

KARAKTERISTIK MINYAK IKAN SARDIN (*Sardinella sp.*) HASIL PEMURNIAN BERTINGKAT

Dini Wulan Dari^{*1}, Made Astawan¹, Nur Wulandari¹, Sugeng Heri Suseno²

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung FATETA Lantai 2, Kampus IPB Darmaga, PO BOX 220, Bogor 16002, Telepon (0251) 8626725

²Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat. Telepon (0251) 8622909, Fax (0251) 8622915

*Korespondensi: wulandaridini62@gmail.com

Diterima: 21 September 2017/ Disetujui: 30 November 2017

Cara sitasi: Dari DW, Astawan M, Wulandari N, Suseno SH. 2017. Karakterisasi minyak ikan sardin (*Sardinella sp.*) hasil pemurnian bertingkat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(3): 456-467.

Abstrak

Minyak ikan di Indonesia diproduksi tidak hanya dari bahan baku ikan secara langsung, tetapi dapat juga diolah dari hasil samping proses pengalengan dan penepungan ikan melalui proses pemurnian. Hasil pemurnian dengan satu kali proses belum memuaskan dari aspek pemenuhan parameter mutu oksidasinya. Oleh sebab itu, minyak ikan hasil samping penepungan ikan perlu dimurnikan dengan cara yang lebih intensif, salah satunya melalui proses pemurnian bertingkat. Tujuan dari penelitian ini meningkatkan kualitas minyak ikan yang berasal dari hasil samping penepungan ikan melalui pemurnian bertingkat. Pemurnian bertingkat yang dilakukan yaitu pemurnian satu kali (P1), pemurnian dua kali (P2), dan pemurnian tiga kali (P3) yang memberikan hasil yang bervariasi pada sifat fisik, parameter oksidasi, dan profil asam lemak. Warna minyak ikan paling cerah terdapat pada sampel P2, densitas terendah terdapat pada sampel P3 (0,63 g/cm³), rendemen tertinggi terdapat pada sampel P1 (44,42%), FFA terendah pada sampel P3 (0,37%), PV terendah pada sampel P3 (6,46 meq/kg), AnV terendah pada sampel P1 (25,59 meq/kg), TOTOX terendah pada sampel P1 (48,11 meq/kg), dan kandungan PUFA tertinggi pada komposisi asam lemak terdapat pada sampel P2 (37,02%). Minyak ikan sardin hasil pemurnian yang diperoleh dari hasil samping penepungan ikan dengan pemurnian bertingkat hingga tiga tahap, pada parameter FFA mampu memenuhi kriteria standar IFOS 2014, sedangkan untuk parameter PV, AnV, dan TOTOX mampu memenuhi standar IFOMA.

Kata kunci: IFOMA, IFOS, minyak ikan sardin, parameter oksidasi, pemurnian bertingkat

*Characteristics of Sardin Fish Oil (*Sardinella sp.*) Resulted from Stratified Purification*

Abstract

Fish oil production in Indonesia is not only directly sourced from fish raw materials, but also could be processed from by-products of canning and fish meal through purification process. The result of purification with one process was not satisfy yet for the parameter oxidation quality. Therefore, fish oil from by-products of fish meal needs to be purified more intensively, such as stratified purification. The aim of this study was to improve the quality of fish oil from by-product through stratified purification. The multilevel purification of once purification (P1), twice purification (P2), and three times purification (P3) gives varying results on physical properties, oxidation parameters, and fatty acid profiles. The color of the brightest fish oil was found in sample P2, the lowest density was found in sample P3 (0.63 g /cm³), the highest yield was in P1 sample (44.42%), FFA was lowest in P3 sample (0.37%), The lowest PV was in the P1 sample (25.59 meq / kg), the lowest TOTOX was in the P1 sample (48.11 meq / kg), and the highest PUFA content in the fatty acid composition was found in sample P2 (37.02%). Purified sardine oil from by-products of fish meal conducted by three-stage purification, which parameters have met the criteria of IFOS 2014 standards, while for PV, AnV, and TOTOX parameters have met IFOMA standards.

Keywords: IFOMA, IFOS, oxidation parameters, sardine fish oil, stratified purification

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan beragam jenis ikan pelagis sehingga berpeluang besar menjadi produsen utama minyak ikan dunia (Maulana *et al.* 2014). Jenis ikan pelagis yang utama adalah ikan lemuru, yang banyak ditemukan di perairan Selat Bali (Anjarsari 2010). Produksi perikanan tangkap pada tahun 2016 mengalami peningkatan dari tahun 2015 yaitu dari 6,67 juta ton menjadi 6,83 juta ton (BPS 2017). Produksi ikan lemuru di Indonesia pada tahun 2013 adalah 45,74 ribu ton, meningkat pada tahun 2014 menjadi 53,895 ribu ton (KKP 2015).

Minyak ikan merupakan sumber alami asam lemak tidak jenuh atau *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) omega-3 (n-3), terutama *eicosapentaenoic acid* (C20: 5n-3; EPA) dan *docosahexaenoic acid* (C22: 6n-3; DHA) (Vasile *et al.* 2016). Minyak ikan banyak digunakan sebagai suplemen gizi (Adeoti dan Hawboldt 2014), terutama karena kandungan EPA dan DHA di dalamnya yang bermanfaat bagi kesehatan, yaitu sebagai zat anti-inflamasi dan anti-aritmik yang bermanfaat bagi fungsi jantung (Endo dan Arita 2016). Kebiasaan dan pola konsumsi manusia terhadap ikan dan produk olahannya tidak cukup untuk mencapai dosis harian EPA dan DHA yang direkomendasikan (Taneja dan Singh 2012), sehingga mendorong berkembangnya pangan fungsional dan suplemen yang mengandung sumber EPA dan DHA (McManus *et al.* 2011). Kesadaran masyarakat yang semakin meningkat akan pentingnya gizi yang baik untuk menunjang kesehatan prima, menjadikan konsumsi minyak ikan di dunia juga meningkat, dan hal tersebut terkait kandungan PUFA yang sangat bermanfaat dalam mengatasi aterosklerosis dan penyakit jantung koroner (Astawan 2004).

Produksi minyak ikan di Indonesia tidak hanya bersumber dari bahan baku ikan secara langsung, tetapi dapat juga diperoleh dari hasil samping proses pengalengan dan penepungan ikan. Industri penepungan ikan di Kabupaten Jembrana, Bali menghasilkan tepung ikan sebanyak 448 ton/hari, sedangkan industri pengalengan ikan memiliki kapasitas produksi sebanyak 172 ton/hari (Wiyono 2011). Proses pembuatan tepung

ikan akan menghasilkan produk utama berupa tepung ikan dan produk samping berupa minyak ikan (Feryana *et al.* 2014). Minyak ikan tersebut diperoleh setelah ikan melalui proses perebusan atau pengukusan, pengepresan, pengeringan, dan pemisahan (Suseno dan Saraswati 2015^a). Wiyono (2011) melaporkan bahwa ikan lemuru sebanyak 1.000 kg dapat menghasilkan 230 kg tepung ikan dan 200 kg minyak ikan. Minyak ikan yang dihasilkan dari hasil samping pengolahan 20-30 ribu ton ikan sardin sebanyak 15-20% (Suseno *et al.* 2015^b) dan sebanyak 1.176 ton per tahun di Indonesia (Estiasih 2009). Minyak ikan yang dihasilkan dari hasil samping pengolahan ikan sardin memiliki peluang besar untuk dijadikan minyak ikan murni yang memiliki banyak manfaat, misalnya sebagai bahan fortifikasi produk pangan dan suplemen di industri farmasi. Nilai impor minyak ikan Indonesia bulan Oktober 2017 lebih tinggi dibandingkan nilai ekspor minyak ikan kasar Indonesia, berturut-turut yaitu 10.056 juta kg dan 338.9 ribu kg (BPS 2017). Nilai impor minyak ikan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ekspornya disebabkan oleh belum adanya pengolahan minyak ikan lebih lanjut dengan kualitas layak untuk dikonsumsi yang menyebabkan kebutuhan minyak ikan untuk pangan dan kesehatan masyarakat masih bergantung pada impor (Hulu 2017).

Minyak ikan yang berasal dari hasil samping penepungan masih mengandung pengotor dan senyawa pemicu reaksi oksidasi yang menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak ikan hasil samping pengalengan. Ahmadi dan Mushollaeni (2007) menyatakan bahwa EPA dan DHA yang terkandung di dalam minyak ikan menyebabkan minyak ikan mudah teroksidasi karena adanya oksigen. Hidrolisis yang terjadi pada minyak ikan menyebabkan asam lemak terlepas dari ikatan dengan gliserol yang mengakibatkan peningkatan jumlah asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA). Peningkatan jumlah FFA pada minyak ikan berpotensi menurunkan mutu dan memicu kerusakan minyak. Kerusakan minyak ikan akan mempengaruhi aroma apabila FFA yang dihasilkan bersumber dari asam lemak tidak jenuh dan tersedia cukup oksigen, dengan

dihasilkannya hidroperoksida sebagai produk antara. Crexi *et al.* (2009) mengemukakan bahwa tujuan pemurnian minyak ikan adalah untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan pada produk akhir dan menstabilkan karakteristik minyak ikan tersebut.

Tahapan pemurnian pada proses pemurnian minyak ikan adalah *degumming*, netralisasi alkali/saponifikasi, dan *bleaching*. Tujuan *degumming* adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa protein, fosfatida, karbohidrat, air, dan resin. Netralisasi alkali bertujuan untuk memisahkan FFA dan fosfolipida yang masih tersisa dari proses *degumming*. *Bleaching* bertujuan untuk menghilangkan zat-zat warna yang tidak diinginkan yang masih ada di dalam minyak ikan (Ketaren 2012).

Proses pemurnian minyak ikan dengan metode pemurnian satu kali proses sudah banyak diteliti. Pemurnian satu kali proses adalah pemurnian yang hanya dilakukan satu tahap, yang dimulai dari tahap *degumming* hingga *bleaching*. Pemurnian satu kali proses mampu menghasilkan minyak ikan dengan rendemen yang tinggi yaitu 65,37% (Bija *et al.* 2017) dan 62,22% (Hulu 2017). Minyak ikan hasil pemurnian satu kali proses menghasilkan rendemen yang tinggi, tetapi minyak yang dihasilkan masih memiliki parameter oksidasi yang belum mencapai standar *International Fish Oil Standard* (IFOS) 2014, dengan ketentuan kadar FFA $\leq 1,5\%$, PV ≤ 5 meq/kg, bilangan anisidin (anisidin value/AnV) ≤ 20 meq/kg, dan total oksidasi (TOTOX) ≤ 26 meq/kg, sedangkan beberapa penelitian sudah mencapai standar *International Association of Fish Meal Manufacturers* (IFOMA), dengan ketentuan kadar FFA berkisar 1-7%, PV berkisar 3-20 meq/kg, AnV ≤ 60 meq/kg, dan TOTOX berkisar 10-60 meq/kg. Minyak ikan yang dihasilkan dari hasil pemurnian satu kali proses masih memiliki FFA 27,35%, PV 25 meq/kg dan bilangan TOTOX 51,43 meq/kg (Suseno *et al.* 2014^a) serta pemurnian minyak ikan menggunakan kombinasi atapulgit dan bentonite, juga menghasilkan minyak ikan dengan FFA 3-5 meq/kg dan PV 2-4 meq/kg (Suseno *et al.* 2014^b). Hasil penelitian Haryati *et al.* (2017)

yang dilakukan pada pemurnian minyak ikan sardin menghasilkan produk dengan nilai FFA yaitu 14,87% dan PV yaitu 14,43%. Hasil pemurnian dengan satu kali proses belum memuaskan dari aspek pemenuhan parameter mutu oksidasinya sehingga minyak ikan hasil samping penepungan ikan perlu lebih intensif dimurnikan, salah satunya melalui proses pemurnian bertingkat. Pemurnian bertingkat adalah pemurnian yang dilakukan dengan proses yang berulang mulai dari tahap *degumming* hingga *bleaching*. Pemurnian bertingkat diharapkan mendapatkan minyak ikan dengan rendemen yang cukup tinggi, dengan parameter mutu oksidasi yang lebih baik. Penelitian terkait pemurnian bertingkat minyak ikan sardin belum pernah dilaporkan. Tujuan dari penelitian ini meningkatkan kualitas minyak ikan yang berasal dari hasil samping penepungan ikan melalui pemurnian bertingkat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak ikan sardin (*Sardinella* sp.) dari hasil samping penepungan ikan di PT. Hosana Buana Tunggal, Bali. Bahan kimia yang digunakan yaitu etanol 95% pro analysis (E. Merck), pati, natrium hidroksida (NaOH) (Merck), Magnesol XL (magnesium silikat hidrat sintetis/MgO.nSiO₂.xH₂O), garam dapur merk Refina, indikator penolftalin (Merck), potasium iodida (KI) (Sigma Aldrich), asam asetat glasial (E. Merck), kloroform (E. Merck), akuades, sodium tiosulfat (Na₂S₂O₃) (Merck), p-anisidin (Sigma Aldrich), kalium hidroksida (KOH) (Merck), dan isooktana (E. Merck). Alat yang digunakan yaitu buret, *centrifuge* (Himac CR 21G), *magnetic stirrer*, *Gas Chromatography-FID* (Shimadzu GC 2010 Plus dengan standar SupelcoTM 37 Component FAME Mix), chromameter Minolta (CR-310, Japan), piknometer dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 1700).

Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan karakterisasi minyak ikan kasar, yang meliputi analisis fisik berupa pengukuran densitas, warna, dan

rendemen, dan analisis parameter oksidasi berupa pengukuran FFA, PV, anisidin value (AnV), dan TOTOX.

Tahap kedua adalah pemurnian minyak ikan kasar yang didahului dengan penentuan jumlah alkali yang perlu ditambahkan, yang dinyatakan dalam °Be, agar menghasilkan minyak ikan murni yang baik dan tidak membentuk sabun (soapstock). Identifikasi dilakukan melalui pengujian FFA dan PV. Selanjutnya dilakukan pemurnian bertingkat berupa pemurnian satu kali (P1), dua kali (P2), dan tiga kali (P3). Metode pemurnian minyak ikan sardin kasar mengacu kepada Hulu (2017) yang dimodifikasi. Tahapan pemurnian P1 meliputi tahapan *degumming* I, *degumming* II, netralisasi alkali, dan *bleaching*, kemudian hasil pemurnian satu kali dilanjutkan dengan tahapan netralisasi alkali dan *bleaching* sebagai tahapan P2. Hasil pemurnian P2 dilanjutkan tahapan netralisasi alkali dan *bleaching* sebagai tahapan P3. Tahapan pemurnian diawali dengan proses *degumming* I menggunakan akuades 5% (b/v), *degumming* II menggunakan larutan garam dengan konsentrasi 1:3 (v/v), netralisasi alkali menggunakan NaOH (v/v), dan *bleaching* menggunakan magnesol XL 5% (b/v). Pada setiap tahap, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit.

Tahap ketiga adalah analisis minyak ikan hasil pemurnian untuk menentukan pengaruh perlakuan pemurnian bertingkat. Analisis fisik terhadap minyak ikan berupa pengukuran densitas, warna, dan rendemen, analisis parameter oksidasi berupa pengukuran FFA, PV, AnV, TOTOX, serta pengukuran profil asam lemak.

Analisis fisik

Analisis fisik minyak ikan dilakukan pada minyak ikan kasar dan minyak ikan yang telah dimurnikan. Parameter fisik yang digunakan adalah pengukuran densitas dengan piknometer sesuai SNI 01-2891-1992 (BSN 1992), pengukuran warna dengan chromameter (Hutching 1999), dan perhitungan rendemen.

Perhitungan rendemen dilakukan dengan menimbang sampel minyak ikan kasar (M1), kemudian dilakukan tahapan

pemurnian sesuai perlakuan sampai tahap *bleaching*. Minyak ikan yang telah dimurnikan selanjutnya ditimbang (M2) dan rendemen pemurnian minyak ikan dihitung dengan persamaan berikut ini.

Rendemen minyak ikan (%) = $(M2/M1) \times 100\%$

Analisis parameter oksidasi dan profil asam lemak

Analisis parameter oksidasi minyak ikan dilakukan pada minyak ikan kasar dan minyak ikan yang telah dimurnikan. Parameter oksidasi yang digunakan adalah kadar asam lemak bebas (FFA) sesuai AOCS Ca 5a-40 (AOCS 1998), bilangan peroksida (PV) sesuai AOAC 965.33 (AOAC 2012), bilangan p-Anisidin (AnV) (Watson, 1994), dan total oksidasi (TOTOX) (Perrin 1996). Penentuan profil asam lemak menggunakan gas chromatography dengan detektor flame ionization detector (FID) mengacu pada metode AOAC 969.33 (AOAC 2005).

Analisis Data

Pengolahan data statistik menggunakan software Microsoft Excel dan SPSS seri 15.0. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan analisis One-Way ANOVA untuk mengetahui pengaruh perlakuan pemurnian bertingkat terhadap parameter yang diuji. Jika terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$), dilakukan uji lanjut menggunakan uji beda Duncan. Data yang diolah menggunakan statistik adalah data sifat fisik dan parameter oksidasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Ikan Kasar

Hasil karakterisasi minyak ikan sardin kasar diketahui bahwa nilai FFA sampel sebesar $5,19 \pm 0,05\%$ dan PV sebesar $6,27 \pm 0,27$ meq/kg. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk penentuan jumlah NaOH yang ditambahkan pada pemurnian minyak ikan. Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah NaOH yang akan digunakan dalam tahap netralisasi sesuai target sebesar 16°Be yang ditentukan berdasarkan nilai FFA). Setiap perlakuan pemurnian minyak ikan (P1, P2, dan P3) digunakan °Be yang sama. Hal ini dilakukan agar pengaruh perlakuan pemurnian bertingkat terhadap parameter

Tabel 1 Sifat fisik minyak ikan sardin

Sampel	Rendemen (%)	Densitas (g/cm ³)	Warna		
			L*	a*	b*
C	Tidak diukur	0,79±0,004 ^a	28,37±0,48 ^a	15,11±0,19 ^d	8,30±0,44 ^a
P1	44,42±0,88 ^a	0,74±0,01 ^b	62,97±1,46 ^b	-7,13±0,12 ^c	30,60±0,29 ^b
P2	31,45±1,20 ^b	0,67±0,01 ^c	64,45±1,35 ^b	-8,33±0,20 ^b	30,85±0,27 ^b
P3	22,40±1,83 ^c	0,63±0,007 ^d	63,31±0,30 ^b	-9,06±0,40 ^a	30,45±0,24 ^b

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan uji jarak Duncan.

yang diuji berlangsung dengan jumlah penambahan larutan NaOH yang sama.

Sifat Fisik Minyak Ikan Sardin Hasil Pemurnian

Sifat fisik minyak ikan sebelum dan setelah mengalami proses pemurnian dapat dilihat pada Tabel 1. Densitas minyak ikan hasil pemurnian secara umum lebih rendah dibandingkan minyak ikan kasar. Tingkat pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka densitas minyak ikan hasil pemurnian semakin rendah, semula 0,79 g/cm³ menjadi berturut-turut 0,74 g/cm³, 0,67 g/cm³, dan 0,63 g/cm³ dengan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$). Penurunan nilai densitas minyak ikan hasil pemurnian bertingkat terjadi karena pada proses pemurnian minyak ikan dilakukan tahap *degumming* dan *bleaching* yang dapat menurunkan nilai densitas (Handayani dan Yusnimar 2013). Tahap *degumming* mampu menurunkan bahkan menghilangkan komponen pengotor (protein, pigmen, air, dan lain sebagainya) yang terkandung di dalam minyak ikan, sedangkan tahap *bleaching* menggunakan adsorben (magnesol XL) mampu menghilangkan zat warna yang terkandung di dalamnya dengan cara mengadsorpsi komponen pengotor. Komponen penyusun masing-masing sampel berbeda-beda sehingga terjadi perbedaan nilai densitas dari sampel. Suryani *et al.* (2016) menyatakan bahwa proses penghilangan pengotor dan zat warna pada proses pemurnian dapat menyebabkan menurunnya nilai densitas dan mempengaruhi berat minyak setelah pemurnian.

Pengujian warna dilakukan untuk menentukan perbedaan warna dari sampel

berdasarkan notasi warna CIE L, a*, b* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai L* menunjukkan kecerahan/warna terang pada sampel, -a*/+a* menunjukkan warna hijau-merah, dan -b*/+b* menunjukkan warna biru-kuning. Proses pemurnian dapat meningkatkan nilai L*, semula 28,37 menjadi 62,97 pada P1, 64,45 pada P2, dan 63,31 pada P3 dengan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$). Tabel 1 menunjukkan nilai a* nyata berbeda pada semua sampel dan nilai b* minyak ikan murni nyata berbeda terhadap minyak ikan kasar ($p < 0,05$). Minyak ikan murni berwarna hijau dan lebih kuning dari minyak ikan kasar, yang ditunjukkan dengan nilai -a* berkisar 7,13–9,06 dan nilai b* berkisar 30,60–30,45. Minyak ikan kasar berwarna merah dan tidak terlalu kuning dibandingkan minyak ikan murni yang ditunjukkan dengan nilai a* yaitu 15,11 dan nilai b* yaitu 8,3. Tingkat pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka warna minyak ikan akan semakin hijau, kuning, dan cerah. Secara visual, minyak ikan murni yang didapatkan memiliki warna kuning cerah. Suseno *et al.* (2012) melaporkan bahwa senyawa-senyawa pengotor dan zat warna (karotenoid dan tokoferol) pada minyak ikan kasar pada pemurnian minyak ikan sardin menggunakan magnesol XL akan hilang sehingga dapat meningkatkan nilai L*. Bertram *et al.* (2005) menyatakan bahwa magnesol XL mampu mengadsorpsi sabun, warna, bau, katalis yang belum bereaksi, komponen logam, sulfur, fosfor, kalsium, dan besi, serta mengurangi kandungan monogliserida dan digliserida, asam lemak bebas, gliserol bebas dan total gliserol, metanol, klorofil, air, dan sedimen pada minyak ikan dengan cara memperbesar

luas permukaan magnesol XL dan membuka pori-pori yang tertutup sehingga komponen pengotor dan zat warna teradsorpsi sempurna. Ayu dan Zibbeni (2012) juga menyatakan bahwa keunggulan magnesol XL mampu menurunkan kadar gliserol dan sangat efektif menghilangkan sabun yang terbentuk pada reaksi saponifikasi dengan cara menyerap sisa metanol, sisa katalis, sabun dan gliserol.

Hasil pengujian rendemen dapat dilihat pada Tabel 1. Rendemen minyak ikan murni nyata berbeda antar setiap perlakuan ($p < 0,05$). Tingkat pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka rendemen yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini berkaitan dengan proses pemurnian yang dilakukan yang bertujuan untuk menghilangkan komponen-komponen non minyak. Bija *et al.* (2017) menyatakan bahwa nilai rendemen yang rendah disebabkan oleh adanya residu pengotor yang banyak di dalam minyak ikan murni, begitu juga sebaliknya, sehingga pada minyak ikan murni dengan rendemen yang tinggi, sabun yang terbentuk pada tahap netralisasi alkali tidak banyak menyerap pengotor dan nilai rendemen tidak berkurang. Perbedaan nilai rendemen pada ketiga sampel minyak ikan murni disebabkan oleh banyaknya tahap netralisasi alkali yang dilakukan. Tahap netralisasi menggunakan NaOH yang merupakan soda kaustik, dapat terbentuk reaksi penyabunan atau saponifikasi. Triasilgliserol yang terkandung di dalam minyak jika direaksikan dengan NaOH, maka akan menghasilkan asam lemak dan air sehingga membentuk sabun yang dapat memerangkap pengotor berupa getah dan lendir yang tidak diinginkan ada di dalam minyak. Menurut Shiu *et al.* (2010), NaOH dapat meningkatkan rendemen jika konsentrasinya ditingkatkan, tetapi jika

ditingkatkan terlalu tinggi akan menyebabkan reaksi saponifikasi yang berlebihan dan mengakibatkan penurunan rendemen.

Parameter Oksidasi Minyak Ikan Sardin Hasil Pemurnian

Data hasil pengujian FFA dapat dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan bahwa FFA minyak hasil pemurnian turun secara nyata dibandingkan dengan minyak ikan kasar ($p < 0,05$). Kadar FFA minyak ikan hasil pemurnian yang didapatkan sudah mencapai standar *International Fish Oil Standard* (IFOS) 2014 yaitu $< 1,5\%$ dan standar *International Association of Fish Meal Manufacturers* (IFOMA). Bimbo (1998) menyatakan bahwa standar *International Association of Fish Meal Manufacturers* (IFOMA) untuk kadar FFA minyak ikan yaitu 1-7%. Kadar FFA minyak ikan sardin murni yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan Hulu *et al.* (2017) yaitu 0,21%. Penurunan kadar FFA disebabkan oleh proses pemurnian yang melibatkan tahap netralisasi alkali menggunakan NaOH yang memiliki kemampuan untuk menghilangkan kandungan asam lemak bebas yang ada pada minyak ikan dan dapat menghilangkan kandungan yang tidak diinginkan, misalnya pengotor yang terdapat pada minyak. Minyak ikan hasil pemurnian dengan perlakuan pemurnian bertingkat menghasilkan kadar FFA yang tidak nyata berbeda ($p > 0,05$) karena penggunaan NaOH pada tahap netralisasi alkali terus dilakukan mulai pemurnian satu kali hingga tiga kali. Penggunaan NaOH mampu mengadsorpsi zat warna dan pengotor berupa getah dan lendir yang terkandung pada minyak. Triasilgliserol yang terkandung di dalam minyak jika direaksikan dengan NaOH akan membentuk sabun (reaksi saponifikasi). Setelah disentrifugasi akan terbentuk fase

Tabel 2 Parameter oksidasi minyak ikan sardin

Sampel	FFA (%)	PV (meq/kg)	AnV (meq/kg)	TOTOX (meq/kg)
C	5,19±0,05 ^b	6,27±0,27 ^a	16,34±1,39 ^a	28,88±0,85 ^a
P1	0,64±0,007 ^a	11,26±0,57 ^b	25,59±0,88 ^a	48,11±0,99 ^b
P2	0,57±0,92 ^a	7,90±1,07 ^a	42,99±7,90 ^b	58,79±5,75 ^b
P3	0,37±0,21 ^a	6,46±0,56 ^a	63,43±6,38 ^c	76,34±5,26 ^c

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan uji jarak Duncan.

padat di bagian bawah berupa sabun dan fase cair di bagian atas berupa minyak. Reaksi saponifikasi yang terbentuk mampu menurunkan kadar FFA pada minyak.

Bilangan peroksida (PV) didefinisikan sebagai jumlah peroksida dalam miliekuivalen oksigen aktif yang dikandung dalam 1.000 gram senyawa (Suseno *et al.* 2013). Peroksida merupakan senyawa yang diakibatkan oleh adanya oksidasi minyak oleh udara bebas sedangkan bilangan peroksida adalah nilai yang digunakan untuk menentukan derajat kerusakan pada minyak atau lemak yang dapat ditentukan dengan metode iodometri. Peroksida dapat terjadi karena adanya ikatan rangkap pada minyak yang mengikat oksigen dari udara sekitar. Semakin tinggi bilangan peroksida maka semakin tinggi pula tingkat kerusakan minyak (Ketaren 2012). Bilangan peroksida semakin tinggi, maka tingkat ketengikan suatu minyak juga semakin tinggi (Khotimah 2013). Hasil analisis PV disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa PV minyak ikan hasil pemurnian satu kali nyata berbeda dengan minyak ikan hasil pemurnian dua kali, tiga kali dan minyak ikan kasar. Hasil uji PV ketiga sampel hasil pemurnian sudah mencapai standar IFOMA yaitu berkisar 3-20 meq/kg (Bimbo 1998) tetapi belum mencapai standar IFOS 2014 yaitu ≤ 5 meq/kg. PV pada penelitian ini lebih rendah dari hasil yang dilaporkan Haryati *et al.* (2017) yaitu 14,43 meq/kg. Minyak ikan hasil pemurnian satu kali mengalami peningkatan nilai PV dibandingkan dengan minyak ikan kasar. Hal ini diduga karena minyak ikan terpapar dengan energi berupa panas, cahaya, komposisi asam lemak di dalamnya, oksigen, senyawa-senyawa minor yang tidak diinginkan, misalnya pigmen, logam, fosfolipid, asam lemak bebas, monogliserol, diasilgliserol, dan senyawa-senyawa yang teroksidasi secara termal, dan antioksidan (Choe dan Min 2006). Selain itu, peroksida lipid yang terbentuk secara enzimatis dan non enzimatis juga dapat meningkatkan bilangan peroksida.

Kualitas minyak ikan selama penyimpanan dikaitkan dengan nilai anisidin (AnV) (Feryana *et al.* 2014). AnV adalah

nilai dari hasil pengukuran produk sekunder dari oksidasi lemak dengan menentukan jumlah aldehid dalam lemak (Pokorny 2001). Sampel yang memiliki AnV terendah adalah minyak ikan kasar yaitu 16,34 meq/kg dan tertinggi adalah P3 yaitu 63,43 meq/kg. Tabel 2 menunjukkan AnV minyak ikan kasar dan minyak hasil pemurnian satu kali nyata lebih rendah dibandingkan minyak ikan hasil pemurnian dua kali dan tiga kali. Hasil AnV yang didapatkan lebih tinggi dari hasil yang dilaporkan oleh Haryati *et al.* (2017) yaitu 17,3 meq/kg dan Hulu *et al.* (2017) yaitu 2,22 meq/kg. Nilai maksimum AnV untuk standar IFOMA yaitu 60 meq/kg (Estiasih *et al.* 2017) dan standar IFOS 2014 yaitu < 20 meq/kg. Berdasarkan hasil pengujian AnV, minyak ikan hasil pemurnian tiga kali tidak memenuhi standar IFOMA. Bila tingkat pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka nilai AnV akan semakin meningkat. Suryani *et al.* (2016) menyatakan bahwa reaksi hidrolisis dapat terjadi pada minyak karena adanya komponen pengotor. Oksigen dapat meningkatkan AnV sehingga terjadi degradasi peroksida menjadi aldehid (senyawa dengan molekul lebih kecil). Kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi pada minyak dapat meningkatkan AnV sehingga mengalami kerusakan oksidatif (Suseno dan Saraswati 2015a; Suseno *et al.* 2013). Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan PUFA pada minyak ikan yang bereaksi dengan oksigen, cahaya, dan panas selama penyimpanan atau selama proses pemurnian dan pengujian berlangsung sehingga membentuk aldehid, keton, dan turunannya.

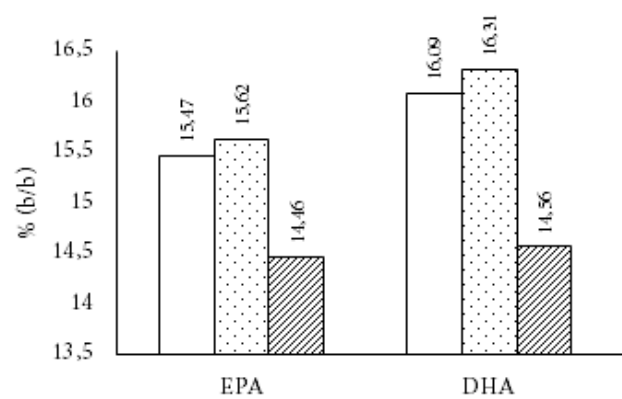
Total oksidasi adalah jumlah dari nilai oksidasi primer dan sekunder (AnV dan PV). Nilai TOTOX pada penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan menunjukkan bahwa semakin banyak tahap pemurnian yang dilakukan maka nilai TOTOX akan semakin meningkat. Tabel 2 menunjukkan nilai TOTOX minyak ikan hasil pemurnian satu kali dan minyak ikan kasar nyata lebih rendah dibandingkan dengan minyak ikan hasil pemurnian dua kali dan tiga kali; sedangkan minyak ikan hasil pemurnian dua kali nyata lebih rendah daripada minyak ikan hasil

pemurnian tiga kali ($p < 0,05$). Nilai TOTOX pada sampel P1 yaitu 48,11 meq/kg dan P2 yaitu 58,79 meq/kg dan masih memenuhi standar IFOMA yang berkisar 10-60 meq/kg (Fuadi *et al.* 2014). Nilai TOTOX yang dimiliki minyak hasil pemurnian satu kali dan dua

kali mendekati nilai TOTOX yang dilaporkan Musbah *et al.* (2017) yaitu 56,9 meq/kg. TOTOX merupakan parameter untuk menganalisis oksidasi primer dan sekunder dari minyak ikan. Jika parameter oksidasi primer (FFA dan PV) dan sekunder (AnV)

Tabel 3 Parameter oksidasi minyak ikan sardin

Asam lemak	P1% (b/b)	P2% (b/b)	P3% (b/b)
Asam laurat (C12:0)	0,08	0,08	0,08
Asam tridekanoat (C13:0)	0,04	0,04	0,04
Asam miristat (C14:0)	8,26	8,3	7,92
Asam pentadekanoat (C15:0)	0,48	0,48	0,44
Asam palmitat (C16:0)	15,81	15,84	14,37
Asam heptadekanoat (C17:0)	0,55	0,55	0,48
Asam stearat (C18:0)	2,74	2,83	2,47
Asam arakhidat (C20:0)	0,25	0,25	0,21
Asam heneikosanoat (C21:0)	0,05	0,05	0,05
Asam behenat (C22:0)	0,17	0,17	0,14
Asam trikosanoat (C23:0)	0,02	0,03	0,04
Asam lignoserit (C24:0)	0,12	0,13	0,11
Total SFA	28,57	28,75	26,35
Asam miristoleat (C14:1)	0,02	0,02	0,02
Asam palmitoleat (C16:1)	6,68	6,7	6,31
Asam cis-10- heptadekanoat (C17:1)	0,1	0,12	0,1
Asam oleat (C18:1n9c)	4,24	4,33	3,9
Asam elaidat (C18:1n9t)	0,07	0,07	0,06
Asam cis-11-eikosenoat (C20:1)	1,3	1,31	1,16
Asam nervonat (C24:1)	0,44	0,44	0,39
Total MUFA	12,85	12,99	11,94
Asam linolelaidat (C18:2n9t)	0,1	0,08	0,1
Asam linoleat (C18:2n6c)	1,24	1,23	1,13
Asam γ -linolenat (C18:3n6)	0,29	0,29	0,27
Asam linolenat (C18:3n3)	0,68	0,71	0,67
Asam cis-11,14-eikosedienoat (C20:2)	0,15	0,15	0,13
Asam cis-8,11,14-eikoseatrienoat (C20:3n6)	0,24	0,25	0,22
Asam arakhidonat (C20:4n6)	2,3	2,33	2,12
Asam cis-5,8,11,14,17-eikosapentaenoat (C20:5n3)	15,47	15,62	14,46
Asam cis-4,7,10,13,16,19-dokosaheksaenoat (C22:6n3)	16,09	16,31	14,56
Asam cis-13,16-dokosadienoat (C22:2)	0,05	0,05	0,04
Total PUFA	36,61	37,02	33,7
Total asam lemak teridentifikasi	78,03	78,76	71,99
Total senyawa yang tidak teridentifikasi	21,97	21,24	28,01



Gambar 1 Kandungan EPA dan DHA minyak ikan sardin murni; □ P1; ▨ P2; ▩ P3.

semakin meningkat, maka nilai TOTOX yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Tingkat pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka nilai parameter primer dan sekunder akan semakin meningkat sehingga nilai TOTOX juga akan semakin tinggi.

Profil Asam Lemak Minyak Ikan Sardin Hasil Pemurnian

Komposisi asam lemak minyak ikan sardin murni dapat dilihat pada Tabel 3 yang terdiri dari *saturated fatty acid* (SFA) 12 jenis, *monounsaturated fatty acid* (MUFA) 7 jenis, dan *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) 10 jenis dengan total asam lemak teridentifikasi yaitu 78,03% pada sampel P1, 78,76% pada P2, dan 71,99% pada P3 dan didominasi oleh kandungan PUFA. Kandungan PUFA tertinggi terdapat pada sampel P2 yaitu 37,02, diikuti dengan sampel P1 yaitu 36,61% dan terendah pada sampel P3 yaitu 33,7%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suseno *et al.* (2014a) kandungan PUFA pada minyak ikan sardin lemuru yaitu 22,82% dan 32,43% (Suseno *et al.* 2015^c), sedangkan hasil penelitian Okada *et al.* (2007) sebanyak 43,2%.

Kandungan omega-3, omega-6 dan omega-9 disajikan pada Tabel 3, pada sampel P1 yaitu 31,95%, 4,07%, dan 4,41%, sampel P2 yaitu 32,64%, 4,1%, dan 4,48% dan sampel P3 yaitu 29,69%, 3,76%, dan 4,06%. Kandungan EPA dan DHA tertinggi terdapat pada minyak ikan hasil pemurnian dua kali, yaitu 15,62% dan 16,31%. Kandungan EPA dan DHA pada minyak ikan bervariasi mulai dari 5-26% (Alkio *et al.* 2000).

Penurunan kandungan PUFA pada pemurnian bertingkat disebabkan oleh penurunan kandungan EPA dan DHA (Gambar 1). Pemurnian tiga kali sudah menunjukkan terjadinya penurunan kandungan PUFA yaitu 3,32%. Okada *et al.* (2007) menyatakan bahwa kandungan omega-3 pada PUFA berkurang karena pada proses pemurnian minyak ikan terjadi perlakuan suhu tinggi, misalnya pada proses *bleaching* dan deodorisasi. Kandungan profil lipid minyak ikan setelah pemurnian bertingkat mengalami penurunan seiring dengan banyaknya pemurnian yang dilakukan karena ketika proses pemurnian minyak ikan berlangsung, diduga terjadi juga oksidasi karena adanya paparan cahaya dan oksigen sehingga ikatan rangkap tidak jenuh yang terkandung di dalamnya berubah menjadi jenuh. Penurunan profil asam lemak yang terkandung di dalam minyak ikan diikuti dengan semakin meningkatnya PV, AnV, dan TOTOX pada pemurnian bertingkat yang mengindikasikan terjadinya oksidasi pada minyak ikan.

Minyak ikan hasil pemurnian secara bertingkat yang diperoleh mampu mencapai standar IFOS 2014 untuk parameter FFA. Parameter oksidasi lainnya seperti PV, AnV, dan TOTOX mampu mencapai standar IFOMA. Pemurnian yang dilakukan semakin banyak, maka minyak ikan sering terpapar oksigen dan suhu sehingga pada parameter AnV dan TOTOX terjadi peningkatan seiring dengan banyaknya pemurnian yang dilakukan. Agar menghasilkan parameter

yang diinginkan yang mampu memenuhi kriteria standar IFOS 2014, sebaiknya pada pemurnian dua kali dan tiga kali tidak perlu dilakukan tahapan netralisasi alkali.

KESIMPULAN

Minyak ikan sardin hasil pemurnian yang diperoleh dari hasil samping penepungan ikan dengan pemurnian bertingkat hingga tiga tahap, pada parameter FFA mampu memenuhi kriteria mencapai standar IFOS 2014, sedangkan untuk parameter PV, AnV, dan TOTOX mampu memenuhi standar IFOMA. Semakin banyak tingkat pemurnian yang dilakukan, maka akan memberikan efek yang berbeda nyata pada parameter yang dilakukan. Nilai FFA terendah dimiliki sampel dengan pemurnian tiga kali (P3) yaitu 0,37%, PV terendah pada pemurnian tiga kali (P3) yaitu 6,46 meq/kg, AnV terendah pada pemurnian satu kali (P1) yaitu 25,59 meq/kg, TOTOX terendah pada pemurnian satu kali (P1) yaitu 48,11 meq/kg, dan kandungan PUFA tertinggi terdapat pada pemurnian dua kali (P2) yaitu 37,02%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeoti IA dan Hawboldt K. 2014. A review of lipid extraction from fish processing by product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*. 63: 330-340.
- Ahmadi K, Mushollaeni W. 2007. Aktivasi zeolite alam untuk pemurnian minyak ikan dari hasil samping penepungan ikan sardin (*Sardinella longiceps*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 8(2): 71-79.
- Alkio M, Gonzales C, Jantti M, Aaltonen O. 2000. Purification of polyunsaturated fatty acid ester from tuna oil with supercritical fluid chromatography. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 77(3): 315-321.
- Anjarsari B. 2010. Pangan Hewani Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Method. Virginia: Published by The Association of Analytical Chemist, Inc.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2012. Official Methods of Analysis. AOAC International. 19 th Edition.
- [AOCS] American Oil Chemists Society. 1998. *Free fatty acids* In: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. Vol 5a. 5th ed. Champaign: AOCS Press.
- Astawan M. 2004. Ikan yang Sedap dan Bergizi. Solo: Tiga Serangkai.
- Ayu D, Zibbeni A. 2012. Pengaruh *stir washing*, *bubble washing*, dan *dry washing* terhadap kadar metil ester dalam biodiesel dari biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10543-Paper.pdf>.
- Bertram B, Abrams C, Cooke BS. 2005. Purification of biodiesel with adsorbent materials. US: The Dallas Group of America, Inc., White House, NJ. United States Patent. Patent no : US 7,635,398B2.
- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2017. Data ekspor impor minyak ikan. Jakarta (ID): Badan Pusat Statistika.
- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2017. <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1705>. Diakses 2 September 2017.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992. [SNI] Standar Nasional Indonesia Nomor 01-2891-1992. Cara uji makanan dan minuman. Jakarta.
- Bimbo AP. 1998. [IFOMA] International Fishmeal and Oil Manufacturers Association: Guidelines for Characterising Food Grade Fish Oil. 9(5): 473-483.
- Bija S, Suseno SH, Uju. 2017. Pemurnian minyak ikan sardin dengan tahapan *degumming* dan netralisasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 143-152.
- Choe E, Min DB. 2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5: 169-186.
- Crexi VT, Grunennvaldt FL, Soares LAS, Pinto LAA. 2009. Deodorisation process variable for croaker (*M. furnieri*) oil. *Food Chemistry*. 114: 369-401.
- Endo J, Arita M. 2016. Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Cardiology*. 67(1): 22-27.

- Estiasih T. 2009. Minyak Ikan, Teknologi dan Penerapannya untuk Pangan dan Kesehatan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Estiasih T, Trowulan E, Rukmi WD. 2017. Fortifikasi minyak ikan hasil samping pengalengan lemuru pada bakso sapi dan nugget ayam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 164-178.
- Feryana IWK, Suseno SH, Nurjanah. 2014. Pemurnian minyak ikan makarel hasil samping penepungan dengan netralisasi alkali. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(3): 207-214.
- Fuadi I, Suseno SH, Ibrahim B. 2014. Characterization of fish oil from mackerel (*Scomber japonicus*) canning by product. *Asian Journal of Agricultural and Food Science*. 2(3): 227-233.
- Handayani, K dan Yusnimar. 2013. pengaruh ukuran partikel bentonit dan suhu adsorpsi terhadap daya jerap bentonit dan aplikasinya pada *bleaching* CPO. *Jurnal Teknobiologi*. 4(2): 117-121.
- Haryati K, Suseno SH, Nurjanah. 2017. Minyak ikan sardin hasil sentrifugasi dan adsorben untuk emulsi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 84-94.
- Hulu DPC. 2017. *Degumming* minyak ikan sardin (*Sardinella* sp.) dengan larutan garam (NaCl) dan kestabilan produk terkapsulnya. [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hulu DPC, Suseno SH, Uju. 2017. Peningkatan minyak ikan sardin dengan *degumming* menggunakan larutan NaCl. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 199-210.
- Hutching JB. 1999. Food and Appearance. Second edition. Aspen Publ. Inc., Gaitersburg, Maryland.
- [IFOS] International Fish Oil Standard. 2014. Fish Oil Purity Standard.
- Ketaren S. 2012. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Depok: UI Press.
- Khotimah K, Darius, Sasmito, BB. 2013. Uji aktivitas senyawa aktif alga coklat (*Sargassum fillipendulla*) sebagai antioksidan pada minyak ikan lemuru (*Sardinella longiceps*). *THPi Student Journal*. 1(1): 10-20.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2017. <http://statistik.kkp.go.id/sidatik-dev/2.php?x=2>. Diakses tanggal 22 Agustus 2017.
- [KKP]. Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2015. Statistik perikanan tangkap. Diakses tanggal 22 Agustus 2017.
- Maulana IT, Sukraso, Damayanti S. 2014. Kandungan asam lemak minyak ikan Indonesia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 6(1): 121-130.
- McManus A, Merga M, Newton W. 2011. Omega-3 fatty acids. What consumers need to know. *Appetite*. 57: 80-83.
- Musbah M, Suseno SH, Uju. Kombinasi minyak ikan sardin dan cucut kaya omega-3 dan squalene. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 45-52.
- Okada T, Morrissey MT. 2007. Production of n-3 polyunsaturated fatty acid concentrate from sardine oil by lipase-catalyzed hydrolysis. *Food Chemistry*. 103: 1411-1419.
- Perrin JL. 1996. Determination of Alteration. In: Karleskind A, Wolff JP. (Eds.) Oils and Fats. Manual Vol. 2. Paris: Lavoisier Publishing.
- Pokorny JK. 2001. Preparation of Natural Antioxidant, Antioxidants in Food: Practical Applications, 1st eds. Inggris: Woodhead Publishing Ltd.
- Shiu PJ, Gunawan S, Hsieh WH, Kasim NS, Ju YH. 2010. Biodiesel production from rice bran by a two step in situ process. *Bioresource Technology*. 101: 984-98
- Suryani E, Wahono HS, Novita W. 2016. Karakteristik fisik kimia minyak kacang tanah (*Arachis hypogaea*) hasil pemucatan (kajian kombinasi adsorben dan waktu proses). *Jurnal Pangan & Agroindustri* 4(1): 120-126.
- Suseno SH, Tajul AY, Nadiah WA, Noor AF. 2012. Improved of colour properties on *Sardinella* lemuru during adsorbent refining using magnesol XL. *International Food Research Journal*. 19(4): 1383-1386.
- Suseno SH, Nurjanah, Faradiba T. 2013. Profil asam lemak dan kestabilan produk formulasi minyak ikan dan habbatussauda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 16(2): 142-149.
- Suseno SH, Nurjanah, Jacob AM, Saraswati.

- 2014^a. Purification of *Sardinella* sp. oil: centrifugation and bentonite adsorbent. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 6(1): 60-67.
- Suseno SH, Tambunan J, Ibrahim B, Saraswati, Hayati S, Izaki AF. 2014^b. Optimization of sardine (*Sardinella* sp.) oil refining using response surface method (RSM). *Pakistan Journal of Biotechnology*. 11(1): 41-51.
- Suseno SH dan Saraswati. 2015a. Teknologi Industri Minyak Ikan. Bogor: IPB Press.
- Suseno HS, Tajul AY, Nadiyah WA, Saraswati. 2015b. Physicochemical characteristics and quality parameters of alkali refined lemuru oil from Banyuwangi, Indonesia. *Pakistan Journal of Nutrition*. 14(2): 107111.
- Suseno SH, Yang TA, Abdullah WNW, Saraswati. 2015c. Physicochemical characteristics and quality parameters of alkali-refined lemuru oil from Banyuwangi, Indonesia. *Pakistan Journal of Nutrition*. 14(2): 107-111.
- Taneja A, Singh H. 2012. Challenges for the delivery of long-chain n-3 fatty acids in functional foods. In: Doyle MP, Klaenhammer TR. (Eds.). *Annual Review of Food Science and Technology*. 3: 105-123.
- Vasile FE, Romero AM, Judis MA, Mazzobre MF. 2016. Prosopis alba exudate gum as excipient for improving fish oil stability in alginate-chitosan beads. *Food Chemistry*. 190:1093-1101.
- Watson CA. 1994. Official and standardized methods of analysis (Third Ed.). Cambridge UK: The Royal Society of Chemistry.
- Wiyono B. 2011. Model dinamis perikanan lemuru (*Sardinella lemuru*) di selat Bali. [Tesis] IPB.