutes*) selama 4 jam.

Karakterisasi minyak ikan kasar dan biopelumas

Karakteristisasi bahan baku isi perut *P. hypophthalmus* (kadar air, abu, dan lemak) adalah berdasarkan metode AOAC (2006). Analisis minyak ikan kasar mengacu pada AOCS (2005), sementara uji karakteristik dasar minyak untuk pelumas (asam lemak bebas dan bilangan penyabunan) adalah berdasarkan metode Goud, Anand, dan Narayan (2006). Analisis profil asam lemak dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu IPB menggunakan Kromatografi Gas dan metode AOAC (2012). Sementara itu, karakteristik biopelumas yang diukur adalah densitas (Piknometer pada g/cm³), viskositas dinamik (Viscometer Brookfield DV TLV pada suhu 40 dan 100°C dengan kecepatan 60 rpm dan satuan cP), viskositas kinematik (cSt, dari hasil pembagian viskositas dinamik (cP) terhadap densitas (g/cm³), dan warna (Suyatma, 2009). Pengujian standarisasi pelumas meliputi indeks viskositas ASTM 2270-10, *flash point* ASTM D 93-16a, *pour point* ASTM D 97-87e1, dan uji korosi ASTM D 130-12 (ASTM, 2010a; 2010b; 2010c; 2010d). Pengujian standarisasi ini dilakukan di Laboratorium *Oil Clinic* Pertamina *Lubricant*, Jakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku Isi Perut *P. hypophthalmus* dan Minyak Ikan Kasar

Analisis bahan baku isi perut ikan menunjukkan kadar air sebesar 61,40±0,30%; abu 1,04±0,04%; dan lemak 24,50±0,50%. Rendemen minyak ikan kasar yang dihasilkan dari perbandingan bahan baku dan air 1:1 adalah 13,0% dari berat bahan baku, sedangkan dari 1:2 adalah 19,2%. Minyak ikan kasar hasil ekstraksi 1:2 memperlihatkan kadar air 0,77±0,02% dan abu 0,03±0,00%. Minyak ini memiliki densitas 0,9010±0,0030 g/cm³; viskositas dinamik

28,11 cp; bilangan asam 27,64; asam lemak bebas 13,62%; dan bilangan penyabunan 133,52±0,98.

Kadar abu isi perut bahan baku penelitian ini menunjukkan kandungan mineral yang rendah. Kadar abu yang terkandung dalam tubuh ikan dipengaruhi oleh jenis makanan dan mineral pada habitatnya (Julaikha, 2014; Wahyudi, Wardhana, Widodo, & Wijayanti, 2018). Kadar lemak isi perut ikan patin yang tinggi disebabkan adanya lemak abdomen dan dipengaruhi oleh perubahan musim, siklus alam, tahap kedewasaan, lokasi geografis, pakan, ukuran kolam, dan pergerakan ikan dalam kolam (Abdulkadir, Abubakar, & Mohammed, 2010; Kamini, Suptijah, Santoso, & Suseno, 2016; Nakamura, Ando, Seoka, Kawasaki, & Tsukamasa, 2007).

Proses ekstraksi Hastarini (2012) memperoleh rendemen 20,5%; menggunakan perbandingan bahan baku dan air 1:3 (b/v). Metode *wet rendering* di penelitian ini terlihat lebih efisien, karena menghasilkan rendemen serupa, dengan penggunaan air lebih sedikit. Walaupun demikian, Yanli et al. (2016) dapat memperoleh rendemen 83,3%. Hal ini diduga terjadi akibat ekstraksi Yanli et al. (2016) dilakukan dengan *dry rendering* pada suhu hingga 105°C dalam waktu 5 jam. Kadar air yang tinggi dapat menurunkan kualitas minyak. Kadar air minyak ikan kasar pada riset ini lebih tinggi dari standar dalam Stansby (1990), yaitu 0,5-1%. Oleh karena itu, minyak ini tidak cocok digunakan sebagai bahan pangan, namun potensial sebagai bahan baku pelumas (Suroso, 2013). Kadar asam lemak bebas yang juga tinggi (lebih dari 5% dalam penelitian ini) dapat menimbulkan bau tengik dan berbahaya bagi tubuh manusia.

Data pengujian bilangan asam, asam lemak bebas, dan bilangan penyabunan, memperlihatkan bahwa minyak ikan ini merupakan asam lemak rantai sedang (C₁₂-C₁₈). Profil asam lemak minyak ikan kasar menunjukkan adanya 5 senyawa asam lemak jenuh, 5 asam lemak tak jenuh tunggal, dan 9 asam lemak tak jenuh (Tabel 1). Total kandungan asam lemak jenuh pada isi perut ikan patin mencapai 355,50 mg/g; yang didominasi oleh asam palmitat. Meskipun demikian, kandungan asam oleat, yang merupakan asam lemak tak-jenuh tunggal, secara individu mencapai 317,70 mg/g dan merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan asam lemak lainnya.

Berdasarkan profil asam lemak yang ditemukan pada penelitian ini, maka minyak patin berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku pada proses pembuatan biopelumas. Asam lemak rantai panjang tidak cocok untuk ditransesterifikasi, karena dapat menimbulkan reaksi penyabunan yang dapat merusak bahan baku biopelumas (Handayani, Rukminita, & Gumilar, 2015). Sementara itu, komposisi dan jenis

Tabel 1. Profil asam lemak minyak ikan kasar dari isi perut *P. hypophthalmus*Table 1. The fatty acids profile of crude catfish oil from *P. hypophthalmus* viscera

Profil asam lemak/ Fatty acids profile	Hasil/Result (mg/g)
C12:0 (Asam Laurat/ Lauric acid)	2.30
C14:0 (Asam Miristat/ Myristic acid)	35.20
C16:0 (Asam Palmitat/ Palmitic acid)	243.70
C18:0 (Asam Stearat/ Stearic acid)	73.00
C20:0 (Asam Arakhidat/ Arachidic Acid)	1.30
Asam lemak jenuh/ Saturated fatty acids	355.50
C14:1 (Asam Miristoleat/ Miristoleic Acid)	0.30
C16:1 (Asam Palmitoleat/ Palmitoleic Acid)	9.30
C18:1 (Asam Oleat/ Oleic Acid)	317.70
C20:1 (Asam Eikosanoat/ Eicosanoic Acid)	9.50
C24:1 (Asam Nervonat/ Nervonic Acid)	0.40
Asam lemak tak jenuh tunggal/ Monounsaturated fatty acids	337.20
C18:2 (Asam Linoleat/ Linoleic Acid)	111.80
C18:3 (Asam Linolenat/ Linolenic Acid)	8.90
C20:2 (Asam Eikosadienoat/ Eicosadienoic Acid)	4,40
C20:3 (Asam Eikosatrienoat/ Eicosatrienoic Acid)	6.50
C20:3 (Asam Homo-g-Linolenat/ Homo-g-Linolenic Acid)	8.90
C20:4 (Asam Arakidonat/ Arachidonic Acid)	3.70
C20:5 (Asam Eikosapentaenoat/ Eicosapentaenoic acid)	1.20
C22:6 (Asam Dokosadionat/ Docosadienoic Acid)	0.20
C22:6 (Asam Dokosaeksaenoat/ Docosaexaenoic Acid)	3.90
Asam lemak tak jenuh ganda/ Polyunsaturated fatty acids	149.50

asam lemak yang teridentifikasi selaras dengan penelitian Hastarini (2012) dan Yanli et al. (2016), walaupun memiliki kuantitas berbeda. Thammapat, Raviyan, dan Siriamornpun (2010) memperlihatkan bahwa kadar tertinggi isi perut *catfish* Asia (*Pangasius bocourti*) adalah asam oleat yang dapat mencapai 31,30-39,10%. Crexi, Maurucio, Leonor, & Luiz (2010) juga menyatakan bahwa kandungan asam lemak oleat, palmitoleat, dan arakidonat yang tinggi merupakan karakteristik khas minyak ikan asal air tawar.

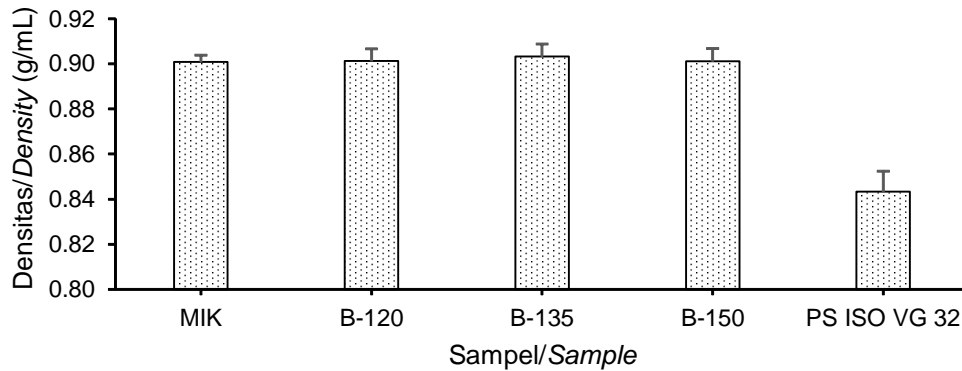
Karakteristik Biopelumas dari Hasil Samping Minyak Ikan Patin

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* yang diperoleh dari proses perubahan minyak ikan menjadi biopelumas adalah 94,01; 96,06; dan 99,93% (variasi suhu 120, 135, dan 150°C). Nilai densitas yang tertinggi adalah pada perlakuan poliesterifikasi suhu 135°C (0,9032±0,0055 g/cm³). Sementara itu, nilai standar

densitas dari pelumas ISO VG 32 adalah 0,8434±0,0090 g/cm³ (Gambar 1).

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai densitas dari biopelumas sudah memenuhi standar biopelumas. Perubahan densitas pada minyak biopelumas poliester tidak berbeda dengan minyak bahan baku. Perbedaan suhu poliesterifikasi juga tidak mempengaruhi nilai densitas dari biopelumas yang dihasilkan. Densitas merupakan parameter penting dalam konversi nilai viskositas dinamik menjadi kinematik. Viskositas kinematik diperoleh dari viskositas dinamik dibagi densitas (Karyono, 2008). Penggunaan bahan pelumas dengan densitas yang rendah akan menguntungkan, karena lebih ringan sehingga gaya tahanan terhadap komponen mesin semakin kecil (Childs, 2004).

Pengukuran menunjukkan bahwa nilai viskositas kinematik 40°C biopelumas masih melebihi standar ISO VG 32 (Gambar 2). Nilai viskositas kinematik



Cat./Noted:

MIK: Minyak ikan kasar/ *crude fish oil*

B-120: Biopelumas suhu poliesterifikasi 120°C/*Polyesterification temperature lubricant at 120°C*

B-135: Biopelumas suhu poliesterifikasi 135°C/*Polyesterification temperature lubricant at 135°C*

B-150: Biopelumas suhu poliesterifikasi 150°C/*Polyesterification temperature lubricant at 150°C*

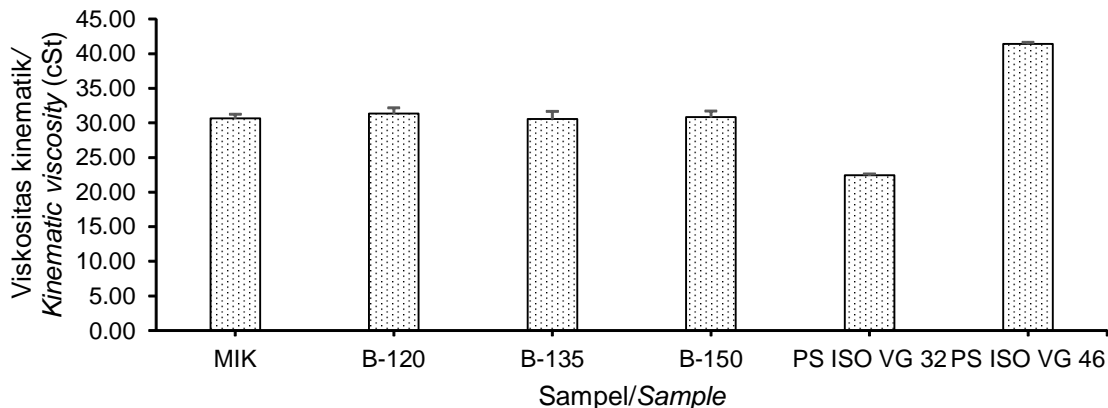
PS ISO VG 32: Pelumas standar ISO VG 32/*Standard lubricant ISO VG 32*

Gambar 1. Pengaruh suhu poliesterifikasi terhadap densitas biopelumas/
Figure 1. The effect of polyesterification temperature against biolubricants density

ISO VG 32 menurut SNI adalah 32 cSt, tetapi pengukuran dengan Viscometer Brookfield memperoleh nilai 22,46 cSt. Hasil pengukuran menunjukkan perlakuan suhu poliesterifikasi yang tidak berbeda nyata terhadap viskositas kinematik biopelumas. Viskositas yang mendekati standar ISO VG 32 adalah biopelumas 135°C dengan nilai 30,58±1,11 cSt. Hal ini menunjukkan bahwa biopelumas yang dihasilkan lebih cocok digunakan

sebagai pelumas hidrolis, karena nilai viskositas yang tinggi dibandingkan pelumas kendaraan bermotor. Menurut Michael, Herzog, dan Marougy (2000), kisaran viskositas kinematik 40°C ISO VG 32 antara 28,8-35,2 cSt.

Viskositas kinematik biopelumas yang dihasilkan adalah tinggi, karena memiliki asam lemak rantai panjang, yaitu asam lemak oleat dan asam lemak palmitat. Panjang rantai karbon sebanding dengan



Cat./Noted:

MIK: Minyak ikan kasar/ *crude fish oil*

B-120: Biopelumas suhu poliesterifikasi 120°C/*Polyesterification temperature lubricant at 120°C*

B-135: Biopelumas suhu poliesterifikasi 135°C/*Polyesterification temperature lubricant at 135°C*

B-150: Biopelumas suhu poliesterifikasi 150°C/*Polyesterification temperature lubricant at 150°C*

PS ISO VG 32: Pelumas standar ISO VG 32/*Standard lubricant ISO VG 32*

PS ISO VG 46: Pelumas standar ISO VG 46/*Standard lubricant ISO VG 46*

Gambar 2. Pengaruh suhu poliesterifikasi terhadap viskositas biopelumas/
Figure 2. The effect of polyesterification temperature against biolubricants viscosity

viskositas kinematik (Giakoumis & Sarakatsanis, 2018). Pelumas dengan nilai viskositas kinematik tinggi akan menghasilkan pengaruh *power* yang relatif lebih kecil dan menyebabkan gaya tahanan terhadap komponen mesin semakin besar, sehingga mengurangi nilai *power engine* (Syahdanni & Sutantra, 2018). Viskositas biopelumas 135°C memiliki nilai viskositas yang lebih mendekati nilai minimum pelumas ISO VG 46, yaitu 41,40 cSt. Selain itu, pengukuran viskositas juga menunjukkan tidak terjadi perubahan nilai viskositas biopelumas dengan minyak isi perut awal.

Konversi minyak ikan kasar menjadi biopelumas juga menyebabkan perubahan bau dan warna (menjadi lebih gelap coklat tua). Hal ini terjadi akibat putus ikatan trigliserida minyak pada reaksi oksidasi. Warna gelap juga menunjukkan reaksi polimerisasi yang terjadi pada minyak. Selain menunjukkan kemurnian dan daya tarik produk, warna pelumas juga menjadi dasar untuk mengetahui tingkat kontaminasi dan dekomposisi pelumas menjadi senyawa oksida polar pada sistem pembakaran mesin yang bersuhu tinggi (Mara & Arif, 2015).

Perbandingan variabel biopelumas hasil poliesterifikasi pada suhu 135°C terhadap biopelumas lainnya yang sesuai dengan SNI 7069:2016 disajikan di Tabel 2. Viskositas kinematik biopelumas pada suhu 40°C hasil poliesterifikasi suhu 135°C adalah di antara batas maksimal ISO VG 32 (35,22 cSt) dengan batas minimal ISO VG 46 (41,40 cSt). Sementara itu, viskositas kinematik biopelumas pada suhu 100°C hasil poliesterifikasi suhu 135°C memiliki nilai lebih tinggi dari kedua standar tersebut.

Indeks viskositas biopelumas yang dihasilkan penelitian ini lebih tinggi dari kedua pelumas standar (ISO VG 32 dan ISO VG 46). Indeks viskositas

merupakan parameter penting dalam pembuatan pelumas, karena menentukan kestabilan peningkatan atau penurunan viskositas yang diakibatkan oleh suhu. Nilai indeks viskositas yang tinggi menunjukkan kualitas pelumas yang baik, karena memperlihatkan stabilitasnya pada perubahan suhu (Zainal, Zuklifi, Gulzar, & Masjuki, 2018). Tingginya indeks viskositas ditentukan oleh kandungan berat molekul yang besar dan volatilitas yang rendah (Salih, Salimon, Yousif, & Abdullah, 2013). Selain itu, nilai uji korosi menunjukkan bahwa bilah tembaga yang tercelup biopelumas belum mengalami sedikit korosi (1A dan 1B). Hal ini diperlihatkan oleh sedikitnya perubahan warna bilah tembaga, yang memberi indikasi besaran proses reaksi oksidasi (Irianto, 2015). Nilai indeks viskositas dan uji korosi bilah tembaga menunjukkan potensi biopelumas dari minyak kasar ikan *P. hypophthalmus*.

Titik nyala (*flash point*) dari biopelumas ini lebih rendah dari standar ISO VG 32 dan ISO VG 46. Selain itu, titik tuangnya (*pour point*) juga lebih tinggi dari pelumas standar. Titik nyala yang rendah menandakan biopelumas lebih mudah terbakar. Pelumas yang berkualitas baik harus memiliki titik nyala yang tinggi untuk memastikan keamanan operasional di temperatur tinggi. Nilai titik nyala dipengaruhi oleh reaktan, panjang rantai, dan ikatan rangkap (Carareto, Kimura, Olievera, Costa, & Meirelles, 2012; Gamayel, 2016). Nilai titik nyala ini dapat mengalami penurunan bergantung dari titik nyala reaktan dan jumlahnya. Pada proses poliesterifikasi digunakan reaktan etilen glikol. Titik nyala dari minyak ikan patin (*catfish*) adalah 203°C, sedangkan titik nyala etilen glikol 111°C (Hawboldt & Adeoti, 2017). Titik nyala biopelumas 127°C mendekati etilen glikol karena jumlah etilen glikol yang banyak dalam mereaksikan biopelumas. Ikatan rangkap dapat meningkatkan titik nyala (Carareto et al., 2012). Etilen glikol juga

Tabel 2. Parameter standar pelumas dari (a) biopelumas yang di-poliesterifikasi di suhu 135°C pada penelitian ini, (b) ISO VG 32, dan (c) ISO VG 46

Table 2. Lubricant standard values of (a) biolubricant which Polyesterified at 135°C in current research, (b) ISO VG 32, and (c) ISO VG 46

Parameter standar pelumas/ <i>Biolubricant standard parameters</i>	Metode/Methods	(a)	(b)	(c)
Viskositas kinematik pada suhu 40°C/ <i>Kinematic viscosity at 40°C</i>	ASTM D7279-16	39.76±0.04	32.00±4.53	41.40±6.51
Viskositas kinematik pada suhu 100°C/ <i>Kinematic viscosity at 100°C</i>		7.94	5.40	6.70
Indeks viskositas/ <i>Viscosity index</i>	ASTM D2270-10	177	>90	>99
Titik nyala/ <i>Flash point</i>	ASTM D93-16a	127	175	220
Titik tuang/ <i>Pour point</i>	ASTM D 97-87e1	27	-33	-30
Korosi/ <i>Corrosion</i>	ASTM D130-12	1A	1B	-

menyebabkan penambahan berat pada biopelumas, sehingga melemahkan gaya *van der Waals* antar molekul. Hal ini membuat energi evaporasi minyak menurun dan menyebabkan penurunan titik nyala (Wahyudi et al., 2018). Titik nyala biopelumas yang rendah juga dapat disebabkan oleh ikatan rangkap senyawa minyak ikan kasar terputus akibat reaksi polimerisasi.

Selain itu, titik tuang (*pour point*) yang tinggi menunjukkan biopelumas lebih mudah membeku dibandingkan pelumas standar. Titik tuang merupakan nilai temperatur terendah saat pelumas masih dapat mengalir (Arisandi, Darmanto, & Priangkoso, 2012). Titik tuang yang tinggi dapat mengakibatkan penyumbatan dan keausan yang merusak mesin (Wu, Ho, & Forbus, 2007). Sisa asam lemak jenuh yang belum terpolimerisasi oleh benzoil peroksida diduga menjadi penyebab titik tuang yang tinggi. Titik tuang dapat diturunkan dengan adanya percabangan rantai ester ikatan karbon, sehingga menghambat terjadinya kristalisasi (Rahardiningrum, Mahreni, Reningtyas, & Gusaptono, 2016). Meskipun biopelumas yang dihasilkan memiliki titik tuang di suhu 27°C, penggunaannya di daerah tropis dengan suhu rata-rata 20-35°C masih dapat dilakukan (Amril et al., 2016). Oleh karena itu, walaupun beberapa variabel memperlihatkan potensi yang baik dari minyak ikan *P. hypophthalmus*, titik nyala dan tuangnya belum memenuhi standar SNI 7069:2016. Optimasi pada penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk modifikasi kedua nilai ini sehingga dapat memenuhi standar biopelumas yang baik.

KESIMPULAN

Minyak ikan kasar yang diekstrak dari hasil samping industri filet *P. hypophthalmus* memiliki potensi sebagai bahan baku biopelumas. Data karakterisasinya memperlihatkan bahwa biopelumas terbaik diperoleh pada perlakuan suhu poliesterifikasi 135°C. Namun, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan dengan menambahkan zat aditif yang sesuai untuk menurunkan titik tuang atau meningkatkan titik nyala dari biopelumas, sehingga karakteristiknya dapat sesuai dengan SNI 7069.9:2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkadir, M., Abubakar G. I., & Mohammed A. (2010). Production and characterization of oil from fishes. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(7), 769-776.
- Al Hikam, H. A. (2019). Strategi KKP dongkrak ekspor Patin. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-4565582/strategi-kkp-dongkrak-eskpor-patin>. Diakses pada tanggal 27 Februari 2020.
- Amdebhran, B., & Damte L. (2015). Production of biolubricant from Castor (*Ricinus*) oil. *International Journal of Engineering Innovation & Research*, 4(5), 737-741.
- American Oil Chemists Society (AOCS). (2005). *Official methods and recommended practices of the AOCS, 5th edition 2nd printing*. American Oil Chemist Society.
- American Society for Testing Material (ASTM). (2010a). *ASTM D2270-10: Standard Test Methods for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 and 100°C*. Pennsylvania (US): American Society for Testing Material.
- American Society for Testing Material (ASTM). (2010b). *ASTM D93-16a: Standard Test Methods for Flash Point by Pensky Martens Closed Cup Tester*. Pennsylvania (US): American Society for Testing Material.
- American Society for Testing Material (ASTM). (2010c). *ASTM D97-87e1: Standard Test Methods for Pour Point of Petroleum Oils*. Pennsylvania (US): American Society for Testing Material.
- American Society for Testing Material (ASTM). (2010d). *ASTM D 130-12: Standard Test Methods for Corrosiveness to Copper*. Pennsylvania (US): American Society for Testing Material.
- Amril, A. R., Irdoni, & Nirwana. 2016. Sintesis biopelumas dari minyak limbah ikan patin dengan pengaruh kecepatan pengadukan dan suhu reaksi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik (FT)*, 3(1), 1-6.
- Angulo, B., José M. F., Laura G., & Clara I. H. (2018). Biolubricants production from fish oil residue by transesterification with trimethylolpropane. *Journal of Cleaner Production*, 1-18. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.260.
- Arisandi, Darmanto, & Priangkoso. (2012). Analisa pengaruh bahan dasar pelumas terhadap viskositas pelumas dan konsumsi bahan bakar. *Momentum*, 8(1), 56-61.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2006). Edisi revisi 18 2005. Published by The Association of Analytical Chemistry Inc. Washington DC.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). (2012). AOAC Official Method 969.33: Fatty Acids in Oils and Fats. Published by The Association of Analytical Chemistry Inc. Washington DC.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2016). SNI 7069:2016, Klasifikasi dan Spesifikasi –Pelumas-Bagian 9: Minyak Lumas Hidrolik Industri Jenis Anti Aus. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Bart, J. C. J., Emanuele G., & Stefano C. (2013). Biolubricants. Science and Technology A volume in Woodhead Publishing Series in Energy Book. 8 - Quality assurance of biolubricants. Woodhead Publishing. p. 396-450.
- Carareto, D. D. N., Kimura Y. C. S. C., Oliveira E. C., Costa M. C., & Meirelles A. J. A. (2012). Flash point of mixture containing ethyl ester or ethylic biodiesel and ethanol. *Fuel*, 96(2012), 319-326.

- Childs, P. R. N. (2004). *Mechanical Design*. Second edition. Elsevier Ltd. All rights reserved.
- Crexi, V. T., Mauricio L. M., Leonor Ad. Z. S., & Luiz A. A. P. (2010). Production and refinement of oil from carp (*Cyprinus carpio*) viscera. *Food Chemistry*, 119(3), 945-950. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.07.050
- Dwifirman, W., Zultiniar, & Bahruddin. (2015). Studi polimerisasi ester asam lemak dari asam destilat (alsd) menggunakan insial benzoil peroksida 0,1%. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik (FT)*, 1(2), 1-9.
- Gamayel, A. (2016). Karakteristik fisik bahan bakar alternatif campuran minyak jarak dengan minyak cengkeh. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 2(19), 119-125.
- Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. (2018). Estimation of biodiesel cetane number, density, kinematic viscosity and heating values from its fatty acid weight composition. *Fuel*, 222, 574-585. doi: 10.1016/j.fuel.2018.02.187
- Goud, V., Anand V. P., & Narayan C. P. (2006). Studies on the epoxidation of mahua oil (*Madhumica indica*) by hydrogen peroxide. *Bioresource Technology*, 97(12), 1365-1371. doi:10.1016/j.biortech.2005.07.004
- Handayani, R., Rukminita S. A., & Gumilar I. (2015). Karakteristik fisiko-kimia minyak biji bintaro (*Cerbera manghas L*) dan potensinya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. *Jurnal Akuatika*, 4(2), 177-186.
- Harahap, M. F., Thamrin, & Bahri S. (2013). Pengolahan limbah Ikan Patin menjadi biodiesel. [Tesis]. Pekanbaru (ID): Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau.
- Hastarini E. (2012). Karakteristik minyak ikan dari limbah pengolahan fillet kan Patin Siam dan Ikan Patin Jambal. [Disertasi]. Bogor (ID): Prodi Ilmu Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Hawboldt, K., & Adeoti, I. (2017). Fish Processing Waste Streams as a Feedstock for Fuels. In *Fuels, Chemicals and Materials from the Oceans and Aquatic Sources* (pp. 229-276). Wiley Blackwell. doi: 10.1002/9781119117193.ch9
- Irianto B. (2015). Pelumas aktif dengan bahan dasar minyak ikan dan zat aditif ZnO-chitosan particle. *Skripsi*. Bogor (ID): Program Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Julaikha, A. (2014). Karakteristik minyak ikan dari belly flap Patin Siam (*Pangasius hypopthalmus*) pada berbagai tahap proses pemurnian. *Skripsi*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kamini, Suptijah P., Santoso J., & Suseno S. H. (2016). Ekstraksi *dry rendering* dan karakterisasi minyak ikan dari lemak jeroan limbah pengolahan salai Patin Siam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perairan Indonesia*, 3(19), 196-205.
- Karyono, I. Y. (2008). Analisa aliran berkembang penuh dalam pipa. [Skripsi]. Depok (ID): Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Kementerian Perindustrian (Kemenperin). (2015). Pertamina makin dominasi pasar pelumas. <https://kemenperin.go.id/artikel/13836/Pertamina-Makin-Dominasi-Pasar-Pelumas>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2019.
- Kuwier, Y. S. (2010). Pembuatan pelumas bio berbasis minyak kelapa sawit melalui reaksi pembukaan cincin efame (*epoxidized fatty acid methyl ester*) menggunakan resin penukar kation amberlyst-15. [Tesis]. Depok (ID): Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Mara, I. M., & Arif K. (2015). Analisa pemurnian minyak bekas dengan metode *acid and clay*. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2), 106-112. doi: 10.29303/d.v5i2.36
- Michael, P. W., Herzog S. N., & Marougy T. E. (2000). Fluid Viscosity Selection Criteria for Hydraulic Pumps and Motors. NCFP paper I 00-9.12 presented at the *International Exposition for Power Transmission and Technical Conference*. 4-6 April 2000, Chicago, IL, USA.
- Nakamura, Y., Ando M., Seoka M., Kawasaki K., & Tsukamasa Y. (2007). Changes of proximate and fatty acid compositions of the dorsal and ventral ordinary muscles of the full-cycle cultured Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* with the growth. *Food Chemistry*, 103(1), 234-241. doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.064
- Panchal, T. M., Patel A., Chauhan D. D., Thomas M., & Patel J. V. (2017). A methodological review of biolubricants from vegetables oils based resources. *Renewables and Sustainable Energy Reviews*, 70, 65-70. doi : 10.1016/j.rser.2016.11.105.
- Poernomo, N., Utomo N. B. P., & Anwar Z. I. (2015). Pertumbuhan dan kualitas daging Ikan Patin Siam yang diberikan kadar protein pakan berbeda. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 14(2), 104-111.
- Rahardiningrum, S. W. S., Mahreni, Reningtyas R., & Gusaptono R. H. (2016). Biopelumas dari minyak nabati (Review). *Eksergi*, 2(9), 14-19.
- Salih, N., Salimon J., Yousif E., & Abdullah B. M. (2013). Biolubricant Basestocks from Chemically Modified Plant Oil: Ricinoleic Acid Based Tetra-Ester. *Chemical Central Journal*, 7(1). doi: 10.1186/1752-153X-7-128
- Sathivel, S., Prinyawiwatku, W., Negulescu J. I., & King J. M. (2008). Determination of melting points, specific heat capacity and enthalphy of Ctfish Visceral oil during the purification process. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 291-296.
- Setyawardhani, D. A., Distantina S., Budiyo R., & Swarte W. (2013). Penggeseran reaksi kesetimbangan hidrolisis minyak dengan pengambilan gliserol untuk memperoleh asam lemak jenuh dari minyak biji karet. *Ekuilibrium*, 2(12), 63-67. doi: 10.20961/ekuilibrium.v12i2.2188
- Siskayanti, R., & Muhammad E. K. (2017). Analisis pengaruh bahan dasar terhadap indeks viskositas pelumas berbagai kekentalan. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2), 94-100. doi: 10.22146/jrekpros.31147
- Stansby, M. E. (1990). *Fish Oil in nutrition* edition 1. *Publisher Springer US*. XIV, 314.
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 32, 77-88.
- Suyatma. (2009). Diagram Warna Hunter. *Jurnal Penelitian Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(2), 8-9.

- Syahdanni, L. R. A., & Sutantra, I. N. (2018). Studi eksperimen pengaruh temperatur dan viskositas pelumas terhadap performa kendaraan transmisi manual (Honda Sonic 150R). *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), 61-66.
- Thammapat, P., Raviyan P., & Siriamornpun S. (2010). Proximate and fatty acids composition of the muscles and viscera of Asian catfish (*Pangasius bocourti*). *Food chemistry*, 122(1), 223-227. doi 10.1016/j.foodchem.2010.02.065
- Thi, H. T., Tien N. M., Do Quy-Diem, Trung N. K., Thoa D. T. K., & Tan P. M. (2019). Green chemistry for the preparation of bio-based oil from catfish fat using a cavitation system. *Rasayan Journal of Chemistry*, 12(4), 2058-2064. doi: 10.31788/RJC.2019.1245289
- Wahyudi, Wardhana I. N. G., Widodo A., & Wijayanti W. (2018). Improving vegetables oil properties by transforming fatty acid chain length in Jatropha Oil and Coconut Oil blend. *Energies*, 11(2018), 1-12.
- Wu, M. M., Ho, S. C., & Forbus, T. R. (2007). Synthetic Lubricant Base Stock Processes and Products. In *Practical Advances in Petroleum Processing* (pp. 553–577). Springer New York. doi: 10.1007/978-0-387-25789-1_17
- Yanli, N., Irdoni, & Nirwana. (2016). Sintesis bio-pelumas dari minyak limbah ikan patin pengaruh ratio mol dan waktu reaksi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Fakultas Teknik (FT)*, 1(3), 1-6.
- Zainal, N. A., Zuklifi N. W. M., Gulzar M., & Masjuki H. H. (2018). A review on the chemistry, production, technological potential of bio-based lubricants. *Renewables and Suistainables Energy Reviews*, 82(2018), 80-102. doi: 10.1016/j.rser.2017.09.004