

PENINGKATAN VOLUME PEMURNIAN MINYAK IKAN TUNA (*Thunnus sp.*) DARI HASIL SAMPING PENGALENGAN

Adenia Cahyatie Aprillia*, Sugeng Heri Suseno, Bustami Ibrahim

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

Diterima: 23 Oktober 2022/Disetujui: 20 Januari 2023

*Korespondensi: adeniaaprillia@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Aprillia, A. C., Suseno, S. H., & Ibrahim, B. (2023). Peningkatan volume pemurnian minyak ikan tuna (*Thunnus sp.*) dari hasil samping pengalengan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 39-53. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.43786>

Abstrak

Industri pengalengan ikan menghasilkan produk samping berupa minyak ikan yang mengandung bahan non minyak dengan mutu rendah di bawah standar IFOS (*International Fish Oil Standard*), sehingga perlu dilakukan pemurnian dengan netralisasi dan *bleaching* menggunakan sentrifugasi untuk mendapatkan minyak ikan yang sesuai dengan kebutuhan pangan. Hasil penelitian terdahulu umumnya terbatas pada skala yang kecil, kuantitas, dan kualitas minyak tuna yang dihasilkan bervariasi, sehingga penerapannya di lapangan pada Usaha Kecil Menengah (UKM) tidak dapat langsung diadopsi. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh proses pemurnian minyak ikan tuna yang sesuai dengan standar IFOS. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rancangan acak lengkap (RAL) dengan taraf perlakuan volume pemurnian (5; 7,5; 10)L menggunakan sentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Analisis pengujian yang dilakukan meliputi kadar asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida (PV), nilai p-anisidin (p-Anv), total oksidasi (totoks), nilai kejernihan, nilai rendemen, kandungan logam berat, dan profil asam lemak. Total asam lemak jenuh (SFA) pada minyak ikan tuna kasar sebesar 22,46%. Asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) yaitu 25,38%, sedangkan asam lemak tak jenuh majemuk (PUFA) yaitu 25,01%. PUFA didominasi oleh DHA yaitu 15,57%, sementara kandungan asam lemak EPA yaitu 3,15%. Perlakuan terbaik didapatkan pada perlakuan volume pemurnian 10 L dengan parameter oksidasi yakni asam lemak bebas (FFA) $0,36 \pm 0,05\%$, bilangan peroksida (PV) $6,87 \pm 0,09$ mEq/kg, bilangan p-anisidin (p-AnV) $6,28 \pm 0,1$ mEq/kg; nilai total oksidasi (totoks) $20 \pm 0,29$ mEq/kg, parameter fisika yakni kejernihan $91,88 \pm 0,04\%$, dengan nilai rendemen yakni $87 \pm 1,70\%$.

Kata kunci: IFOS, oksidasi, omega-3, peningkatan volume

Increased Refining Volume of Tuna (*Thunnus sp.*) Fish Oil from Canning by-Products

Abstract

The canned fish industry produces by-products such as low-quality fish oil with non-oil ingredients according to the International Fish Oil Standards (IFOS); therefore, purification must be carried out by neutralization and bleaching using centrifugation to obtain fish oil according to consumer needs. The results of previous research were generally limited to small scales of the quantity and quality of tuna oil, so its application to Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) cannot be immediately adopted. This study aimed to obtain a tuna fish oil refining process that complied with IFOS standards. This study used a Completely Randomized Design (CRD) with purification volume levels (5, 7.5, and 10 L) by centrifugation at 10,000 rpm for 10 min. The test analysis included the free fatty acid (FFA) content, peroxide value (PV), p-anisidine value (p-Anv), total oxidation number (totox), clarity number, yield number, heavy metal content, and fatty acid profile. The total saturated fatty acid (SFA) content in crude tuna oil was 22.46%. Monounsaturated Fatty Acids (MUFA) accounted for 25.38%, while Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) accounted for 25.01%. PUFA was dominated by DHA (15.57%), whereas EPA fatty acid content was 3.15%. The best treatment was obtained in the treatment of 10 L purification volume with oxidation parameters namely free fatty acids $0.36 \pm 0.05\%$, peroxide value 6.87 ± 0.09 mEq/kg, p-anisidine value 6.28 ± 0.1 mEq/kg;

total oxidation value 20 ± 0.29 mEq/kg, physical parameters for clarity was $91.88 \pm 0.04\%$, with a yield value $87 \pm 1.70\%$.

Keyword: IFOS, oxidation, omega-3, volume increase

PENDAHULUAN

Minyak ikan mengandung asam lemak tak jenuh majemuk berupa omega-3 (n-3) terutama asam eikosapentanoat (C20:5n-3; EPA) dan asam dokosaheksanoat (C22:6n-3; DHA). Asam lemak omega-3, EPA dan DHA diketahui bermanfaat yang baik bagi kesehatan, antara lain berperan dalam pertumbuhan janin, perkembangan otak dan retina, memperkuat sistem imunitas tubuh, bertindak sebagai anti-tumor, anti-inflamasi dan mencegah risiko penyakit (Mozaffarian & Wu 2011). Nilai impor minyak ikan Indonesia pada tahun 2020 mencapai sekitar USD 16.012.000, dan kebutuhan minyak ikan Indonesia masih sangat besar (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2020). Volume impor minyak ikan pada Januari-Februari tercatat yakni 1.476 ton senilai dengan USD 2.180.000 (KKP, 2021). Namun kebanyakan minyak ikan yang diimpor ke Indonesia masih belum memenuhi International Fish Oil Standard (IFOS).

Minyak ikan hasil samping pengalengan tuna sangat berpotensi besar jika dimanfaatkan sebagai minyak ikan murni yang kaya akan omega-3. Pengolahan dari hasil samping pengalengan tuna menjadi minyak ikan diharapkan dapat mewujudkan *zero waste* dan mengurangi produksi limbah pada industri pengalengan tuna. Hasil penelitian Estiasih *et al.* (2013) menunjukkan bahwa minyak ikan tuna hasil samping industri pengalengan mengandung omega-3 yaitu DHA (25,41%) dan EPA (6,03%). Kualitas minyak ikan tuna dari *by-product* jika dikembangkan dengan baik mampu bersaing dengan minyak ikan dari luar negeri dan memenuhi kebutuhan minyak ikan apabila sesuai dengan standar yang ditetapkan. Minyak ikan dari hasil samping industri pengalengan mengandung bahan pengotor, fosfolipid, warna gelap, dan komponen non minyak lainnya, sehingga kualitas minyak dari hasil samping masih di bawah standar IFOS (Sabar *et al.*, 2015). Proses pemurnian sangat

diperlukan agar mendapatkan minyak ikan yang berkualitas pangan dan dapat diterima untuk dikonsumsi masyarakat (*edible oil*).

Pemurnian yang dilakukan bisa melalui beberapa tahap tergantung dari kualitas minyak ikan tersebut, yakni *degumming*, netralisasi, *bleaching* serta deodorisasi. Penelitian yang berkaitan dengan pemurnian minyak ikan telah banyak dilakukan antara lain pemurnian minyak ikan menggunakan pemurnian bertingkat (Dari *et al.*, 2017), pemurnian minyak hasil samping ikan tuna (Estiasih *et al.*, 2009; Estiasih *et al.*, 2013), pemurnian minyak ikan dengan netralisasi (Suseno *et al.*, 2015; Bija *et al.*, 2017). Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kajian tersebut umumnya masih terbatas pada skala kecil, kuantitas dan kualitas minyak tuna yang dihasilkan bervariasi, sehingga penerapannya di lapangan dalam bentuk Usaha Kecil Menengah (UKM) tidak dapat langsung diaplikasikan. Affandi *et al.* (2017) menjelaskan bahwa pada produksi pengemulsi mono-diasilgliserol (MDAG) terjadi perubahan skala produksi, dari jumlah substrat 120 g menjadi 50 kg. Perbedaan skala pilot dapat disebabkan oleh perbedaan peralatan produksi, sumber pemanas, sistem pencampuran dan jumlah bahan baku yang digunakan. Kajian beberapa peneliti mengenai minyak ikan dengan skala yang lebih besar masih jarang dilaporkan. Penelitian ini merupakan rangkaian kegiatan pengembangan prosedur pemurnian minyak ikan tuna dalam rangka peningkatan pemurnian minyak ikan skala pilot. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh proses pemurnian minyak ikan tuna yang sesuai standar IFOS.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak kasar tuna (*Thunnus sp.*) yang diproduksi di Bali oleh industri pengalengan ikan dari limbah hasil samping pengalengan ikan, yang ditempatkan

ke dalam drum 200 L. Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades (H_2O), natrium hidroksida (NaOH) (Merck), indikator fenolftalein (indikator PP) (Merck), kloroform (Merck), kalium hidroksida (KOH) (Merck), asam asetat glasial (Merck), larutan kalium iodida (KI) (Merck), amilum (Merck), natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) (Merck), isooktan (Merck), p-anisidin (Sigma Aldrich), n-heksana (Merck), dan Magnesol XL. Alat yang digunakan untuk karakterisasi dan analisis kualitas minyak adalah tangki agitator berkapasitas 28 L, timbangan digital (Quattro), spektrofotometer UV-VIS (Agilent 8453), perangkat kromatografi gas merk Shimadzu GC2010 Plus menggunakan standar SupelcoTM 37 Component FAME Mix, viskometer Brookfield, high speed refrigerated centrifuge merk HITACHI Himac CR 21G.

Metode penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahapan pertama diawali dengan penyiapan bahan utama minyak ikan tuna kasar serta karakterisasi minyak ikan tuna kasar. Proses karakterisasi minyak ikan tuna kasar dilakukan untuk menganalisis kualitas minyak ikan tuna kasar sebelum dilanjutkan pada tahapan kedua, yang meliputi pengujian kadar asam lemak bebas (FFA), nilai peroksida (PV), nilai p-anisidin (p-AnV), dan total oksidasi (Totoks), nilai kejernihan, kandungan logam berat dan profil asam lemak.

Tahapan kedua dilakukan pemurnian minyak ikan dengan netralisasi untuk menurunkan persentase FFA minyak ikan tuna kasar. Konsentrasi NaOH pada penelitian ini menggunakan 18°Be dengan

excess 0,75 yang dapat dilihat pada Tabel 1. Derajat baume (°Be) menunjukkan larutan NaOH berdasarkan bobot jenisnya (Estiasih 2009). Kebutuhan jumlah NaOH dihitung berdasarkan rumus berikut:

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

Keterangan:

0,142 = bobot molekul NaOH dan asam oleat

Excess=kelebihan larutan NaOH

% NaOH/100=konsentrasi larutan NaOH (b/v)

Minyak ikan yang telah ditambahkan NaOH diaduk menggunakan tank agitator pada suhu 50°C selama 10 menit dan didekantasi. Setelah mendapatkan minyak ikan *semi refined* dilakukan proses *bleaching* dengan magnesol XL 5% dari berat minyak ikan. Pengadukan konstan dengan agitator dilakukan pada suhu 50°C selama 20 menit selanjutnya disentrifugasi untuk memisahkan pengotor dan stok sabun yang terdapat pada minyak ikan dengan perlakuan volume pemurnian (5; 7,5; 10)L dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm. Metode dan analisis parameter oksidasi yang dilakukan mengacu ke BSN (2018), terdiri dari analisis FFA, PV, p-AnV dan Totoks dan penentuan rendemen minyak ikan tuna hasil pemurnian. Analisis lain yang dilakukan adalah logam berat (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2009), pengujian profil asam lemak (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005), penentuan rendemen minyak ikan dan kejernihan (AOAC, 1995 dengan Modifikasi No. Metode 955.23).

Tabel 1 Konsentrasi NaOH dengan berbagai derajat *baume* (Hodgum, 1995)

Minyak	Derajat <i>Baume</i> (°Be)	Konsentrasi larutan NaOH (%b/v)	Kelebihan (<i>excess</i>) larutan NaOH (%)
Minyak kualitas baik	12-16	8-11,06	0,10-0,20
Asam Lemak Bebas 3%	14	9,50	0,25-0,47
Asam Lemak Bebas 4%	18	12,68	0,75
Asam Lemak Bebas 5%	20	14,36	0,20
Asam Lemak Bebas 15%	26	19,70	1,30

Analisis asam lemak bebas (FFA) (BSN, 2018)

Minyak ikan tuna ditimbang 2-2,5 g kemudian ditambah 25 mL alkohol 95% lalu dipanaskan dalam penangas air selama 10 menit, selanjutnya campuran tersebut ditetesi indikator fenolftalein (PP) sebanyak 2 mL. Campuran dikocok dan dititrasi dengan kalium hidroksida (KOH) 0,1 N sampai muncul warna merah muda yang tidak hilang dalam 10 detik. Persentase FFA dihitung berdasarkan persamaan berikut:

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

Keterangan:

FFA= Asam lemak bebas (%)

A= Jumlah titrasi KOH (mL)

N = Normalitas larutan KOH (0,1 N)

M = Bobot molekul asam lemak dominan asam dokosaheksanoat (328,488 g/mol)

G = Bobot contoh (g)

Analisis bilangan peroksida (PV) (BSN, 2018)

Sampel minyak ikan tuna ditimbang sebanyak 2-2,5 g kemudian ditambah 30 mL larutan asam asetat glasial dan kloroform (3:2), selanjutnya ditambah 0,5 mL larutan kalium iodida (KI), larutan dikocok agar tercampur, ditambah 30 mL akuades. Larutan indikator pati 1% sebanyak 0,5 mL ditambahkan yang ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi biru. Tahap selanjutnya dilakukan titrasi larutan 0,01 N natrium tiosulfat hingga larutan berubah warna menjadi kuning. Perhitungan bilangan peroksida dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\text{PV} = \frac{S \times N \times 1000}{G}$$

Keterangan:

S = volume titrasi natrium tiosulfat (mL)

N= normalitas natrium tiosulfat (0,01)

G= berat sampel minyak ikan (g)

Analisis bilangan p-Anisidin (p-AnV) (BSN, 2018)

Pengujian nilai p-anisidin memerlukan dua nilai absorbansi dari dua larutan uji yang berbeda. Larutan uji 1 dibuat dengan cara melarutkan 1-1,5 g sampel minyak ikan ke dalam 25 mL trimetilpentana (isooktan)

dengan blangko yaitu isooktan. Larutan uji 2 dibuat dengan cara dipipet 5 mL larutan uji 1, kemudian ditambah 1 mL larutan anisidin lalu dikocok. Larutan anisidin dibuat dengan cara melarutkan 0,1 g anisidin dalam 40 mL asam etanol. Blangko larutan uji 2 yaitu larutan anisidin. Larutan uji 1 dan 2 diukur pada panjang gelombang 350 nm. Nilai anisidin ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nilai Anisidin} = \frac{25 \times (1,2 A_2 - A_1)}{G}$$

Keterangan:

A1 = Nilai absorbansi larutan uji 1

A2 = Nilai absorbansi larutan uji 2

G = Berat sampel pada larutan uji 1 (g)

Analisis nilai total oksidasi (Totoks) (BSN, 2018)

Nilai total oksidasi merupakan penentu dari semua parameter oksidasi minyak. Totoks ditentukan dari jumlah dua kali oksidasi primer dan sekunder pada minyak. Persamaan nilai total oksidasi adalah:

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

Keterangan:

PV = Nilai peroksida (mEq/kg)

AV = Nilai p-anisidin (mEq/kg)

Analisis logam berat (BSN, 2009)

Sampel minyak ikan sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam labu destruksi 100 mL kemudian ditambah 15 mL HNO₃ pekat dan 5 mL HClO₄, didiamkan 24 jam, sampel didestruksi hingga jernih, didinginkan dan ditambah 10-20 mL air bebas ion. Sampel selanjutnya dipanaskan pada suhu 120°C dengan waktu 10 menit, diangkat, dan didinginkan. Larutan dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL (labu destruksi dibilas dengan air bebas ion dan dimasukkan ke dalam labu takar). Larutan ditambah air sampai batas tanda tera. Larutan dikocok dan disaring dengan kertas saring Whatman No.4. Sampel dipreparasi dan dianalisis sesuai dengan pengujian logam berat (Cd, Pb, Hg, Ni, As) pada analisis air (APHA 3110 untuk logam Cd, Pb, dan Cu; metode 3114 untuk As; dan metode 3112 untuk Hg).

$$\text{Kadar logam (PPM)} = \frac{A \times B}{BS}$$

Keterangan:

A = Konsentrasi logam dari kurva rendah ($\mu\text{g}/\text{mL}$)

B = Volume pelarutan (mL)

BS = Bobot sampel

Profil asam lemak (AOAC, 2005)

Analisis asam lemak terdiri dari tiga tahapan yaitu preparasi contoh (hidrolisis dan esterifikasi), analisis komponen asam lemak sebagai FAME, dan perhitungan jumlah komponen dalam contoh. Prosedur preparasi contoh yaitu sampel 20-30 g ditimbang dalam tabung bertutup teflon, ditambah 1 mL NaOH 0,5 N dalam metanol, kemudian didorong dengan nitrogen lalu dipanaskan dalam penangas air selama 20 menit. Katalis BF 20% sebanyak 2 mL ditambahkan, kemudian dipanaskan selama 20 menit, didinginkan lalu ditambah 2 mL NaCl jenuh dan 1 mL isooktan atau heksan. Lapisan heksana dipipet ke dalam tabung yang berisi 0,1 g Na_2SO_4 anhidrat dan didiamkan selama 15 menit. Fase cair dipisahkan dan selanjutnya fase organik diinjeksikan ke kromatografi gas. Prosedur analisis komponen asam lemak sebagai FAME yaitu kondisi alat diatur kemudian diinjeksikan 1 μL kemudian diukur waktu retensi dan puncak masing-masing komponen. Waktu retensinya dibandingkan dengan standar SupelcoTM 37 Component FAME Mix untuk mendapatkan informasi mengenai jenis dari komponen-komponen dalam contoh. Jumlah komponen dalam contoh dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{FAME (\% b/b)} = \frac{A_x \div C \times V \div (100) \times 100}{g}$$

$$\text{Asam lemak (\% b/b)} = \frac{\frac{A_x}{A_s} \times C_{\text{standar}} \times \frac{V_{\text{contoh}}}{g} \times 100\%}{\text{Bobot contoh (g)}}$$

Keterangan:

A_x = Luas area sampel

A_s = Luas area standar

C_{standar} = Konsentrasi standar

V_{contoh} = Volume contoh

Penentuan rendemen minyak ikan

Rendemen minyak ikan ditentukan dengan menghitung persen jumlah minyak ikan yang dihasilkan dari minyak ikan awal. Sampel minyak ikan sebelum pemurnian

ditimbang terlebih dahulu dan dinyatakan sebagai M1. Minyak ikan murni ditimbang dan dinyatakan sebagai M2. Hasil rendemen minyak ikan murni dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\% \text{ Rendemen minyak ikan} = \frac{M2 \times 100\%}{M1}$$

Keterangan:

M1 = Berat awal minyak ikan (g)

M2 = Berat akhir minyak ikan (g)

Analisis kejernihan (AOAC, 1995 dengan modifikasi No. metode 955.23)

Kuvet dibersihkan dan diisi dengan standar yang akan digunakan. Standar diukur hingga jarum skala menunjukkan skala 100%. Kuvet yang berisi standar diganti dengan kuvet berisi minyak dan diukur kejernihan minyak dalam bentuk persen transmisi. Pengukuran dilakukan dengan pengenceran minyak sebanyak 10 kali yaitu mencampurkan 1 bagian minyak (1 mL) dengan 9 bagian pelarut (9 mL). N-heksana digunakan sebagai pelarut. Panjang gelombang yang digunakan dalam pengujian kejernihan minyak ikan yaitu 550 nm.

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Jika terdapat perbedaan nyata di antara perlakuan maka analisis akan dilanjutkan menggunakan Uji Beda Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Ikan Tuna Kasar

Minyak tuna kasar diproduksi dari hasil samping industri pengalengan ikan di UD Samudera Kencana, Bali. Minyak ikan tuna kasar memiliki ketampakan warna cokelat tua dan beraroma khas minyak ikan. Warna minyak ikan kasar dapat dipengaruhi oleh suhu tinggi yang digunakan dalam pemasakan awal di proses produksi pengalengan sehingga memicu terjadinya proses oksidasi dan mengakibatkan perubahan warna pada minyak (Ketaren, 2012). Ketampakan minyak tuna kasar ini terdapat pada Gambar 1.

Penentuan kualitas awal minyak ikan tuna kasar perlu dilakukan sebelum dilanjutkan pada proses pemurnian dengan melakukan

Gambar 1 Minyak ikan tuna kasar (*crude tuna oil*)

pengujian parameter oksidasi yang meliputi asam lemak bebas, nilai peroksida, nilai anisidin total oksidasi. Hasil karakterisasi minyak tuna kasar telah disajikan pada Tabel 2.

Hasil karakterisasi minyak tuna kasar memiliki kualitas yang rendah (Tabel 2) menunjukkan bahwa parameter asam lemak bebas, nilai peroksida dan total oksidasi tidak memenuhi standar IFOS sedangkan nilai anisidin telah memenuhi standar. Kadar asam lemak bebas minyak ikan tuna masih jauh dari standar IFOS yaitu $\leq 1,5\%$. Tingginya nilai asam lemak bebas diduga karena mutu bahan baku yang rendah, adanya kandungan air yang terdapat dalam minyak tinggi, serta adanya proses termal yang digunakan pada pengolahan industri yang memungkinkan minyak ikan terhidrolisis lebih cepat dalam membentuk asam lemak bebas dan menyebabkan oksidasi (Ketaren, 2012). Minyak ikan dengan bilangan peroksida yang tinggi menunjukkan tingkat kerusakan dari suatu minyak ikan, dimana semakin besar nilai peroksida maka semakin rendah pula kualitas minyak ikan (Mason & Sherratt, 2017). Semakin tinggi bilangan anisidin dan bilangan peroksida maka semakin tinggi bilangan total oksidasinya.

Profil Asam Lemak

Pengujian profil asam lemak dilakukan menggunakan kromatografi gas untuk mengetahui asam lemak dominan (Pandiangan, 2021). Asam lemak yang teridentifikasi meliputi asam lemak jenuh (SFA), asam lemak tidak jenuh rangkap tunggal (MUFA), dan asam lemak tidak jenuh rangkap jamak (PUFA). Kandungan asam lemak minyak ikan tuna terdapat pada Tabel 3.

Profil asam lemak menunjukkan bahwa minyak ikan tuna kasar mempunyai komposisi asam lemak SFA, MUFA, PUFA yakni 22,46%; 25,38%; 25,01%. Kandungan SFA minyak ikan tuna kasar yang dominan adalah asam palmitat yakni 14,81%. Hasil penelitian Apituley *et al.* (2020) menunjukkan bahwa asam lemak jenuh dari minyak kepala dan tulang ikan tuna didominasi oleh asam palmitat (C16:0) masing-masing yakni 13,13% dan 12,35%. Penelitian Suseno *et al.* (2019) menghasilkan komposisi asam lemak minyak tuna didominasi oleh SFA yaitu asam palmitat yakni 13,88%. Yulianto *et al.* (2022) melaporkan bahwa minyak ikan tuna kasar dari hasil samping pengalengan memiliki asam lemak jenuh dominan yaitu asam palmitat (20,73%).

Tabel 2 Karakteristik minyak ikan tuna kasar

Parameter	Minyak Ikan Tuna Kasar	IFOS (2014)
Asam Lemak Bebas (FFA) (%)	9,68±0,42	≤1,5
Bilangan Peroksida (PV) (mEq/kg)	15,00±2,56	≤5,0
Bilangan Anisidin (p-AnV) (mEq/kg)	7,54±0,53	≤20,0
Total Oksidasi (Totoks) (mEq/kg)	37,54±5,32	≤26,0

Tabel 3 Profil asam lemak minyak ikan tuna kasar

Asam Lemak	Asam Lemak (% b/b)
Asam laurat (C12:0)	0,03
Asam tridekanoat (C13:0)	0,02
Asam miristat (C14:0)	2,39
Asam pentadekanoat (C15:0)	0,58
Asam palmitat (C16:0)	14,81
Asam heptadekanoat (C17:0)	0,42
Asam stearate (C18:0)	3,69
Asam arakidat (C20:0)	0,24
Asam heneikosanoat (C21:0)	0,04
Asam behenat (C22:0)	0,12
Asam trikosanoat (C23:0)	0,04
Asam lognoserat (C24:0)	0,08
Total Saturated Fatty Acid (SFA)	22,46
Asam miristoleat (C14:1)	0,05
Asam palmitoleat (C16:1)	4,26
Asam cis-10-heptadekanoat (C17:1)	0,65
Asam elaidat (C18:1n-9t)	0,16
Asam oleat (C18:1n-9c)	19,15
Asam erukat Metil Ester (C22:1n-9)	0,32
Asam nervonoat (C24:1)	0,79
Total Mono Unsaturated Fatty Acid (MUFA)	25,38
Asam linoleat (C18:2n-6)	1,10
Asam linolenat (C18:3n-3)	3,38
Asam V-Linolenat (C18:3n-6)	0,05
Asam cis-11,14- eikosedieoat (C20:2)	0,29
Asam cis-8,11,14- Eikosantrienoat (C20:3n-6)	0,11
Asam arakidonat (C20:4n-6)	1,28
Asam cis-5,8,11,14,17- Eikosapentaenoat (C20:5n-3)	3,15
Asam cis-13,16- dokosadinoat (C22:2)	0,08
Asam cis-4,7,10,13,16,19-Dekosaheksaenoat (C22:6n-3)	15,57
Total Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA)	25,01
Total Asam Lemak	72,85

Kandungan asam lemak tidak jenuh tunggal (MUFA) pada minyak ikan tuna kasar pada penelitian ini didominasi oleh asam oleat yakni 19,15%. Suseno *et al.* (2019) menunjukkan bahwa komposisi MUFA minyak ikan tuna kasar yang dominan adalah asam oleat yakni 12,96%. Penelitian Budiadnyani *et al.* (2015) melaporkan asam lemak MUFA dominan terhadap asam lemak oleat yaitu 22,31%. Yulianto *et al.* (2022) melaporkan hasil asam lemak MUFA didominasi oleh asam oleat yaitu 23,88%. Asam oleat merupakan asam tak jenuh rangkap tunggal yang paling umum dan dapat berfungsi dalam menurunkan kadar kolesterol dalam tubuh dan sebagai prekursor terbentuknya PUFA (Farouk *et al.*, 2007).

Komposisi asam lemak tidak jenuh majemuk (PUFA) dalam penelitian ini didominasi oleh kandungan asam lemak omega-3 yaitu DHA (15,57%) dan EPA (3,15%). Penelitian Song *et al.* (2018) juga memperlihatkan bahwa minyak tuna kasar mengandung 8,55% EPA dan 14,64% DHA. Hasil penelitian Suseno *et al.* (2019) terhadap minyak ikan tuna menunjukkan bahwa komposisi PUFA dominan terhadap DHA (C22:6n-3) yakni 15,86% dan EPA (C20:5n-3) yakni 2,75%. Hasil penelitian Yulianto *et al.* (2022) melaporkan bahwa minyak ikan tuna hasil samping pengalengan memiliki asam lemak PUFA dominan yaitu DHA (14,15%). Hal serupa juga didukung oleh penelitian Kasmiran (2016) yang menunjukkan bahwa minyak ikan tuna kasar dari hasil samping penepungan pada ikan tuna albacore dan sirip kuning didominasi oleh kandungan DHA masing-masing sebesar 27,70% dan 27,50%.

Komposisi asam lemak dalam minyak ikan dapat berbeda-beda karena disebabkan oleh perbedaan bahan baku dan proses pembuatan minyak. Hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa minyak ikan tuna secara khas tinggi dengan asam lemak omega-3 yaitu

DHA dan EPA. Menurut Husain (2017) para peneliti telah membuktikan bahwa asam lemak omega-3 terutama asam eikosapentanoat/EPA (C20:5n3) dan asam dokosaheksanoat/DHA (C22:6n-3) sangat bermanfaat bagi kesehatan di antaranya dapat mencegah penyakit kardiovaskular.

Kandungan Logam Berat Minyak Ikan Tuna Kasar

Logam berat dalam minyak ikan sering tidak dikehendaki. Logam berat termasuk bahan yang berbahaya apabila terkonsumsi melebihi ambang batasnya sehingga merusak atau menurunkan fungsi sistem saraf pusat, merusak komposisi darah, paru-paru, ginjal dan organ vital lainnya (BSN 2009). Analisis logam berat penting dilakukan untuk menjamin keamanan produk minyak yang bebas dari kandungan logam berat. Cemaran logam berat minyak kasar ditunjukkan pada Tabel 4.

Hasil pengujian cemaran logam berat menunjukkan bahwa kandungan logam Pb dan Hg yang terdapat dalam minyak ikan tuna kasar dari hasil samping pengalengan masih sesuai dengan batas ambang yakni timbel (Pb) $\leq 0,5$ mg/kg dan merkuri (Hg) $\leq 0,005$ mg/kg. Hasil pengujian cemaran logam berat sudah di bawah batas ambang yang ditetapkan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2009 yakni timbel (Pb) 0,5 mg/kg dan merkuri (Hg) 0,1 mg/kg. Berdasarkan data yang diperoleh minyak ikan tuna dari hasil samping pengalengan tidak berbahaya dan masih aman untuk dikonsumsi. Logam umumnya terjadi secara alami dalam bahan. Logam berat yang terkandung dalam minyak dapat menjadi akselerator terjadinya reaksi inisiasi, propagasi, dan terminasi dalam oksidasi lemak sehingga mengakibatkan bau pada minyak dan perubahan warna akibat oksidasi terhadap kandungan tokoferol pada minyak (Estiasih, 2009).

Tabel 4 Residu logam berat minyak ikan tuna kasar

Logam Berat	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)	Nilai Ambang Batas SNI 2009 (mg/kg)	CODEX (2017)
Timbal (Pb)	$\leq 0,5$	0,5	< 0,1
Merkuri (Hg)	$\leq 0,005$	0,1	< 0,1

Rendemen (%)

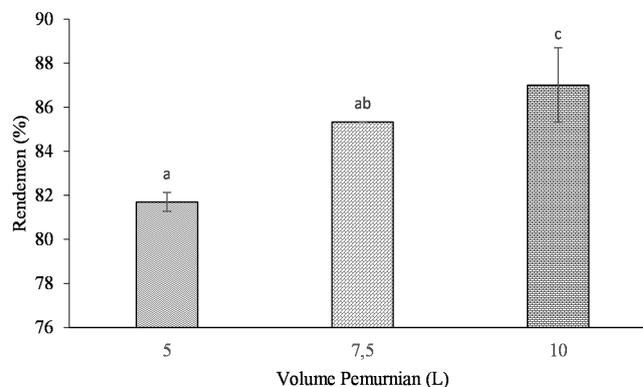
Penentuan rendemen minyak ikan dilakukan untuk mengetahui berapa persen banyaknya minyak ikan yang diperoleh dengan cara membandingkan berat minyak ikan sebelum dimurnikan dengan berat minyak ikan setelah melalui proses pemurnian. Rendemen minyak ikan tuna hasil pemurnian disajikan pada Gambar 2.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan volume pemurnian yang berbeda berpengaruh nyata terhadap rendemen minyak ikan murni. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan volume pemurnian 10 L menghasilkan rendemen yang paling tinggi yakni $87\pm 1,70\%$ dan berbeda nyata ($p < 0,05$). Pemurnian dengan volume 5 L memiliki rendemen yang paling sedikit yakni $81,7\pm 0,42\%$ hal ini diduga pada proses pengadukan dengan agitator magnesol XL dan tidak tercampur secara sempurna karena jumlah minyak ikan yang terlalu sedikit. Minyak ikan yang terlalu sedikit juga menyebabkan komponen pemanas pada agitator cepat menyebar. Kenaikan suhu yang melebihi suhu optimum akan mengakibatkan penurunan hasil karena nilai konstanta kesetimbangannya menurun. Reaksi akan bergeser ke arah pereaksi atau hasilnya turun perbedaan putaran dan penambahan adsorben pada volume minyak ikan dapat memengaruhi pemisahan padatan dari cairan pada saat sentrifugasi dan fraksinasi. Nilai rendemen sangat dipengaruhi oleh homogenitas sampel yang akan dipisahkan (Suseno *et al.*, 2014).

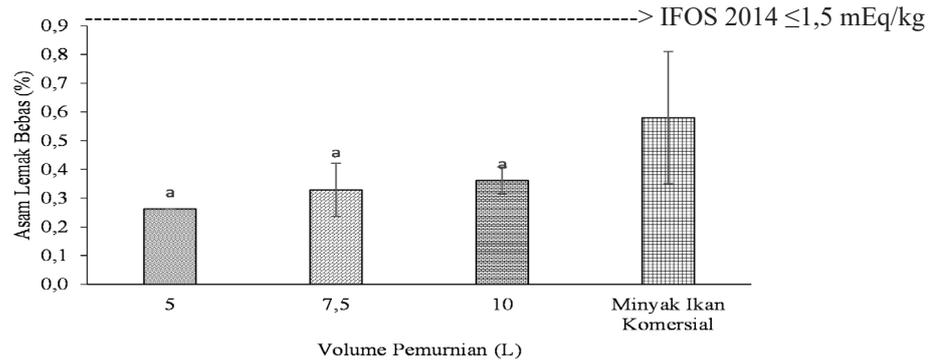
Kadar Asam Lemak Bebas (FFA)

Pengujian kadar asam lemak bebas merupakan salah satu uji untuk menentukan kualitas minyak ikan. Asam lemak bebas dihasilkan oleh peristiwa hidrolisis dan oksidasi biasanya bergabung dengan lemak netral (Kusharto *et al.*, 2015). Oksidasi asam lemak bebas dipengaruhi oleh suhu, konsentrasi oksigen, logam, aktivitas air, antioksidan, katalis, dan sangat bergantung pada jumlah ikatan rangkap (Suseno *et al.*, 2018). Hasil pengujian asam lemak bebas minyak ikan tuna murni dengan perlakuan sentrifugasi disajikan pada Gambar 3.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan volume pemurnian yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap asam lemak bebas minyak ikan murni. Hasil pemurnian menunjukkan bahwa perlakuan volume pemurnian 5 L menghasilkan FFA yang paling rendah yakni $0,26\pm 0\%$. Pada perlakuan volume pemurnian 10 L didapatkan nilai FFA yakni $0,36\pm 0,05\%$ serta berbeda dengan minyak ikan komersial yakni $0,58\pm 0,23\%$. Hasil analisis yang diperoleh ini telah sesuai dengan IFOS (2014) yakni $\leq 1,50\%$. Penurunan kadar FFA disebabkan adanya proses pemurnian yang melibatkan tahap netralisasi menggunakan NaOH, dan *bleaching* dengan penambahan adsorben berupa magnesol XL yang berfungsi sebagai zat untuk menyerap komponen FFA dalam minyak dan mampu menghilangkan komponen yang tidak diinginkan seperti pengotor yang terkandung dalam minyak ikan (Ghani, 2014).



Gambar 2 Rendemen minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)



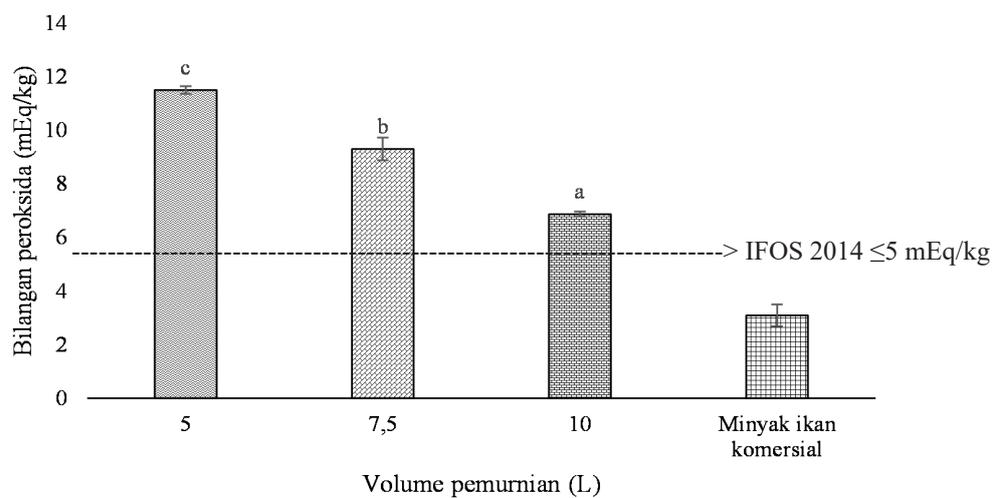
Gambar 3 Asam lemak bebas minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

Bilangan Peroksida (PV)

Nilai peroksida adalah salah satu indikator terjadinya interaksi antara ikatan rangkap pada minyak ikan dengan oksigen. Pengujian nilai peroksida dilakukan untuk mengetahui tingkat ketengikan dari minyak, maupun oksidasi yang baru terjadi (Estiasih, 2009). Hidroperoksida merupakan produk oksidasi dalam minyak ikan yang terjadi ketika reaksi autoksidasi terminasi berakhir, semakin tinggi kandungan hidroperoksida menunjukkan semakin besar kerusakan minyak dan cenderung menyebabkan ketengikan (Aidos *et al.*, 2002). Hasil pengujian nilai peroksida minyak ikan murni dari hasil sentrifugasi dan perlakuan volume pemurnian disajikan pada Gambar 4.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan volume pemurnian

yang berbeda berpengaruh nyata terhadap rendemen minyak ikan murni. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan volume pemurnian 10 L menghasilkan bilangan peroksida yang paling rendah yakni $6,87 \pm 0,09$ mEq/kg dan berbeda nyata ($p < 0,05$). Penurunan bilangan peroksida diduga karena proses *bleaching* menggunakan magnesol XL yang berperan dalam menurunkan nilai peroksida, nilai logam berat, serta pemucatan warna minyak ikan (Suseno *et al.*, 2011). Pada perlakuan volume pemurnian 5 L hasil yang didapatkan belum sesuai dengan standar IFOS (2014) yakni $11,50 \pm 0,14$ mEq/kg, hal ini diduga minyak ikan murni terpapar cahaya ketika proses pemurnian (Suseno *et al.*, 2015). Kadar peroksida yang semakin rendah menunjukkan kualitas minyak yang semakin baik. Minyak ikan komersial menunjukkan nilai peroksida



Gambar 4 Bilangan peroksida minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

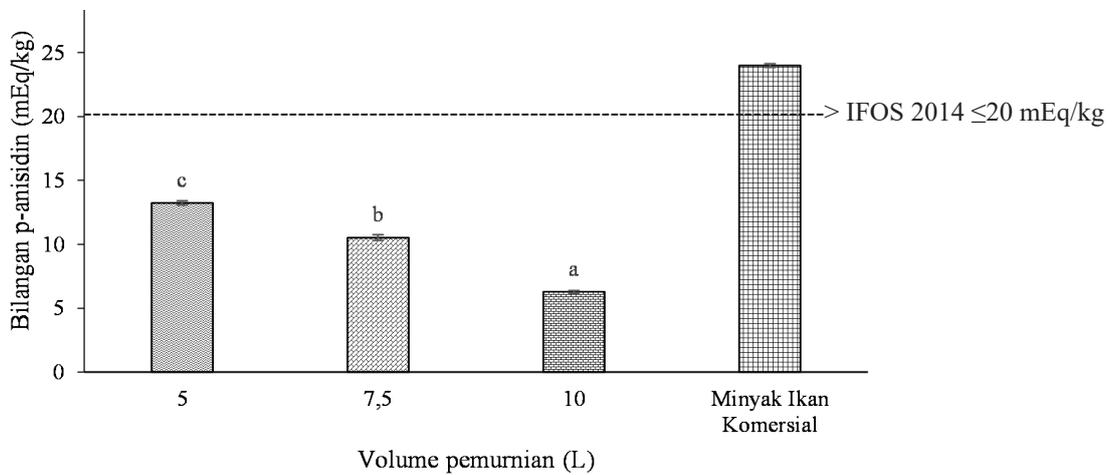
yang telah sesuai dengan standar IFOS yaitu $3,09 \pm 0,14$ mEq/kg. Jumlah bilangan peroksida dapat disebabkan karena adanya perbedaan laju pembentukan peroksida baru dengan laju degradasi peroksida menjadi senyawa lain (Raharjo, 2008).

Bilangan Anisidin (p-AnV) (mEq/kg)

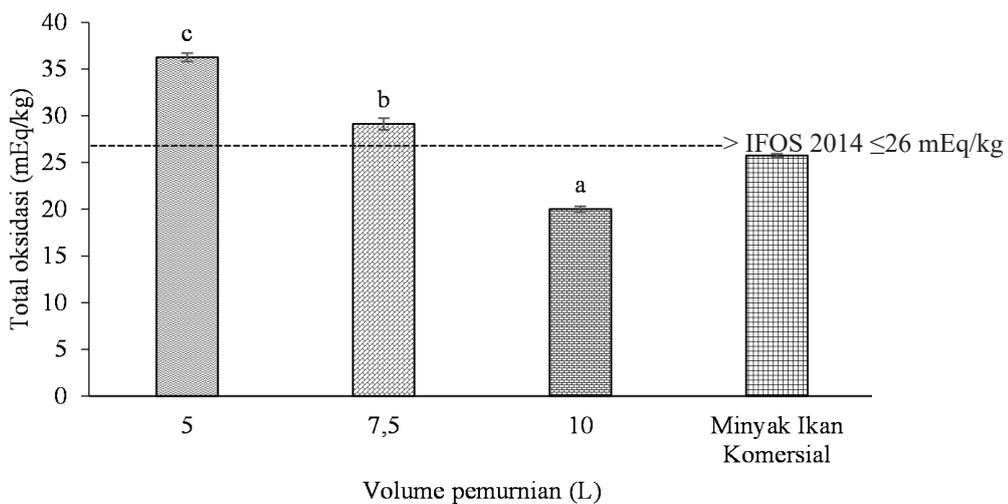
Bilangan p-anisidin menyatakan jumlah senyawa oksidasi sekunder yang dihasilkan akibat terjadinya dekomposisi senyawa hidroperoksida. Dekomposisi senyawa hidroperoksida menghasilkan senyawa aldehida, keton, senyawa peroksida

(mEq/kg). Adanya senyawa-senyawa hasil dekomposisi hidroperoksida seperti aldehida, keton, asam, alkohol, komponen hidroksi, lakton, hidrokarbon, dienal, epoksida dan senyawa polimer atau monomer lainnya yang disebabkan oleh oksidasi lanjut. Produk oksidasi sekunder inilah yang diukur sebagai bilangan p-anisidin (Panagan *et al.*, 2011). Hasil analisis nilai p-anisidin pada minyak ikan tuna murni yang diberi perlakuan volume disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil dari Gambar 5 semua perlakuan memberikan pengaruh berbeda nyata pada penurunan bilangan p-anisidin



Gambar 5 Bilangan p-anisidin minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)



Gambar 6 Total oksidasi minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

($p < 0,05$). Bilangan p-anisidin terendah pada Gambar 5 ditunjukkan pada perlakuan 10L yakni $6,28 \pm 0,1$ mEq/kg dan telah memenuhi standar IFOS (2014) yakni ≤ 20 mEq/kg. Hasil tersebut telah mengalami penurunan dari minyak ikan kasar yakni $7,54 \pm 0,53$ mEq/kg. Gambar 5 menunjukkan pada tahap pemurnian dengan volume pemurnian yang semakin tinggi menyebabkan bilangan p-anisidin cenderung menurun karena volume yang digunakan semakin tinggi sehingga pengadukan antara minyak ikan dan magnesol XL terjadi secara sempurna. Minyak ikan komersial menunjukkan hal yang berbeda terhadap perlakuan, nilai peroksida minyak ikan komersial yakni $24 \pm 0,14$ mEq/kg telah melewati standar IFOS. Bilangan anisidin yang tinggi dipengaruhi oleh tingginya komponen senyawa hidroperoksida pada oksidasi primer dan terdekomposisi akibat oksidasi lanjut yang menghasilkan senyawa aldehid dan keton yang tinggi (Feryana *et al.*, 2014).

Total Oksidasi (Totoks) (mEq/kg)

Nilai totoks menunjukkan kualitas minyak ikan secara keseluruhan dari parameter oksidasi primer dan sekunder. Nilai totoks merupakan jumlah total oksidasi primer dan sekunder yang didapatkan dengan menjumlahkan dua kali nilai peroksida dengan nilai anisidin. Hasil pengujian total oksidasi pada minyak ikan tuna murni yang diberi perlakuan sentrifugasi dan volume disajikan pada Gambar 6.

Hasil analisis ragam menjelaskan bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh berbeda nyata pada penurunan bilangan total oksidasi ($p < 0,05$). Bilangan total oksidasi terendah ditunjukkan pada perlakuan 10 L yakni $20 \pm 0,29$ mEq/kg dan telah mengalami penurunan dari minyak ikan kasar pada Tabel 2 yakni $37,54 \pm 5,32$ mEq/kg serta telah memenuhi standar IFOS (2014) yakni ≤ 26 mEq/kg. Nilai totoks tertinggi didapatkan pada perlakuan pemurnian dengan volume 5 L yaitu $36,24 \pm 0,45$ mEq/kg.

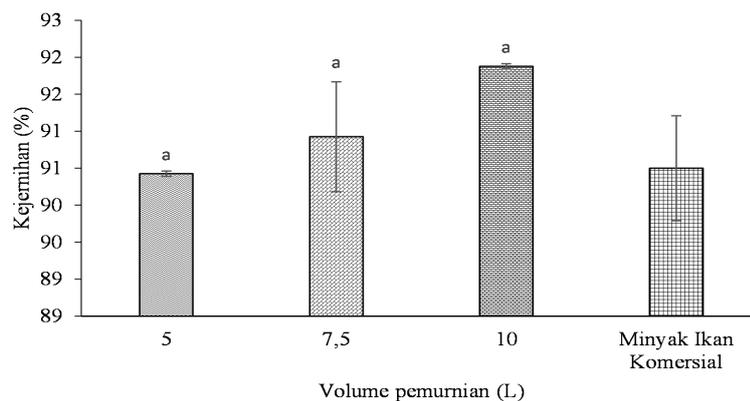
Nilai oksidasi pada setiap perlakuan cenderung menurun karena dipengaruhi oleh nilai oksidasi primer dan sekundernya. Nilai oksidasi primer dan sekunder yang

rendah menyebabkan nilai total oksidasi semakin rendah, begitupun sebaliknya (Bija *et al.*, 2017). Nilai totoks yang melebihi batas IFOS berkaitan dengan tingginya bilangan peroksida minyak, hal ini dikarenakan nilai totoks tergantung dari hasil pengujian bilangan peroksida, semakin tinggi bilangan peroksida maka semakin tinggi nilai total oksidasi. Bilangan total oksidasi dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui keberadaan berbagai senyawa yaitu hidroperoksida, aldehida dan keton akibat degradasi asam lemak tak jenuh ganda. Faktor lain yang memengaruhi termasuk suhu tinggi, oksigen, senyawa logam dan cahaya (Rubio-Rodríguez *et al.*, 2012). Nilai totoks digunakan sebagai penentu kerusakan oksidatif pada lipid (Moigradean *et al.*, 2012), apabila semakin rendah nilai totoks maka akan semakin baik kualitas minyak ikan. Pasoz *et al.* (2005) menyatakan bahwa oksidasi terjadi selama proses produksi dan penyimpanan minyak ikan karena kandungan PUFA yang menyebabkan pembentukan senyawa volatil yang berkaitan dengan ketengikan.

Kejernihan (%)

Nilai kejernihan minyak ikan pada penelitian ini diukur menggunakan spektrometer pada panjang gelombang 550 nm. Nilai kejernihan direpresentasikan oleh persen transmisi. Nilai transmisi yang tinggi, menunjukkan bahwa minyak ikan memiliki tingkat kejernihan yang baik (Pakiding *et al.*, 2014). Nilai kejernihan minyak ikan tuna murni disajikan pada Gambar 7.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kejernihan cenderung meningkat seiring tingginya volume pemurnian, hal ini diduga terjadi karena proses *bleaching* dengan magnesol XL. Magnesol XL memiliki pori-pori yang dapat menyerap komponen pigmen, asam lemak bebas, serta komponen pengotor lainnya yang ada pada minyak ikan (Suseno *et al.*, 2012). Hasil uji statistik menjelaskan semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada kejernihan minyak ikan tuna murni ($p > 0,05$). Nilai transmisi kejernihan tertinggi ditunjukkan pada perlakuan pemurnian 10 L



Gambar 7 Kejernihan minyak ikan tuna murni; huruf superskrip (a,b,c) pada faktor perlakuan perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil perlakuan yang berbeda nyata ($p < 0,05$)

yakni $91,88 \pm 0,04$ %. Hasil ini berbeda dengan minyak ikan komersial sebagai pembandingan yakni $90,5 \pm 0,71$ %. Minyak ikan komersial diduga telah terlalu lama disimpan sehingga adanya produk-produk degradasi minyak dan oksidasi yang terdapat di dalam minyak (Boran *et al.*, 2006).

KESIMPULAN

Minyak ikan tuna terbaik telah dimurnikan dan memenuhi standar IFOS (2014) didapatkan dari minyak ikan tuna berdasarkan parameter oksidasi. Perlakuan terbaik adalah dengan perlakuan volume pemurnian 10 L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Kemendikbudristek Penelitian Terapan Kompetitif Nasional dengan judul Peningkatan Kualitas Minyak Ikan Tuna dalam Negeri Sebagai Sumber DHA (dokosahekanolat) untuk Memenuhi Kebutuhan Minyak Ikan atas bantuan pendanaan pada nomor 1/AMD/E1.KP.PTNBH/2020 dan pihak yang terkait dalam kelancaran proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Affandi, A. R., Andarwulan, N., & Hariyadi, P. (2017). Pengaruh waktu dan suhu gliserolisis terhadap sifat kimia mono-diasilgliserol pada skala pilot plant. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*,

28(2), 159–168. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.2.159>

Aidos, I., Jacobsen, C., Jensen, B., Luten, J. B., van der Padt, A., & Boom, R. M. (2002). Volatile oxidation products formed in crude herring oil under accelerated oxidation conditions. *Journal Lipid Science Technology*, 4, 148–161.

Apituley, D. A. N., Sormin, R. B. D., & Nanlohy, E. E. E. M. (2020). Karakteristik dan profil asam lemak minyak ikan dari kepala dan tulang ikan tuna (*Thunnus albacares*). *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(1), 10–19. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.1.10>

Bija, S., Suseno, S. H., & Uju, U. (2017). Purification of sardine fish oil through degumming and neutralization. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 143–152. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16501>

Boran, G., Karacam, H., & Boran, M. (2006). Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. *Journal of Food Chemistry*, 98(4), 693–698.

Badan Standardisasi Nasional. (2009). SNI 7388:2009 Tentang Batas Maksium Cemar Mikroba dalam Pangan.

Budiadnyani, I., Estiasih, T., & Yunianta. (2015). Characteristics and fatty acid profile of refined fish oil from byproduct of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) meal processing. *Journal of Life Science. Biomedicine*, 5(55), 132–136.

- Dari, D. W., Astawan, M., & Suseno, S. H. (2017). Characteristics of sardin fish oil (*Sardinella* sp.) resulted from stratified purification. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 456-467. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19766>
- Estiasih, T., Ahmadi, K., Nisa, F. C., & Kusumastuti, F. (2009). Optimasi kondisi pemurnian asam lemak omega-3 dari minyak hasil samping penepungan tuna (*Thunnus* sp.) dengan kristalisasi urea. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 20(2), 135-142.
- Estiasih, T., Ahmadi, K., & Nisa, F. C. (2013). Optimizing conditions for the purification of omega-3 fatty acids from the by-product of tuna canning processing. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(5), 522-529. <https://doi.org/10.19026/ajfst.5.3120>
- Feryana, I., Suseno, S. H., & Nurjanah. (2014). Pemurnian minyak ikan makerel hasil samping penepungan dengan netralisasi alkali. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(3), 207-214.
- Ghani, A. F. (2014). Purification of sardinian fish oil (*Sardinella* sp.) using active charcoal and bleaching earth. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- International Fish Oil Standard. (2014). Fish Oil Purity Standars.
- Kasmiran, B. (2016). Comparison and evaluation of the quality of fish oil and fishmeal extracted from the heads of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and albacore tuna (*Thunnus alalunga*). Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project]. <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/britney16prf.pdf>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2021). Produktivitas Perikanan Indonesia.
- Ketaren, S. (2012). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. PT UI Press.
- Kusharto, C. M., Srimati, M., Tanziha, I., & Suseno, H. S. (2015). Efek penambahan vitamin E terhadap stabilitas minyak ikan lele. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(3), 321-328. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2015.18.3.321>
- Moigradean, D., Poina, M. A., & Gogoasa, I. 2012. Quality characteristics and oxidative stability of coconut oil during storage. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*.
- Mason, R. P., & Sherratt, S. C. R. (2017). Omega-3 fatty acid fish oil dietary supplements contain saturated fats and oxidized lipids that may interfere with their intended biological benefits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 483(1), 425-429. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.12.127>
- Pandiangan, M. (2021). Penentuan komposisi asam lemak pada minyak ikan patin. *Jurnal Riset Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (RETIPA)*, 1(2), 76-82. <https://doi.org/10.54367/retipa.v1i2.1210>
- Pakiding, L. M., Sumarni, N. K., & Musafira. (2014). Aktivasi arang tempurung kelapa dengan ZnCl₂ dan aplikasinya dalam pengolahan minyak jelantah. *Jurnal of Natural Science*, 3(1), 47-54.
- Pazos, M., Gallardo, J. M., Torres, J. L., & Medina I. (2005). Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish oil lipids and frozen fish muscle. *Food Chemistry*, 92, 547-557.
- Raharjo, S. (2008). Protecting the oxidation damage on oil for frying with antioxidants. *Foodreview Indonesia*, 3(4), 20-22.
- Rubio-rodríguez, N., Diego, S. M. De, Beltrán, S., Jaime, I., Sanz, M. T., & Rovira, J. (2012). Supercritical fluid extraction of fish oil from fish by-products: A comparison with other extraction methods. *Journal of Food Engineering*, 109, 238-248. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.011>
- Song, G., Dai, Z., Shen, Q., Peng, X., & Zhang, M. (2018). Analysis of the changes in volatile compound and fatty acid profiles of fish oil in chemical refining process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(2), 1-8. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700219>
- Suseno, S. H., Nurjanah, Jacob, A. M., & Saraswati. (2014). Purification of *Sardinella* sp., oil: Centrifugation and bentonite adsorbent. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 6(1), 60-67.
- Suseno, S. H., Fitriana, N., Jacob, A. M.,

- & Saraswati. (2015). Optimization of sardine oil neutralization process from fish meal industry by-product. *Oriental Journal of Chemistry*, 31(4), 2507–2514. <https://doi.org/10.13005/ojc/310487>
- Suseno, S. H., Jacob, A. M., Yocinta, H. P., & Kamini. (2018). Kualitas minyak ikan komersial (softgel) impor di wilayah Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 556–564.
- Suseno, S. H., B. I., AM, J., Nurjanah, Kamini, Sadida S, & Izaki AF. (2019, October 3-5). Response surface methodology for optimization of degumming process using NaCl solution at tuna oil purification. [Conference session]. 6th International Conference On Sustainable Agriculture and Environment (ICSAE-6), Konya, Turkey.
- Yulianto, A., Heri Suseno, S. H., & Nugraha, R. (2022). Etil ester minyak ikan tuna sebagai bahan penyediaan suplemen omega-3 menggunakan perlakuan NaOH dan suhu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(2), 294-306. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i2.40547>

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1 Crude tuna oil
- Figure 2 Yield of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Figure 3 Free fatty acid of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Figure 4 Peroxide numbers of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Figure 5 Number of p-anisidine of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Figure 6 Total oxidation of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Figure 7 Clarity of crude tuna oil; superscript letters (a,b,c) on different treatment factors showed different significant results ($p < 0.05$)
- Table 1 NaOH concentrations with varying degrees of baume (Hodgum, 1995)
- Table 2 Characteristics of crude tuna oil
- Table 3 Fatty acid profile of crude tuna oil
- Table 4 Heavy metal residues of crude tuna oil