

PEMURNIAN MINYAK IKAN MAKEREL HASIL SAMPING PENEPUNGAN DENGAN NETRALISASI ALKALI

Refining of Mackerel Fish Oil from Fish Meal Processing Byproduct with Alkali Neutralization

I Wayan Kukuh Feryana*, Sugeng Heri Suseno, Nurjanah

*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: feryanchoco@gmail.com

Diterima 13 Oktober 2014/Disetujui 18 Desember 2014

Abstrak

Netralisasi alkali adalah salah satu teknik pemurnian minyak ikan yang paling umum digunakan untuk memisahkan bahan pengotor serta menurunkan nilai parameter oksidasi pada minyak. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis parameter oksidasi dan menentukan perlakuan NaOH terbaik. Perlakuan konsentrasi NaOH terbaik untuk menetralkan minyak ikan makarel (*Scomber japonicus*) kasar hasil samping penepungan yaitu dengan derajat Baume ($^{\circ}\text{Be}$) 24 (17,87% NaOH) dengan hasil rendemen $56,33\pm 1,15\%$; nilai peroksida (PV) yaitu $5,60\pm 0,42$ meq/kg; nilai p-Anisidin (AnV) yaitu $14,317\pm 0,15$ meq/kg; persentase asam lemak bebas (%FFA) yaitu $2,16\pm 0,25\%$; bilangan asam (AV) $4,30\pm 0,49$ mg KOH/kg dan total oksidasi (TOTOX) yaitu $25,53\pm 0,71$ meq/kg.

Kata kunci: ikan makarel, minyak ikan, netralisasi

Abstract

Fish oil neutralization with alkali was a common refining technique used to separate impurities and decrease oil oxidation parameters value. The purpose of this study were to analyze oxidation parameters and determine the best NaOH concentration treatment. The best NaOH concentration to neutralize mackerel fishmeal processing *byproduct* (*Scomber japonicus*) oil was 24°Be (17.87% NaOH) with $56.33\pm 1.15\%$ yield; peroxide value (PV) 5.60 ± 0.42 meq/kg; p-Anisidine value (AnV) 14.31 ± 0.15 meq/kg; percentage of free fatty acid (%FFA) $2.16\pm 0.25\%$; acid value (AV) 4.30 ± 0.49 mg KOH/kg and total oxidation value (TOTOX) 25.53 ± 0.71 meq/kg.

Keywords: fish oil, mackerel, neutralization

PENDAHULUAN

Ikan makarel (*Scomber japonicus*) adalah jenis ikan pelagis yang termasuk dalam keluarga Scombridae, yaitu keluarga tuna yang merupakan perenang cepat dan predator. Produk ikan makarel umumnya berupa fillet, ikan kaleng, ikan beku, ikan kering dan ikan asap. Pemanfaatan ikan makarel di Indonesia umumnya sebagai bahan baku ikan kaleng. Produksi ikan kaleng menghasilkan hasil samping berupa kepala dan jeroan ikan. Kepala dan jeroan ikan digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung ikan. Proses pembuatan tepung ikan akan menghasilkan produk utama

berupa tepung ikan dan produk samping berupa minyak ikan.

Minyak ikan makarel merupakan salah satu komoditas perikanan yang memiliki potensi sebagai sumber omega-3. Minyak ikan makarel di Indonesia merupakan hasil samping (*byproduct*) produksi tepung ikan. Minyak ikan yang merupakan hasil samping ini memiliki kandungan omega-3 yang tinggi dan potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Penelitian minyak ikan dengan bahan baku *byproduct* hasil perikanan antara lain Fuadi *et al.* (2014) menggunakan minyak ikan *byproduct* pengalengan makarel,

Arifianto *et al.* (2013) melakukan produksi minyak ikan dari *byproduct* ikan patin, Kalalo *et al.* (2013) melakukan produksi minyak ikan dari *byproduct* ikan lele, Suseno *et al.* (2012) melakukan pemurnian minyak ikan *byproduct* pengalengan lemuru dengan absorben, Chantachum *et al.* (2000) melakukan produksi minyak ikan dari limbah industri tuna. Aidos *et al.* (2002) menggunakan limbah ikan herring. Wu *et al.* (2009) memproduksi minyak ikan dari limbah ikan walleye pollock. Permasalahan utama dari minyak ikan tersebut adalah kualitas yang buruk sehingga diperlukan proses pemurnian.

Pemurnian minyak ikan bertujuan untuk menghilangkan komponen yang tidak diinginkan dan menstabilkan karakteristik minyak (Crexii *et al.* 2009). Pemurnian minyak ikan dapat dilakukan dengan metode fisika ataupun kimia. Metode pemurnian secara fisika dilakukan dengan penggunaan adsorben dan perlakuan sentrifugasi. Pemurnian minyak ikan secara fisika yang telah dilakukan antara lain dengan zeolit (Ahmadi *et al.* 2007), magnesol xl (Suseno *et al.* 2012), arang aktif (García-Moreno *et al.* 2013), bagasse (Wannahari *et al.* 2012), dan sentrifugasi (Tambunan *et al.* 2014). Metode pemurnian minyak ikan secara kimia dilakukan dengan proses netralisasi dengan alkali. Pemurnian minyak dengan alkali yang telah dilakukan antara lain dengan NaOH (Huang dan Sathivel 2010; Pestana-Bauer *et al.* 2012;

Estiasih *et al.* 2013), KOH (Haas *et al.* 2000). Metode netralisasi adalah metode yang dapat diaplikasikan secara massal untuk meningkatkan kualitas minyak ikan dengan mengurangi kandungan bahan pengotor (impurities) yang terkandung dalam minyak dengan NaOH (Huang dan Sathivel 2010). Proses pemucatan (bleaching) juga terjadi saat proses netralisasi, sehingga pemurnian dengan metode ini menghasilkan minyak dengan karakteristik yang lebih baik dibandingkan pemurnian secara fisika. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji parameter oksidasi dan memilih perlakuan konsentrasi NaOH terbaik proses netralisasi minyak ikan makarel kasar hasil samping penepungan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak ikan kasar hasil dekantasi, KOH (Merck), CH₃COOH (Merck), kloroform (Merck), Na₂SO₃ (Merck), trimethylpentane (Merck), larutan p-Anisidin (Sigma aldrich). Alat yang digunakan adalah sebagai berikut burret (Iwaki Pyrex), spektrofotometer UV-VIS (Agilent 8453), timbangan digital (Quattro) dan mikropipet (Axygen).

Metode Penelitian

Analisis Rendemen Minyak Hasil Netralisasi

Proses netralisasi minyak ikan dilakukan dengan mencampurkan larutan alkali

Kebutuhan jumlah NaOH dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Perlakuan Konsentrasi NaOH} = \frac{(0,142 \times \text{persentase asam lemak bebas} + \text{excess})}{\% \text{NaOH}/100}$$

Tabel 1 Konsentrasi NaOH dengan berbagai derajat Baumé (Hodgum 1995)

Derajat Baume (°Be)	Konsentrasi larutan NaOH (%)
16	11,06
18	12,68
20	14,36
22	16,09
24	17,87
26	19,70

(NaOH) sesuai perlakuan konsentrasi dalam 100 mL minyak ikan. Penentuan konsentrasi alkali yang digunakan berdasarkan ketetapan derajat Baume (Tabel 1).

Minyak ikan makerel (*S. japonicus*) kasar hasil samping penepungan memiliki persentase asam lemak bebas (FFA) yang tinggi sehingga perlakuan yang digunakan adalah derajat Baume (26°Be, 24°Be, dan 22°Be). Minyak ikan yang telah dicampurkan dengan larutan alkali dipanaskan selama 30 menit dengan suhu 60°C dan didekantasi selama 15 jam. Minyak ikan hasil dekantasi dipisahkan antara fraksi padat (sabun) dengan fraksi cair (minyak ikan). Minyak ikan yang telah dipisahkan diukur rendemennya menggunakan gelas ukur dan selanjutnya dianalisis parameter oksidasinya.

Analisis Nilai Peroksida (PV) (AOCS 1998)

Nilai peroksida dianalisis dengan metode AOCS Cd-8b-90 yaitu menentukan bilangan peroksida menggunakan prinsip titrasi iodin yang dilepaskan dari senyawa potasium iodida oleh peroksida menggunakan standar larutan tiosulfat sebagai titran dan larutan pati sebagai indikator. Metode ini mendeteksi semua zat yang mengoksidasi potasium iodida dalam kondisi asam. Sampel ditimbang sebanyak 5 g dimasukkan dalam labu erlenmeyer ukuran 250 mL, kemudian ditambahkan 30 mL larutan asam asetat dan kloroform dengan perbandingan 3:2, kemudian ditambahkan 0,5 mL larutan potasium iodide (KI), larutan kemudian dikocok dengan hati-hati agar tercampur, kemudian ditambahkan 30 mL aquades. Tahap selanjutnya dilakukan titrasi larutan dengan 0,01 N sodium tiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hingga larutan berubah warna menjadi kuning, setelah itu ditambahkan 0,5 mL larutan indikator kanji 1% yang akan mengubah warna larutan menjadi biru, titrasi dilanjutkan bersamaan dengan terus mengocok larutan hingga berubah warna menjadi biru muda yang menandakan pelepasan iodine dari lapisan kloroform,

titrasi dilanjutkan dengan hati-hati hingga warna biru pada larutan hilang. Perhitungan nilai peroksida dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Nilai Peroksida} = \frac{S \times M \times 1000}{\text{berat sampel (g)}}$$

Keterangan:

S : Jumlah sodium tiosulfate (mL)

M : Konsentrasi sodium tiosulfate (0,01 N)

Analisis Nilai p-Anisidin (AnV) (AOCS 1998)

Analisis nilai p-Anisidin dilakukan dengan metode AOCS Cd 18-90. Pengujian nilai p-Anisidin diperlukan dua nilai absorbansi dari dua larutan uji yang berbeda. Larutan uji 1 dibuat dengan cara melarutkan 0,5 g sampel kedalam 25 mL trimethylpentane. Larutan uji 2 dengan cara menambahkan 1 mL larutan p-anisidine (2,5 g/L) kedalam 5 mL larutan uji 1, kemudian dikocok dan dihindarkan dari cahaya. Larutan referensi dibuat dengan cara menambahkan 1 mL larutan p-anisidine (2,5 g/L) kedalam 5 mL larutan trimetilpentana, dikocok dan dihindarkan dari cahaya. Nilai absorbansi larutan uji 1 diukur pada 350 nm menggunakan trimetilpentana sebagai larutan kompensasi. Larutan uji 2 pada 350 nm tepat 10 menit setelah larutan disiapkan, dengan menggunakan larutan referensi sebagai kompensasi. Nilai anisidin ditetapkan dengan persamaan berikut:

$$\text{Nilai Anisidine} = \frac{25 \times (1,2 A1 - A2)}{G}$$

Keterangan:

A1 : Absorbansi larutan uji 1

A2 : Absorbansi larutan uji 2

G : Massa sampel yang digunakan pada larutan uji 1 (0,5 g)

Analisis Presentasi Asam Lemak Bebas (FFA) (AOCS 1998)

Asam lemak bebas sangat berkaitan dengan *flavour* dan tekstur yang kurang menarik pada minyak. Nilai FFA pada industri pengolahan minyak berkaitan dengan jumlah alkali yang akan digunakan pada proses pemurnian (Sathivel *et al.* 2003). Analisis persentase asam

lemak bebas dilakukan dengan metode AOCS Ca 5a-4 yaitu dengan menimbang sebanyak 10 gram minyak kemudian ditambahkan 25 mL alkohol 95% netral (erlenmeyer 200 mL), dipanaskan dalam penangas air selama 10 menit, kemudian campuran tersebut ditetesi indikator PP sebanyak 2 tetes. Campuran tersebut dikocok dan dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga timbul warna pink yang tidak hilang dalam 10 detik. Persentase FFA dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\%FFA = \frac{A \times N \times M}{10G}$$

Keterangan:

A : Jumlah titrasi KOH (mL)

N : Normalitas KOH

G : Berat sampel (g)

M : Bobot molekul asam lemak dominan (282,5)

Analisis Nilai Keasaman (AV) (AOCS 1998)

Nilai keasaman dianalisis berdasarkan metode AOCS Ca 5a-40. Penentuan derajat keasaman dilakukan dengan cara titrasi KOH terhadap sampel, yang menggunakan prinsip jumlah KOH yang diperlukan (mg) untuk menetralkan 1 g lemak. Persamaan untuk mendapatkan derajat kejernihan (mg KOH/mL lemak) adalah:

$$\text{Derajat Keasaman} = \frac{V \times N \times K}{10G}$$

Keterangan:

N : Konsentrasi KOH (mg/mL)

V : Volume KOH untuk titrasi (mL)

K : Berat molekul KOH (56,1)

G : Berat sampel (g)

Analisis Nilai Keasaman (AV) (AOCS 1998)

Nilai total oksidasi (TOTOX) dilakukan dengan metode AOCS Cd 18-90 dengan persamaan :

$$\text{Nilai Total Oksidasi} = (2PV + AnV)$$

Keterangan:

PV : Nilai Peroksida (meq/kg)

AnV : Nilai Anisidin (meq/kg)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Netralisasi Minyak Ikan Makarel

Hasil pengukuran rendemen minyak ikan makarel (*S. japonicus*) pada tiap perlakuan konsentrasi NaOH menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p < 0,05$). Rendemen paling tinggi diperoleh pada perlakuan 22°Be yaitu perlakuan NaOH dengan konsentrasi 16,09%, dan yang paling rendah yaitu pada perlakuan 26°Be. Hasil rendemen yang rendah disebabkan oleh tingginya fraksi non minyak dalam minyak hasil samping penepungan yang ikut pada fraksi tersabunkan (Estiasih *et al.* 2004; Pigott 1996). Fraksi non minyak yang terikat dalam minyak antara lain asam lemak bebas dan pigmen. Konsentrasi NaOH tinggi yang digunakan menyebabkan asam lemak bebas berikatan dengan ion Na⁺ dan menjadi sabun. Reaksi saponifikasi yang terjadi juga mengikat komponen pigmen sehingga warna minyak hasil netralisasi lebih cerah dibandingkan minyak kasar. Karakter visual antar perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan warna yang nyata. Rendemen minyak ikan hasil netralisasi tiap perlakuan ditunjukkan pada Tabel 2.

Nilai Peroksida (PV)

Hasil analisis nilai peroksida pada awal dan setelah perlakuan netralisasi menunjukkan penurunan yang signifikan. Analisis nilai peroksida minyak ikan makarel (*S. japonicus*) dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai peroksida minyak ikan makarel terendah pada perlakuan 26°Be dengan nilai

Tabel 2 Rendemen minyak ikan makarel tiap perlakuan

Perlakuan konsentrasi NaOH	Rendemen minyak (%)
26°Be = 19,70%	53,00±1,00 ^a
24°Be = 17,87%	56,33±1,15 ^b
22°Be = 16,09%	58,67±0,57 ^c

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Tabel 3 Analisis nilai peroksida minyak ikan makarel tiap perlakuan

Perlakuan konsentrasi NaOH	Nilai peroksida (meq/kg)	Nilai p-Anisidin (meq/kg)	Nilai TOTOX (meq/kg)
0° (Minyak Kasar)	28,06±1,38	19,19±1,36	75,317
26°Be = 19,70%	3,60±0,42 ^a	19,71±0,18 ^a	26,925±0,964 ^a
24°Be = 17,87%	5,60±0,42 ^b	14,31±0,15 ^b	25,533±0,713 ^{ab}
22°Be = 16,09%	8,15±0,84 ^c	7,82±0,24 ^c	24,142±1,449 ^b

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

3,60±0,42 meq/kg dan yang paling tinggi pada perlakuan 22°Be dengan nilai 8,15±0,84 meq/kg. Reaksi saponifikasi saat pemurnian diduga menjadi faktor yang menyebabkan turunnya nilai peroksida. Senyawa hidroperoksida yang terdapat dalam minyak berikatan dengan sabun yang terbentuk dalam reaksi tersebut. Pembentukan senyawa peroksida merupakan tanda terjadinya proses oksidasi primer pada minyak ikan. Senyawa hidroperoksida terbentuk dalam minyak disebabkan oleh berbagai faktor antara lain faktor kesegaran bahan dan suhu perlakuan (Aidos *et al.* 2003).

Nilai p-Anisidin (AnV)

Hasil analisis nilai p-anisidin menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan konsentrasi NaOH. Analisis p-Anisidin merupakan salah satu parameter pengukuran oksidasi sekunder pada minyak. Nilai p-Anisidin berkaitan dengan kualitas selama masa simpan minyak ikan. Senyawa p-anisidin merupakan turunan dari senyawa hidroperoksida pada oksidasi primer berupa senyawa aldehid dan keton. Senyawa tersebut yang menyebabkan perubahan bau dari minyak ikan dan menjadi parameter ketengikan minyak. Nilai p-anisidin paling

tinggi adalah perlakuan 26°Be dan paling rendah pada perlakuan 22°Be. Hasil analisis nilai p-anisidin dapat dilihat pada Tabel 3.

Waktu penyimpanan merupakan faktor yang menyebabkan pembentukan senyawa p-anisidin disamping pengaruh kandungan antioksidan alami yang terkandung dalam minyak ikan. Proses netralisasi menyebabkan terpisahnya antioksidan alami ke dalam fraksi padat (sabun) sehingga minyak akan lebih mudah teroksidasi. Kandungan antioksidan alami pada minyak dengan perlakuan 22°Be diduga paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain sehingga menyebabkan minyak tersebut tidak mudah teroksidasi dan memiliki nilai p-anisidin yang paling rendah.

TOTOX

Nilai total oksidasi (TOTOX) merupakan penentu dari semua parameter oksidasi minyak. TOTOX ditentukan dari jumlah dua kali oksidasi primer dan sekunder pada minyak. Hasil analisis TOTOX dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan yang nyata antara tiap perlakuan. Uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan 24°Be memiliki nilai total oksidasi diantara

Tabel 4 Persentase asam lemak bebas minyak ikan makarel tiap perlakuan

Perlakuan konsentrasi NaOH	Asam lemak bebas (FFA%)
0° (Minyak Kasar)	15,88 ± 0,06
26°Be = 19,70%	1,93±0,25 ^a
24°Be = 17,87%	2,16±0,25 ^a
22°Be = 16,09%	2,68±0,17 ^b

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

Tabel 5 Analisis bilangan asam minyak ikan makarel tiap perlakuan

Perlakuan konsentrasi NaOH	Bilangan asam (mg KOH/kg)
0° (Minyak Kasar)	31,52± 0,14
26°Be = 19,70%	3,84±0,51 ^a
24°Be = 17,87%	4,30±0,49 ^a
22°Be = 16,09%	5,32±0,34 ^b

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan nyata ($p < 0,05$).

dua perlakuan yang lain. Bimbo (1998) yang menyatakan nilai TOTOX untuk minyak layak konsumsi berkisar antara 10-60 meq/kg. IFOS menyatakan minyak layak konsumsi harus memiliki nilai TOTOX dibawah 20 meq/kg, data analisis TOTOX pada tiap perlakuan tidak memenuhi IFOS sehingga diperlukan pemurnian lanjutan.

Persentase Asam Lemak Bebas (FFA)

Hasil pengujian persentase asam lemak bebas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan maka akan semakin rendah nilai persentase asam lemak bebas dalam minyak. Persentase asam lemak bebas paling rendah diperoleh pada perlakuan 26°Be yaitu dengan 1,93±0,25% sedangkan persentase paling tinggi pada 22°Be yaitu 2,68±0,17%. Uji statistik menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antara tiap perlakuan.

Hasil analisis persentase asam lemak bebas tiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4. Parameter oksidasi primer dan sekunder berhubungan erat dengan warna, bau, rasa dan pengotor lain dalam minyak ikan (Suseno *et al.* 2012).

Asam lemak bebas dalam minyak merupakan parameter dalam penentuan kualitas minyak. Minyak yang memiliki persentase asam lemak bebas yang tinggi akan memiliki aroma dan rasa yang kurang baik (Sathivel *et al.* 2003). Asam lemak bebas dalam minyak akan mudah teroksidasi sehingga produk turunan yaitu aldehid dan keton akan mudah terbentuk dan menyebabkan minyak menjadi lebih mudah tengik.

Bilangan Asam (AV)

Nilai bilangan asam berkaitan erat dengan jumlah KOH yang digunakan untuk menetralkan 1 g minyak. Nilai bilangan asam dari minyak berbanding lurus dengan nilai persentase asam lemak bebas dari minyak. Bilangan asam akan semakin tinggi sesuai dengan persentase asam lemak bebas dalam minyak. Hasil analisis bilangan asam dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil analisis statistik menunjukkan perbedaan yang nyata antara tiap perlakuan. Bilangan asam paling rendah diperoleh pada perlakuan 26°Be (3,84±0,51 mg KOH/kg) dan paling tinggi pada 22°Be (5,32±0,34 mg KOH/kg).

KESIMPULAN

Perlakuan 24°Be merupakan perlakuan terbaik berdasarkan analisis parameter oksidasi dan rendemen. Perlakuan 24°Be menghasilkan minyak ikan dengan rendemen 56,33±1,15%; nilai peroksida (PV) yaitu 5,608±0,42 meq/kg; nilai p-Anisidin (AnV) yaitu 14,317 meq/kg ±0,15; persentase asam lemak bebas (%FFA) yaitu 2,168±0,25%; bilangan asam (AV) 4,30±0,49 mg KOH/kg dan total oksidasi (TOTOX) yaitu 25,53±0,71 meq/kg.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi K, Mushollaeni W. 2007. Aktivasi kimiawi zeolit alam untuk pemurnian minyak ikan dari hasil samping penepungan ikan lemuru (*Sardinella longiceps*). *Jurnal Teknologi Pertanian* 8(2):71-79.

- Aidos I, Jacobsen C, Jensen B, Luten JB, van der Padt A, Boom RM, 2002. Volatile oxidation products formed in crude herring oil under accelerated oxidation conditions. *Journal Lipid Science Technology* 4:148–161.
- Aidos I, Schelvus-Smit R, Veldnan MB, Luten J, Padt AVD, Broom RM. 2003. Chemical and sensory evaluation of crude oil extracted from Herring by-product from different processing operations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:1897–1903.
- [AOCS] American Oil Chemists Society. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, 5th ed., AOCS Press, Champaign.
- Arifianto TB, Nurjanah, Suseno SH. 2013. Karakterisasi bahan dan ekstraksi minyak ikan dari hasil samping ikan patin (*Pangasius hypoptalmus*). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. in press.
- Bimbo AP. 1998. Guidelines for characterizing food-grade fish oil. New York. Inform, 9, 473–483.
- Chantachum S, Benjakul S, Sriwirat N. 2000. Separation and quality of fish oil from precooked and non-precooked tuna heads. *Journal of Food Chemistry* 69:289–294.
- Crexvi VT, Grunennvaldt FL, de Souza Soares LA, Pinto LAA. 2009. Deodorisation process variable for croaker (*M. furnieri*) oil. *Journal of Food Chemistry* 114:369 – 401.
- Estiasih T, Ahmadi K. 2004. Pembuatan trigliserida kaya asam lemak omega-3 dari minyak hasil samping pengalengan ikan lemuru (*Sardinella longiceps*). *Jurnal Teknologi Pertanian* 5(3):116–128.
- Estiasih T, Ahmadi K, Nisa FC. 2013. Optimizing conditions for the purification of omega-3 fatty acids from the by-product of tuna canning processing. *Journal of Food Science and Technology* 5(5):522–529.
- 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.
- García-Moreno PJ, Guadix A, Gómez-Robledo L, Melgosa M, Guadix EM. 2013. Optimization of bleaching conditions for sardine oil. *Journal of Food Engineering* 116:606–612.
- Haas W, Mittelbach M. 2000. Detoxification experiments with the seed oil from *Jatropha curcas* L. *Journal of Industrial Crops and Products* 12:111–118.
- Huang J, Sathivel S. 2010. Purifying salmon oil using adsorption, neutralization and combined neutralization and adsorption process. *Journal of Food Engineering* 96:51– 58.
- Hodgum AS. 1995. Refining and bleaching. In Y.H. Hui (ed.). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Edible Oil and Fat Products: Processing Technology*. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Kalalo PL, Nurjanah, Suseno SH. 2013. Karakterisasi bahan dan ekstraksi minyak ikan dari hasil samping ikan lele (*Clarias* sp). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. in press.
- Pestana-Bauer VR, Zambiazi RC, Mendonca CRB, Beneito-Cambra M, Ramis-Ramos G. 2012. γ -Oryzanol and tocopherol content in residues of rice bran oil refining. *Food Chemistry* 132:1479–1483.
- Pigott GM. 1996. Marine Oils. In Y.H. Hui (ed.). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Edible Oil and Fat Products: Products and Application Technology*. Fifth edition, Vol. 3. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Sathivel S, Prinyawiwatkul W, King JM, Grimm CC, Lloyd S. 2003. Oil production from catfish viscera. *Journal of American Oil Chemistry Society* 80(4):277–382.
- Suseno SH, Tajul AY, Nadiyah WA, Noor AF. 2012. Improved of colour properties on *Sardiniella lemuru* oil during adsorbent refining using magnesol xl. *International Food Research Journal* 19(4):1383–1386.
- Tambunan JE, Ibrahim B, Suseno SH. 2014. Improved quality of sardines oil

- (*Sardinella* sp.) using centrifugation. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Science* 2(4):196–202.
- Wannahari R, Nordin MFN. 2012. Reduction of peroxide value in used palm cooking oil using bagasse adsorbent. *American International Journal of Contemporary Research* 2(1):185–191.
- Wu TH, Bechtel PJ. 2009. Quality of crude oil extracted from agigin walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) by-products. *Journal of American Oil Chemical Society* 86:903–908.