

## PENINGKATAN MUTU MINYAK IKAN SARDIN DENGAN *DEGUMMING* MENGUNAKAN LARUTAN NaCl

### *Improving the Quality of Sardine Fish Oil by Degumming Using Sodium Chloride Solution*

**Dian Prima Christiani Hulu\***, Sugeng Heri Suseno, Uju

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor,  
Jalan Agatis, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680. Telepon 0251-8622915, faks. 0251-8622916

\*Korespondensi: [dianpchulu@gmail.com](mailto:dianpchulu@gmail.com)

Diterima: 26 Januari 2017/ Disetujui: 19 April 2017

**Cara sitasi:** Hulu DPC, Suseno SH, Uju. 2017. Peningkatan minyak ikan sardin dengan *degumming* menggunakan larutan NaCl. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 199-210.

#### Abstrak

Kualitas minyak ikan ditentukan oleh parameter mutu kimia dan fisik, antara lain nilai oksidasi primer dan sekunder, profil asam lemak serta kualitas fisik yang meliputi viskositas, densitas, warna dan kejernihan. Minyak ikan sardin hasil samping penepungan dapat menjadi sumber asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) terutama asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA). *Degumming* merupakan salah satu tahapan dalam pemurnian minyak yang dapat meningkatkan kualitas minyak ikan sardin. Proses ini membantu menurunkan nilai oksidasi dan menghilangkan pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas minyak ikan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh proses *degumming* dengan larutan garam (NaCl) terhadap kualitas minyak ikan sardin yang mencapai *International Fish Oil Standard* (IFOS). Pemurnian minyak ikan dilakukan dengan *degumming* 5% H<sub>2</sub>O, *degumming* larutan NaCl dengan rasio minyak ikan dan larutan NaCl 1:1; 1:3, dan 1:5. Konsentrasi larutan NaCl 5% dan 8% dengan waktu 20, 30 dan 40 menit. Pemurnian dilanjutkan dengan netralisasi alkali dan *bleaching*. Perlakuan terbaik yakni *degumming* dengan rasio minyak dan larutan NaCl 1:1 (v/v), konsentrasi NaCl 5% (b/v), waktu *degumming* 20 menit, netralisasi alkali 22°Be dan *bleaching* dengan 5% magnesol XL. Kualitas minyak ikan telah sesuai dengan IFOS yaitu asam lemak bebas 0,21±0,00%, nilai peroksida 0,43±0,06 meq/kg, AnV 2,22±0,04 meq/kg, dan oksidasi total 3,11±0,14 meq/kg.

Kata kunci: IFOS, minyak ikan *by-product*, omega-3, pemurnian

#### Abstract

The quality of fish oil is determined by some parameters such as primary and secondary grade oxidation, fatty acid profile and physical qualities which include viscosity, density, color and clarity. Sardine fish oil by-products of fish meal processing can be a source of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), particularly eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). *Degumming* is one of steps that can be carried out to improve the quality of sardine fish oil. The processing will help to reduce oxidation and eliminate the impurity of the oil that influence the quality of fish oil. The purpose of this study was to determine the effect of sodium chloride solution *degumming* on the quality of sardine fish oil to fulfill *International Fish Oil Standard* (IFOS). Fish oil purification was done by *degumming* of 5% H<sub>2</sub>O, followed by sodium chloride solution with ratio of fish oil and sodium chloride solution were 1:1; 1:3, and 1:5. The sodium chloride solution concentrations of 5% and 8% for 20, 30 and 40 minutes. The next steps after *degumming* process were followed by alkali neutralization and bleached by absorbent. The best treatment was at concentration of 5% sodium chloride solution, ratio fish oil with sodium chloride solution 1:1 on a long time *degumming* processed 20 minutes. The best quality of fish oil, according to IFOS, was resulted from the treatments combination of free fatty acid 0.21±0.00%, peroxide value 0.43±0.06 mEq/kg, anisidin value 2.22±0.04 mEq/kg and total oxidation 3.11±0.14 mEq/kg.

Keywords: IFOS, fish oil by-product, omega-3, purification

## PENDAHULUAN

Industri pengolahan ikan di Indonesia telah mengalami perkembangan yang pesat, mulai dari pengolahan berbasis tradisional hingga modern. Jumlah produk olahan hasil perikanan meningkat setiap tahunnya dengan pertumbuhan pada tahun 2013 dan tahun 2014 secara berturut-turut 6,84% dan 7,23% (KKP 2015). Proses pengolahan produk industri perikanan tersebut memiliki hasil samping yang dapat diolah lebih lanjut menjadi produk bermanfaat, salah satunya yaitu industri penepungan ikan. Suseno *et al.* (2015<sup>a</sup>) menyatakan setiap 20 ribu-30 ribu ton ikan sardin yang diolah akan menghasilkan minyak sebanyak 15-20%. Minyak ikan lemuru dari hasil samping penepungan juga memiliki kadar asam lemak n-3 tinggi yaitu berkisar 29,09%. Minyak ikan dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang pangan, kesehatan dan sumber energi terbarukan. Kebutuhan minyak ikan untuk pangan dan kesehatan masyarakat Indonesia masih bergantung pada impor. Nilai impor minyak ikan Indonesia mencapai 4739 ton (BPS 2015).

Minyak ikan sardin (*Sardinella* sp.) hasil samping penepungan memiliki kualitas yang kurang baik dibanding minyak hasil samping pengalengan, sehingga diperlukan berbagai cara untuk meningkatkan kualitas minyak ikan sesuai dengan standar IFOS (*International Fish Oil Standard*). Pemurnian dilakukan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dan menstabilkan karakteristik minyak (Crexi *et al.* 2009).

Pemurnian minyak pada umumnya dilakukan dengan tahapan *degumming*, netralisasi, pemucatan dan deodorisasi (Ketaren 2012). *Degumming* adalah proses pemisahan pengotor berupa lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, karbohidrat, air dan resin (Ketaren 2012). Penelitian sebelumnya dalam tahapan pemurnian belum melalui proses *degumming*. Pemurnian yang telah dilakukan oleh peneliti untuk memenuhi standar tersebut yaitu: pemurnian minyak ikan dengan netralisasi alkali (Feryana *et al.* 2014; Fuadi 2014), adsorben (Suseno *et al.* 2011; Suseno *et al.* 2014<sup>a</sup>), sentrifugasi serta menggunakan berbagai filter atau penyaring (Suseno *et al.* 2014<sup>b</sup>).

Pemurnian yang dilakukan pada penelitian ini memanfaatkan fraksi cair minyak kasar ikan sardin dengan proses *degumming* air dan *degumming* larutan NaCl, netralisasi serta *bleaching*. Zufarov *et al.* (2008); Ketaren (2012) mengemukakan bahwa proses *degumming* terbagi atas *degumming* air, asam, dan garam-garam mineral. Proses *degumming* (air dan larutan NaCl) dilakukan untuk menghilangkan kandungan pengotor yang masih tercampur di dalam minyak. Larutan NaCl pada proses *degumming* digunakan karena memiliki kemampuan dalam mengikat pengotor, diizinkan untuk makanan dan mudah didapat dengan harga terjangkau. Pengotor dalam minyak dapat mempengaruhi nilai oksidasi dan menyebabkan munculnya endapan putih yang akan mempengaruhi sifat fisik maupun kimia produk tersebut. Proses pemurnian yang dilakukan dalam penelitian ini diharapkan menghasilkan minyak murni dengan parameter kimia dan fisika yang memenuhi standar kualitas pangan. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh *degumming* (air dan larutan NaCl) pada proses pemurnian terhadap kualitas minyak ikan sardin sehingga menghasilkan minyak ikan yang sesuai dengan IFOS.

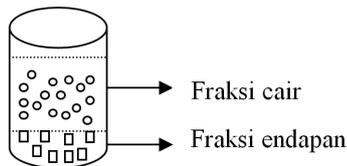
## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu minyak ikan sardin hasil samping penepungan dari PT. Hosana Buana Tunggal di Bali, air, NaCl (garam dapur merk Daun, Sidoarjo), natrium hidroksida (Merck), magnesol XL, potassium iodide (KI) (Sigma Aldrich), pati, sodium thisulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) (Merck), asam asetat glasial (Merck), kloroform (Merck), isooktan (Merck), p-anisidin (Merck), etanol (Merck), kalium hidroksida (Merck), indikator penoptalin (Merck), alkohol 95%, dan N-heksana (Merck). Alat-alat yang digunakan yaitu *hot plate magnetic stirrer*, *magnetic stirring bar*, spektrofotometer UV-VIS 2500 (LaboMed), Kromatografi Gas (Shimadzu GC 2010 Plus dengan standar Supelco<sup>TM</sup> 37 Component FAME Mix), dan *sentrifugasi high speed refrigerated* (HITACHI himac CR 21G).

## Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan karakterisasi minyak kasar. Minyak kasar adalah minyak yang terdiri atas dua fraksi yakni fraksi cair dan fraksi endapan seperti pada Gambar 1. Karakteristik dari kedua fraksi tersebut menjadi dasar dalam melakukan pemurnian minyak ikan.



Gambar 1 Minyak kasar ikan sardin

Tahap kedua adalah pemurnian fraksi cair minyak kasar dengan *degumming* air (Zufarov *et al.* 2008); dan larutan NaCl (Sari *et al.* 2015), netralisasi (Suseno *et al.* 2015)b, dan *bleaching* (Suseno *et al.* 2011). Sentrifugasi dilakukan pada setiap tahapan hingga diperoleh minyak yang sesuai standar IFOS. *Degumming* pertama dengan air sebanyak 5% (v/v) dan *degumming* kedua menggunakan larutan NaCl dengan rasio 1:1, 1:3, dan 1:5 (v/v), konsentrasi NaCl 5% dan 8% (b/v) serta lama proses *degumming* 20, 30 dan 40 menit. Netralisasi dengan 22°Be selama 10 menit dan *bleaching* dengan 5% (b/v) magnisol selama 20 menit.

## Analisis Proksimat

Analisis proksimat dilakukan dengan mengacu pada BSN (1993) No. 01-2891-1992. Analisis proksimat merupakan suatu analisis yang dilakukan untuk memprediksi komposisi kimia suatu bahan, meliputi kadar air, abu dan protein.

## Pengukuran Viskositas

Viskositas diukur dengan menggunakan alat *Brookfield Viscometer* (O'Brien *et al.* 2004). Sampel sebanyak 100 mL ditempatkan ke dalam gelas piala 100 mL. Pengukuran viskositas dilakukan pada sampel dengan spindle 2 dan speed 30 rpm, selama 2 menit. Rotor berputar dan jarum bergerak, pembacaan dilakukan setelah jarum stabil.

Skala yang terbaca menunjukkan kekentalan sampel yang diperiksa dengan satuan cP (centiPoise).

## Analisis Densitas Metode Piknometer

Nilai densitas minyak dianalisis menggunakan piknometer (Andarwulan *et al.* 2011). Piknometer yang digunakan dibersihkan dan dikeringkan kemudian ditimbang. Piknometer diisi dengan akuades suhu 20-30°C sampai meluap dan tidak ada gelembung udara di dalamnya kemudian ditutup rapat. Botol direndam dalam bak air yang bersuhu 25°C dengan toleransi 0,2°C selama 30 menit, dikeringkan dengan kertas penghisap, kemudian botol beserta isinya ditimbang. Densitas minyak dihitung dengan rumus:

$$DT \left( \frac{g}{mL} \right) = \frac{W' - W}{W''}$$

Keterangan :

DT (g/mL) = densitas sampel minyak atau lemak pada suhu T

W = Berat piknometer kosong (g)

W' = Berat piknometer yang berisi sampel (g)

W'' = berat air pada suhu 25°C (g)

## Pengukuran Warna

Pengukuran warna dilakukan pada minyak menurut metode Andarwulan *et al.* (2011), dilakukan menggunakan Colorimeter (Minolta, Spectrophotometer CM-3500d, Jepang) CIELAB. Nilai L\* ditentukan sebagai derajat kecerahan, a\* sebagai derajat kemerahan dan b\* sebagai derajat kekuningan. Pengamatan warna minyak ikan dilakukan dengan cara mengamati nilai absorbansi sampel pada panjang gelombang 340 nm.

## Analisis Parameter Kualitas Primer dan Sekunder Minyak Ikan

Analisis parameter kualitas primer dan sekunder minyak ikan dilakukan dengan mengacu pada AOAC (2005). Analisis parameter kualitas primer meliputi kadar asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida (PV), dan kualitas sekunder yakni nilai anisidin (AnV), total oksidasi (totox).

### Analisis Profil Asam Lemak menggunakan Gas Chromatography

Identifikasi asam lemak dilakukan mengacu pada AOAC (2005), dengan menginjeksikan sampel minyak dalam bentuk metil ester pada alat kromatografi gas. Alat kromatografi gas yang digunakan adalah Shimadzu GC 2010 Plus, gas nitrogen pada fase gerak dengan laju alir 30 mL/menit dan sebagai gas pembakar adalah hidrogen dan oksigen. Kolom yang digunakan adalah *capillary column* merk Quadrex dengan diameter dalam 0,25 mm. Analisis kuantitatif asam lemak dihitung dengan rumus :

$$\text{Asam lemak \%} = \frac{\text{konsentrasi sampel}}{100 - \text{konsentrasi pelarut}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia Minyak Kasar Ikan Sardin

Minyak kasar terdiri dari dua lapisan, bagian atas adalah fraksi cair dan lapisan bagian bawah fraksi endapan yang belum diketahui komponen penyusunnya. Analisis proksimat pada fraksi cair dan endapan dilakukan untuk mengetahui persentase komposisi kimia yang terkandung dalam minyak sebagai pengotor. Komposisi kimia fraksi cair dan endapan minyak kasar ikan sardin meliputi protein, kadar abu dan kadar air dapat dilihat pada Gambar 2.

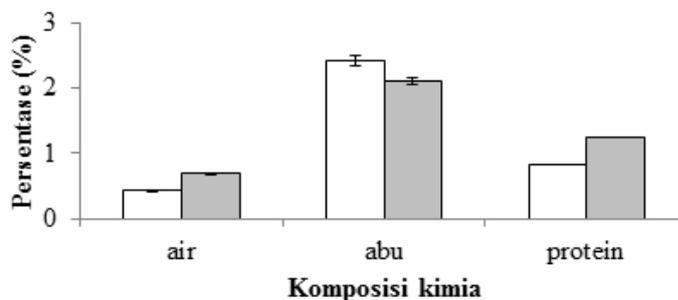
Gambar 2 menunjukkan kadar protein dan air dari fraksi endapan lebih tinggi dibandingkan pada fraksi cair minyak ikan. Hasil pengujian menggambarkan bahwa fraksi endapan mengandung lebih banyak zat pengotor. Protein, abu dan air merupakan

komponen yang dapat menyebabkan kerusakan mutu minyak. Setyoprato (2012) menyatakan bahwa air merupakan komponen yang dapat menjadi media hidrolisis minyak sehingga menghasilkan asam-asam lemak bebas.

### Karakteristik Fisik Minyak Kasar Ikan Sardin

Kualitas minyak ikan dapat ditentukan melalui analisis fisik yang terdiri dari analisis viskositas, densitas, dan warna. Viskositas merupakan ukuran gesekan internal (*internal friction*) suatu cairan dalam melawan aliran. Nilai viskositas dipengaruhi oleh panjang rantai asam lemak serta kejenuhan asam lemak (Aini dan Tjahjani 2013). Hasil analisis terhadap nilai viskositas fraksi cair minyak kasar yaitu  $49,03 \pm 0,03$  cP sedangkan fraksi endapan yaitu  $359 \pm 0,70$  cP. Suseno *et al.* (2011); Suseno *et al.* (2014)a menghasilkan nilai viskositas minyak ikan sardin, masing-masing  $51,73 \pm 0,15$  cP dan 69 cP. Nilai viskositas pada fraksi endapan lebih tinggi dibandingkan fraksi cair dan merupakan indikator bahwa endapan tersebut tersusun oleh asam lemak jenuh yang banyak. Sutiah (2008) menyatakan nilai viskositas minyak dipengaruhi oleh kerapatannya yang besar. Kerapatan yang besar, memperbesar gesekan yang terjadi antara lapisan-lapisan minyak tersebut.

Nilai densitas fraksi cair adalah  $0,94 \pm 0,00$  g/mL dan fraksi endapan  $0,94 \pm 0,00$  g/mL. Densitas fraksi endapan memiliki nilai yang sama dengan densitas fraksi cair, hal ini disebabkan oleh komponen penyusun fraksi cair dan endapan masih sama. Nilai



Gambar 2 Komposisi kimia fraksi cair : (■) fraksi endapan; (□) minyak kasar ikan sardin

densitas minyak kasar ikan sardin pada penelitian sebelumnya adalah 0,92 g/mL (Suseno *et al.* 2014)a. Densitas minyak pada suhu kamar antara 0,91-0,92 g/mL, meningkat dengan penurunan bobot molekul dan suhu serta peningkatan kejenuhan asam lemak penyusunnya. Ismaili *et al.* (2015) menyatakan bahwa nilai densitas berhubungan dengan fraksi berat komponen yang terdapat dalam minyak, adanya kotoran semakin besar berat molekul suatu senyawa maka menghasilkan nilai densitas yang semakin besar. Schaschke *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa nilai densitas dapat dipengaruhi oleh tekanan dan suhu.

Minyak mengandung pigmen dan menyerap sebagian cahaya sehingga warna minyak dapat berupa orange kekuningan hingga coklat. Perubahan warna pada minyak disebabkan oleh adanya pigmen yang larut pada minyak. Pigmen yang terlarut dalam minyak dapat mengalami kerusakan oksidasi sehingga dapat mengubah warna minyak (Sikorska *et al.* 2007). Hasil analisis terhadap warna fraksi cair minyak kasar ikan sardin didapatkan nilai  $L^*$  48,68,  $a^*$  21,17 dan  $b^*$  40,58. Nilai Chroma yakni 45,76 menunjukkan ketajaman warna minyak. Nilai hue 62,50 menunjukkan derajat warna minyak kasar merah kehijauan (Andarwulan *et al.* 2011). Nilai  $a^*$  dan C yang masih besar serta kecilnya nilai  $L^*$ ,  $b^*$  dan derajat h disebabkan oleh masih adanya senyawa-senyawa pengotor dan zat warna pada minyak kasar. Batista *et al.* (2009) menyatakan minyak kasar ikan sardin memiliki nilai peroksida tinggi dan warna gelap yang mengindikasikan bahwa minyak tersebut telah teroksidasi.

Karakteristik memberikan informasi mengenai sifat kedua fraksi minyak kasar. Fraksi yang dipilih untuk dimurnikan adalah

fraksi cair dengan melihat hasil uji komponen pengotor, dan sifat fisik. Pemurnian dimulai dengan tahap *degumming* dilanjutkan dengan netralisasi dan *bleaching*.

### Parameter Oksidasi Minyak Kasar dan Minyak Hasil *Degumming*

Kualitas minyak kasar dan minyak hasil *degumming* ikan sardin dapat dilihat dari nilai oksidasi primer dan sekunder. Karakteristik parameter oksidasi minyak kasar dan minyak hasil *degumming* ditunjukkan Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan nilai asam lemak bebas (FFA) minyak kasar tinggi, yang disebabkan oleh kondisi bahan baku masih mengandung banyak pengotor (protein, air, pigmen, bakteri dan lain sebagainya). Peningkatan nilai asam lemak bebas ini dipengaruhi oleh kerja enzim dan bakteri yang terkandung di dalam minyak kasar ikan sardin. Enzim dan bakteri bekerja menguraikan asam lemak bebas yang terkandung di dalam minyak ikan kasar (Ketaren 2012). Panagan *et al.* (2011) menyatakan bahwa asam lemak bebas merupakan hasil dari proses hidrolisis triasilgliserol yang terjadi di dalam minyak. Kerusakan minyak dapat mempengaruhi aroma sehingga minyak berbau tengik (Ahmadi dan Wahyu 2007). Senyawa hasil oksidasi merupakan radikal bebas yang dapat menyebabkan penyakit degeneratif yaitu kanker, alzheimer, kelainan jantung, gagal ginjal dan fibrosis (Sarma *et al.* 2010).

Nilai oksidasi yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan nilai peroksida (PV) minyak ikan sesuai standar IFOS. Nilai peroksida fraksi cair minyak kasar masih rendah sehingga dapat diasumsikan bahwa bahan baku yang digunakan adalah bahan baku yang masih segar dan belum mengalami oksidasi. Kesegaran bahan baku yang digunakan merupakan faktor yang

Tabel 1 Karakteristik parameter oksidasi fraksi cair minyak kasar dan minyak hasil *degumming*

Parameter	Minyak Kasar	Minyak <i>Degumming</i>	IFOS (2014)
FFA (%)	12,05±0,01	11,79±0,00	≤ 1,50
PV (meq/kg)	2,00±0,00	2,00±0,00	≤ 5,00
AnV (meq/kg)	9,48±0,01	NA	≤ 20,00
TOTOX (meq/kg)	15,03±0,19	NA	≤ 26,00

dapat berkaitan dengan nilai peroksida (Ordialez *et al.* 2016). Nilai totox berkorelasi dengan nilai PV dan nilai AnV, semakin besar nilai keduanya maka nilai total semakin tinggi.

Minyak *degumming* adalah minyak hasil proses *degumming* dan telah dipisahkan dari pengotor dengan setrifugasi, setelah *degumming* (air dan larutan NaCl) dilakukan uji nilai oksidasi terhadap minyak. Hasil analisis yang diperoleh dari minyak *degumming* secara keseluruhan pada semua perlakuan tidak mempengaruhi nilai primer minyak ikan. Larutan NaCl berperan dalam melarutkan partikel-partikel halus yang tersuspensi ke dalam air dan ikut mengendap. NaCl juga akan mengikat senyawa lain, misalnya protein, dan menghidrasi kandungan air pada minyak yang dapat berpengaruh terhadap kualitas minyak ikan. NaCl yang ditambahkan pada suatu larutan yang terdapat protein dengan konsentrasi yang rendah akan menyebabkan protein bermuatan dan larut dalam larutan garam (Murray *et al.* 2006).

### Parameter Oksidasi Minyak Murni

Parameter oksidasi merupakan standar baku kualitas minyak. Parameter oksidasi yang diuji berupa asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida (PV), nilai anisidin (AnV), dan total oksidasi (totox). Minyak ikan yang digunakan sebagai bahan pangan harus sesuai IFOS. Tabel 2 menunjukkan FFA minyak murni mengalami penurunan nilai jika dibandingkan dengan nilai FFA sebelum dimurnikan. Nilai FFA terendah adalah  $0,17 \pm 0,03\%$ , pada perlakuan dengan rasio 1:1 (v/v), konsentrasi 8% (b/v) dan waktu 20 menit. Hasil analisis FFA pada seluruh perlakuan memiliki nilai yang sesuai dengan standar IFOS. Proses netralisasi menggunakan NaOH dapat mereduksi asam lemak bebas minyak ikan. Proses netralisasi terjadi reaksi asam lemak dengan larutan NaOH sehingga bilangan penyabunan cenderung meningkat dengan peningkatan konsentrasi NaOH (Kurniati dan Susanto 2015). Proses netralisasi

Tabel 2 Karakteristik parameter oksidasi minyak hasil pemurnian

Waktu <i>degumming</i>	Perlakuan		Analisis			
	Konsentrasi larutan NaCl (b/v)	Rasio Minyak dan Larutan NaCl (v/v)	FFA (%)	PV (meq/Kg)	TOTOX (meq/kg)	AnV (meq/kg)
20 menit	5%	1:1	$0,21 \pm 0,00^a$	$0,43 \pm 0,06^{bc}$	$3,11 \pm 0,14^o$	$2,22 \pm 0,04^o$
		1:3	$0,22 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$5,36 \pm 0,03^j$	$4,55 \pm 0,01^j$
		1:5	$0,22 \pm 0,03^a$	$0,43 \pm 0,06^{bc}$	$4,25 \pm 0,03^l$	$3,44 \pm 0,04^l$
	8%	1:1	$0,17 \pm 0,03^a$	$0,43 \pm 0,06^{bc}$	$6,95 \pm 0,14^i$	$6,05 \pm 0,03^i$
		1:3	$0,21 \pm 0,00^a$	$0,43 \pm 0,06^{bc}$	$3,96 \pm 0,18^m$	$3,07 \pm 0,07^m$
		1:5	$0,23 \pm 0,03^a$	$0,60 \pm 0,00^a$	$7,31 \pm 0,05^h$	$6,07 \pm 0,04^i$
30 menit	5%	1:1	$0,26 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$3,52 \pm 0,02^{cde}$	$0,27 \pm 0,07^n$
		1:3	$0,24 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$4,41 \pm 0,07^i$	$3,56 \pm 0,07^l$
		1:5	$0,24 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$4,91 \pm 0,08^{bc}$	$4,08 \pm 0,08^k$
	8%	1:1	$0,25 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$4,84 \pm 0,05^k$	$4,01 \pm 0,05^k$
		1:3	$0,24 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$11,14 \pm 0,44^d$	$10,32 \pm 0,43^d$
		1:5	$0,21 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$7,33 \pm 0,09^h$	$6,51 \pm 0,10^h$
40 menit	5%	1:1	$0,21 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$8,02 \pm 0,05^g$	$7,23 \pm 0,04^g$
		1:3	$0,21 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$8,34 \pm 0,05^f$	$7,51 \pm 0,06^f$
		1:5	$0,22 \pm 0,03^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$9,71 \pm 0,09^e$	$8,87 \pm 0,09^e$
	8%	1:1	$0,28 \pm 0,00^a$	$0,40 \pm 0,00^c$	$12,05 \pm 0,21^a$	$11,22 \pm 0,21^c$
		1:3	$0,26 \pm 0,00^a$	$0,43 \pm 0,06^{bc}$	$13,83 \pm 0,26^b$	$12,89 \pm 0,11^b$
		1:5	$0,26 \pm 0,00^a$	$0,47 \pm 0,06^b$	$15,01 \pm 0,18^c$	$14,15 \pm 0,08^a$

berfungsi untuk membuang kotoran yang terkandung di dalam minyak antara lain asam lemak bebas, fosfatida, ion logam, zat warna, karbohidrat, protein, hasil samping oksidasi, hidrokarbon, dan zat padat (Ketaren 2012). Nilai oksidasi minyak ikan sardin setelah proses pemurnian dapat dilihat pada Tabel 2.

Nilai peroksida setelah *bleaching* menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dan menurun hingga sesuai IFOS. Nilai peroksida minyak ikan sardin terbaik adalah  $0,40 \pm 0,00$  meq/kg sesuai standar IFOS. Nilai terbaik pada perlakuan dengan rasio minyak dan larutan NaCl 1:3 (v/v), konsentrasi NaCl 5% (b/v), dengan waktu 20 menit, netralisasi dengan NaOH 22 oBe selama 10 menit dan *bleaching* selama 20 menit. Suseno *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa proses *bleaching* dengan menggunakan magnesol XL dapat membantu menurunkan nilai peroksida.

Nilai p-anisidin terendah ( $2,22 \pm 0,04$  meq/kg) didapatkan pada perlakuan *degumming* rasio 1:1 (v/v), konsentrasi NaCl 5% (b/v) dan waktu 20 menit. Faktor yang menyebabkan peningkatan nilai anidisin pada minyak ikan adalah tingginya kandungan asam lemak tak jenuh yang menyebabkan minyak sangat rentan terhadap kerusakan oksidatif dan akibat proses pengolahan minyak ikan (Suseno *et al.* 2015)b. Peroksida merupakan produk awal dari reaksi oksidasi yang bersifat labil dan reaksi ini akan terus berlangsung jika terjadi kontak antara oksigen dengan minyak dan faktor pemicu lainnya. Nilai total oksidasi terendah ( $3,11 \pm 0,14$  meq/kg) didapat pada perlakuan *degumming* dengan rasio 1:3 (v/v), konsentrasi 5% (b/v) NaCl, selama

20 menit. Nilai analisis parameter oksidasi primer dan sekunder minyak ikan murni pada Tabel 2 menunjukkan nilai yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada setiap perlakuan dan didapatkan hasil yang sesuai standar IFOS.

### Karakteristik Minyak Ikan Hasil Pemurnian

Analisis karakteristik fisika minyak hasil pemurnian dilakukan untuk mengetahui kualitas minyak ikan murni setelah proses *degumming*, netralisasi serta *bleaching* (Tabel 3). Hasil analisis nilai viskositas dan densitas minyak murni pada Tabel 3 mengalami penurunan dibandingkan dengan hasil uji pada minyak kasar. Hal ini disebabkan oleh hilangnya pengotor yang mempengaruhi laju viskositas dan densitas dari minyak murni. Nilai viskositas tergantung pada panjang rantai asam lemak, ketidakjenuhan asam lemak, suhu, tekanan, kelembaban, dan konsentrasi (Aworanti *et al.* 2012). Nilai densitas mengalami penurunan disebabkan oleh proses penghilangan kotoran, dan zat warna yang mempengaruhi berat minyak setelah proses pemurnian (Suryani *et al.* 2016). Karakteristik fisik minyak minyak murni minyak ikan sardin ditunjukkan pada Tabel 3.

Hasil pengujian warna pada minyak ikan hasil pemurnian terbaik menunjukkan bahwa nilai  $L^*$  71,94,  $a^*$  -9,31 dan  $b^*$  26,60. Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan minyak mengalami peningkatan yang awalnya 48,64 menjadi 71,94. Nilai yang semakin tinggi menunjukkan bahwa minyak semakin cerah setelah proses pemurnian. Suseno *et al.* (2012) menyatakan bahwa

Tabel 3 Karakteristik fisik minyak murni ikan sardin

Parameter	Minyak murni
Viskositas (cP)	$30,89 \pm 0,49$
Densitas (g/mL)	$0,84 \pm 0,00$
Warna :	
$L^*$	71,94
$a^*$	-9,31
$b^*$	26,60
C	28,18
ho	109,20

pemurnian minyak ikan sardin dengan magnesol XL meningkatkan warna L\* hingga 96,57 dari nilai awal 91,43. Nilai a\* mengalami penurunan dibandingkan nilai pada minyak kasar, artinya tingkat kemerahan minyak berkurang. Nilai b\* minyak mengalami peningkatan, menunjukkan minyak memiliki warna kuning yang meningkat. Nilai Chroma mengalami penurunan artinya ketajaman warna minyak semakin menurun. Nilai hue menunjukkan derajat yang meningkat artinya warna minyak murni. Penurunan nilai a\* dan C serta peningkatan L\*, b\* dan h disebabkan oleh proses pemurnian yang menghilangkan senyawa-senyawa pengotor dan zat warna pada minyak kasar. Huang dan Sathivel (2010) melaporkan bahwa proses netralisasi dapat menghilangkan pigmen karotenoid dalam

minyak. Faccini *et al.* (2011); Rahmayani dan Siswarni (2013), menyatakan bahwa magnesol tersusun oleh magnesium silika yang memiliki pori sehingga dapat menyerap pengotor pada minyak.

### Profil Asam Lemak Minyak Kasar dan Minyak Murni

Penentuan profil asam lemak dilakukan untuk menentukan kandungan asam lemak jenuh (SFA), asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak tak jenuh majemuk (PUFA). Suseno *et al.* (2015)a menyatakan bahwa minyak hasil samping pengolahan ikan sardin mengandung asam lemak n-3 dalam kadar tinggi sehingga dapat digunakan sebagai sumber asam lemak n-3.

Profil asam lemak minyak ikan sardin

Tabel 4 Profil asam lemak fraksi cair minyak kasar ikan sardin dan fraksi endapannya

Nama asam lemak	Struktur	Fraksi endapan (%)	Fraksi cair (%)	Minyak Murni (%)
Asam laurat	C12:0	0,74	0,07	0,07
Asam miristat	C14:0	2,32	7,53	7,77
Asam pentadekanoat	C15:0	0,17	0,43	0,41
Asam palmitat	C16:0	28,90	14,44	13,75
Asam heptadekanoat	C17:0	0,43	0,52	0,51
Asam stearat	C18:0	9,01	2,75	2,87
Asam arakidat	C20:0	0,10	0,24	0,28
Asam heneikosanat	C21:0	0,02	0,05	0,02
Asam behenat	C22:0	0,04	0,16	0,19
<b>Total SFA</b>		<b>41,73</b>	<b>26,19</b>	<b>25,87</b>
Asam miristoleat	C14:1	0,04	0,02	0,02
Asam palmitoleat	C16:1	3,87	5,86	6,21
Asam cis-10-heptadecanoat	C17:1	0,00	0,54	0,55
Asam elaidat	C18:1n-9t	0,09	0,06	0,65
Asam oleat	C18:1n-9c	15,79	5,23	5,92
<b>Total MUFA</b>		<b>19,79</b>	<b>11,71</b>	<b>13,35</b>
Asam linoleat	C18:2n-6c	8,44	0,92	0,96
Asam cis-11,14 eicosedienoat	C20:2	0,50	0,12	0,12
Asam $\gamma$ -linolenat	C18:3n-6	0,19	0,19	0,19
Asam arachidonat	C20:4n-6	8,82	0,04	1,77
Asam eicosapentaenoat (EPA)	C20:5n-3	0,42	8,94	9,41
Asam docosahesaenoat (DHA)	C22:6n-3	0,55	9,65	9,76
<b>Total PUFA</b>		<b>18,92</b>	<b>19,86</b>	<b>22,21</b>
<b>Total Asam Lemak</b>		<b>80,44</b>	<b>57,76</b>	<b>61,43</b>

(*Sardinella* sp.) fraksi endapan, fraksi cair dan minyak hasil pemurnian disajikan pada Tabel 4. Analisis profil asam lemak fraksi endapan yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan, asam lemak SFA > MUFA > PUFA, pada fraksi cair fraksi cair, SFA > PUFA > MUFA dan minyak murni menunjukkan SFA > PUFA > MUFA. Asam lemak dominan pada SFA fraksi endapan adalah asam palmitat 28,90%, sedangkan pada fraksi cair 14,44% dan palmitat pada minyak murni yaitu 13,75%. Telahigue *et al.* (2013) menunjukkan bahwa asam palmitat (C16:0) merupakan asam lemak yang dominan pada ikan *Sardinella aurita*. Suseno *et al.* (2014)c dan Suseno *et al.* (2015) a menambahkan bahwa palmitat merupakan asam lemak dominan dari golongan SFA minyak lemuru yaitu 15,71% dan 20,25%.

Hasil analisis menunjukkan bahwa jenis asam lemak dominan pada kelompok asam tidak jenuh tunggal (MUFA) adalah kandungan asam oleat (C18:1n9c). Persentase asam oleat pada fraksi endapan yaitu 15,79% sementara asam oleat pada fraksi cair 5,23%. Hasil penelitian yang dilakukan pada beberapa jenis ikan laut, kandungan asam lemak oleat merupakan yang paling tinggi terdapat pada ikan sardin (Gutierrez dan Silva 1993). Khoddami *et al.* (2009) melaporkan bahwa asam lemak MUFA dominan pada limbah ikan sardin (kepala, usus dan hati) dan nilainya adalah 15,47%, 21,79%, dan 16,93%. Asam lemak dominan pada MUFA minyak murni adalah palmitoleat yaitu 6,21%. Suseno *et al.* (2014)d juga menyatakan bahwa ikan *Sardinella gibosa* memiliki asam lemak palmitoleat dominan 5,35%.

Kandungan PUFA fraksi endapan minyak kasar yaitu 18,92%, sedangkan pada fraksi cair 19,86%. Komposisi asam lemak tertinggi PUFA fraksi endapan adalah asam arakhidonat, yakni 8,82% dan asam linoleat 8,44%. Nilai EPA dan DHA sangat rendah yakni 0,42% dan 0,55%. Kandungan EPA dan DHA pada fraksi cair memiliki nilai yang cukup tinggi yakni EPA 8,94% dan DHA 9,65% sedangkan pada minyak murni mengandung PUFA 22,21%. Minyak hasil pemurnian mengandung EPA 9,41% dan DHA 9,76%. Suseno *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa kandungan EPA dan DHA pada minyak ikan

sardin memiliki kandungan yang tinggi, yakni 13,31% (EPA) dan 11,99% (DHA). Minyak ikan dengan EPA dan DHA yang tinggi dapat menjadi sumber makanan nutrasetikal, berpotensi menurunkan kadar kolesterol dan mencegah penyakit jantung serta penting dalam perkembangan otak (Seo dan Moujahed 2015). Komposisi omega 3 dan omega 6 dalam perbandingan yang sesuai memberikan efek yang baik bagi kesehatan, dapat menekan reaksi inflamasi pada rheumatoid arthritis, menurunkan proliferasi sel kanker kolorektal (Simopoulos 2016).

Komposisi asam lemak ikan dipengaruhi banyak faktor, meliputi waktu, daerah, musim penangkapan ukuran, usia, dapat mempengaruhi komposisi asam lemak (Orban *et al.* 2011; Som dan Radhakrishnan 2013). Minyak ikan banyak mengandung asam lemak omega 3 yaitu EPA dan DHA yang didapat langsung dari pakannya. Sumber pakan alami yang potensial mengandung asam lemak omega 3 adalah fitoplankton dan zooplankton (Som dan Radhakrishnan 2013). EPA dan DHA bermanfaat untuk kesehatan. EPA dapat mencegah penyakit kardiovaskular (CVD), mengurangi gejala pada rheumatoid arthritis, mencegah perkembangan beberapa jenis kanker dan DHA berperan dalam perkembangan otak dan retina mata (Tehrany *et al.* 2012).

## KESIMPULAN

Hasil terbaik didapatkan pada proses pemurnian dengan perlakuan *degumming* rasio minyak dan larutan NaCl 1:1 (v/v) konsentrasi NaCl 5% (b/v) waktu *degumming* 20 menit, serta netralisasi alkali 22 °Be dan *bleaching* dengan 5% magnesol XL. Kualitas minyak ikan sesuai dengan IFOS yaitu asam lemak bebas 0,21±0,00% (IFOS ≤1,50%), nilai peroksida 0,43±0,06 meq/kg (IFOS ≤5,00), AnV 2,22±0,04 meq/kg (IFOS ≤20,00), dan oksidasi total 3,11±0,14 meq/kg (IFOS ≤26,00).

## DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi KGS, Wahyu M. 2007. Aktivasi kimiawi zeolit alam untuk pemurnian minyak ikan dari hasil samping

- penepungan ikan lemuru (*Sardinella longiceps*). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 8(2): 71-79.
- Aini F, Tjahjani S. 2013. Hubungan antara waktu penyimpanan dan nilai viskositas biodiesel minyak biji kapuk. *UNESA Journal of Chemistry*. 2(2): 35-41.
- Andarwulan N, Feri K, Dian H. 2011. Analisis Pangan. Jakarta (ID): Dian Rakyat.
- Aworanti AO, Agarry SE, Ajani AO. 2012. A laboratory study of the effect of temperature on densities and viscosities of binary and ternary blends of soybean oil, soy biodiesel and petroleum diesel oil. *Advances in Chemical Engineering and Science*. 2: 444-452.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist. Virginia: The AOAC Inc.
- Batista I, Ramos C, Mendonça R, Leonor-Nunes M. 2009. Enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) by-products and lipid recovery. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 18: 20-134.
- [BPS] Badan Pusat Statistika. 2015. Ekspor-impor Minyak Ikan: Badan Pusat Statistika diakses [29 April 2016].
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 01-2891-1992 Cara Uji Makanan dan Minuman. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- Crexvi VT, Grunennvaldt FL, de Souza Soares LA, Pinto LAA. 2009. Deodorisation process variable for croaker (*M. furnieri*) oil. *Food Chemistry*. 114: 396-401.
- Faccini SC, Michele EC, Maria SAM, Laiza CK, Márcia C, Manique, Maria RA Rodrigues, Edilson V, Benvenuttia, Elina BC. 2011. Dry washing in biodiesel purification: a comparative study of adsorbents. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 22(3): 558-563.
- Feryana IWK, Suseno HS, Nurjanah. 2014. Refining of mackerel fish oil from fish meal processing by-product with alkali neutralization. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(17): 207-214.
- Fuadi I, Suseno SH, Ibrahim B. 2014. Characterization of fish oil from mackerel (*Scomber japonicus*) canning by product. *Asian Journal of Agriculture and Food Science*. 2(3): 2321-1571.
- Gutierrez LE, da Silva RCM. 1993. Fatty acid composition of commercially important fish from Brazil. *Journal Science Agriculture*. 50(3): 478-483.
- Huang J, Sathivel S. 2010. Purifying salmon oil using adsorption, neutralization and combined neutralization and adsorption process. *Journal of Food Engineering*. 96: 51-58.
- Ismaili SA, Rochdi R, Satrallah A, Belgharza M, Belghiti MAL. 2015. Study of the viscosity and density of rapeseed oil before and after heating. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(1): 611-614.
- Ketaren S. 2012. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Depok: UI Press.
- Khoddami A, Ariffin AA, Bakar J, Ghazali HM. 2009. Fatty acid profile of the oil extracted from fish waste (head, intestine and liver) (*Sardinella lemuru*). *World Applied Sciences Journal*. 7(1): 127-131.
- Kurniati Y, Susanto WH. 2015. Pengaruh basa NaOH dan kandungan ALB CPO terhadap kualitas minyak kelapa sawit pasca netralisasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(1): 193-202.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2015. Analisis Data Pokok. Jakarta (ID): Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Murray, Robert K. 2006. Biokimia Harper. Jakarta (ID): Buku Kedokteran EGC.
- O'Brien RD. 2004. Fats And Oils: Formulating And Processing For Application 3rd edition. London (US): CRC press.
- Orban E, Lena DG, Nevigato T, Masci M, Casini I, Caproni R. 2011. Proximate, unsaponifiable lipid and fatty acid composition of bogue (*Boops boops*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the Italian trawl fishery. *Journal of Food Composition and Analysis*. 24(8): 1110-1116.
- Ordialez KGM, Agbon CEB, Hontiveros GJ dan Portugal CN. 2016. Effects of onion (*Allium cepa*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) extracts on lipid oxidation and acceptability of frozen deboned milkfish (*Chanos chanos*).

- Journal of Experimental Food Chemistry*. 2(2): 1-5.
- Panagan AT, Yohandini H, Gultom JU. 2011. Analisis kualitatif dan kuantitatif asam lemak tak jenuh n-3 dari minyak ikan patin (*Pangasius pangasius*) dengan metode kromatografi gas. *Jurnal Penelitian Sains*. 14(4C): 38-42.
- Rahmayani F dan Siswarni MZ. 2013. Pemanfaatan limbah batang jagung sebagai adsorben alternatif pada pengurangan kadar klorin dalam air olahan (*Treated Water*). *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2): 1-5.
- Sari RN, Utomo BSB, Basmal J, Kusumawati R. 2015. Pemurnian minyak ikan hasil samping (*pre-cooking*) industri pengalengan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 18(3): 276-286.
- Sarma AD, Mallick AR dan Ghosh K. 2010. Free radicals and their role in different clinical conditions: An Overview. *International Journal of Pharma Sciences and Research*. 1(3): 185-192.
- Schaschke C, Fletcher I, Glen N. 2013. Density and viscosity measurement of diesel fuels at combined high pressure and elevated temperature. *Journal of Processes*. 1: 30-48.
- Seo G, Moujahed N. 2015. Seasonal variation of chemical and fatty acids composition in atlantic mackerel from the Tunisian Northern-East Coast. *Journal Food Process Technology*. 6(9): 1-4.
- Setyoprato P. 2012. Produksi asam lemak dari minyak kelapa sawit dengan proses hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia*. 7(1): 26-31.
- Sikorska E, Caponio F, Bilancia MT, Summo C, Pasqualone A, Khmelinskii IV, Sikorski M. 2007. Changes in colour of extra-virgin olive oil during storage. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 57(4): 495-498.
- Simopoulos AP. 2016. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. *Nutrients Journal*. 8(129): 1-17.
- Som RSC, Radhakrishnan CK. 2013. Seasonal variation in the fatty acid composition of *Sardinella longiceps* and *Sardinella fimbriata*: Implication For Nutrients and Pharmaceutical Industry. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 42(2): 206-210.
- Suryani E, Wahono HS, Novita W. 2016. Karakteristik fisik kimia minyak kacang tanah (*Arachis hypogaea*) hasil pemucatan (kajian kombinasi adsorben dan waktu proses). Universitas Brawijaya. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 4(1): 120-126.
- Suseno SH. Batafor YMJ, Nurjanah, Izaki A. 2014<sup>b</sup>. Improved quality of sardine oil (*Sardinella* sp.) using passive filter (centrifugation). *Advance Journal of Food Science and Technology*. 6(5): 609-615.
- Suseno SH, Chalida S, Enok RK, Jacob A, Izaki A, Saraswati, Sri H. 2014<sup>d</sup>. Chemical composition and fatty acid profile of small pelagic fish (*Amblygaster sirm* and *Sardinella gibbosa*) from Muara Angke, Indonesia. *Oriental Journal Of Chemistry*. 30(3): 1153-1158.
- Suseno HS, Fitriana N, Jacob AM, Saraswati. 2015<sup>b</sup>. Optimization of sardine oil neutralization process from fish meal industry by-product. *Oriental Journal of Chemistry*. 31(4): 2507-2514.
- Suseno SH, Nurjanah, Tenny Faradiba. 2013. Profil asam lemak dan kestabilan produk formulasi minyak ikan dan habbatussauda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 16(2): 142-149.
- Suseno SH, Tajul AY, Nadiah WA, Noor AF. 2012. Improved of colour properties on *Sardinella* lemuru oil during adsorbent refining using magnesol XL. *International Food Research Journal*. 19(4): 1383-1386.
- Suseno SH, Tajul AY, Wan Nadiah WA. 2011. Improving the quality of lemuru (*Sardinella lemuru*) oil using magnesol XL filter aid. *International Food Research Journal*. 18: 255-264.
- Suseno HS, Tajul AY, Wan Nadiah bt Wan Abdullah, Saraswati. 2015<sup>a</sup>. Physicochemical characteristics and quality parameters of alkali refined lemuru oil from Banyuwangi, Indonesia. *Pakistan Journal of Nutrition*. 14(2): 107-111.
- Suseno SH, Saraswati, Sri H, Izaki A. 2014<sup>c</sup>. Fatty acid composition of some potential

- fish oil from production centers in Indonesia. *Oriental Journal Of Chemistry*. 30(3): 975-980.
- Suseno SH, Tambunan JE, Ibrahim B and Izaki A. 2014a. Improving the quality of sardine oil (*Sardinella* sp.) from Pekalongan-Indonesia using centrifugation and adsorbents (attapulgit, bentonite and zeolite). *Advance Journal of Food Science and Technology*. 6(5): 622-628.
- Sutiah K, Firdausi S, Budi WS. 2008. Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Jurnal Berkala Fisika*. 11(2): 53-58.
- Tehrany EA, Muriel J, Claire G, Muhammad I, Stephane D, Michel L. 2012. Beneficial effects and oxidative stability of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *Food Science and Technology*. 25(1): 24-33.
- Telahigue K, Hajji T, Rabeh I, Cafsi ME. 2013. The changes of fatty acid composition in sun dried, oven dried and frozen hake (*Merluccius merluccius*) and *Sardinella* (*Sardinella aurita*). *Journal of Tunisie*. 7(8): 158-164.