

PROFIL ASAM LEMAK MINYAK DARI JEROAN IKAN NILA DAN MAS DENGAN RASIO PELARUT YANG BERBEDA

Sugeng Heri Suseno*, Rizfi Fariz Pari, Bustami Ibrahim,
Rizki Tri Kurnia Ramadhan, Desi Listiana, Farah Nurjannah, As Syaffa Amalia Adha
Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB University
Jalan Agatis, Lingkar Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia 16680

Diterima: 26 Januari 2023/Disetujui: 26 Juni 2023

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

Cara sitasi (APA Style 7th): Suseno, H. S., Pari, R. F., Ibrahim, B., Ramadhan, R. T. K., Listiana, D., Nurjannah, F., & Adha, A. S. A. (2023). Profil asam lemak minyak dari jeroan ikan nila dan mas dengan rasio pelarut yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(3), 460-475. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.45781>

Abstrak

Jeroan ikan nila dan mas dapat dimanfaatkan menjadi minyak ikan dengan metode ekstraksi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio pelarut aseton dan minyak ikan terhadap parameter oksidasi, bilangan iod, dan profil asam lemak minyak jeroan ikan nila dan mas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rancangan acak lengkap (RAL) dengan taraf perlakuan rasio pelarut aseton dan minyak 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, dan 7:1(v/v). Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi proksimat, asam lemak bebas, bilangan asam, bilangan peroksida, p-anisidin, total oksidasi, bilangan iodin, dan profil asam lemak. Nilai omega-3 pada ikan nila 1,20% dan ikan mas 1,53%. Perlakuan terbaik dengan rasio pelarut dan minyak adalah 5:1 (v/v) yang ditentukan oleh hasil uji bilangan iod tertinggi. Peningkatan nilai omega-3 minyak ikan nila sebesar 1,76% dan pada ikan mas sebesar 0,78% masing-masing menjadi 2,96% dan 2,31%. Kata kunci: asam eikosapentanoat, asam dokosaheksanoat, aseton

Fatty Acid Profiles of Fish Oil from Tilapia and Carp with Different Solvent Ratio

Abstract

Extraction of fish oil from the viscera of tilapia and carp can be achieved using an appropriate extraction process. The purpose of this study was to determine the proportion of acetone and fish oil solvents in relation to the oxidation parameters, iodine number, and concentration profile of omega-3 fatty acids present in tilapia and goldfish oil concentrates. This study utilized a completely randomized design, in which the treatment ratios of acetone and oil solvent were varied as 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, and 7:1 (v/v). The following parameters were examined: the chemical composition, free amino acids, acid value, peroxide value, p-anisidine, total oxidation, iodine value, and fatty acid profile. The omega-3 levels in tilapia and carp viscera were 1.20% and 1.53%, respectively. An Iodine Number Test was employed to identify the most effective solvent treatment, revealing a 5:1 (v/v) ratio as the optimal solution. The increase in the value of omega-3 in tilapia oil amounted to 1.76%, whereas that in carp oil increased from 0.78% to 2.96%, resulting in an average increase of 2.31%.

Keyword: acetone, docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid

PENDAHULUAN

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan jenis ikan air tawar yang umum dikonsumsi di Indonesia. Data Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia menunjukkan produksi ikan nila tahun 2020 mencapai 1.235.514 ton dan mengalami peningkatan pada 2021 menjadi 1.491.553 ton. Produksi ikan mas mencapai 514.643 ton dan mengalami peningkatan pada 2021 menjadi 698.371 ton (Kementerian Kelautan dan Perikanan [KKP], 2021). Ikan nila dan mas memiliki ketersediaan bahan baku yang terus mengalami peningkatan sepanjang tahun dan pemanfaatan hasil sampingnya belum optimal untuk pangan. Rizkon (2020) melaporkan bahwa kadar lemak jeroan ikan nila 14,91% (bk), kandungan asam eikosapentanoat (EPA) 0,16%, dan asam dokosaheksanoat (DHA) 0,31%. Zamaro-Sillero *et al.* (2017) menyatakan bahwa kadar lemak jeroan, kepala, kulit, dan tulang ikan mas 13,73% dan Pandiangan *et al.* (2019) juga melaporkan bahwa minyak ikan mas mengandung EPA 0,69% dan DHA 1,21%. Peningkatan nilai hasil samping ikan nila dan mas dapat digunakan sebagai bahan baku minyak ikan standar pangan.

Minyak ikan mengandung berbagai macam asam lemak yang baik untuk kesehatan terutama asam lemak omega-3 EPA dan DHA (El-Mowafy *et al.*, 2022). Manfaat omega-3 untuk kesehatan, yaitu perkembangan janin dan otak bayi, imunostimulan, dan perkembangan indra penglihatan pada bayi dan balita (Nurasmi *et al.*, 2018). EPA dan DHA dapat digunakan untuk mencegah penyakit kardiovaskular, meningkatkan kesehatan mata serta fungsi kognitif (Li *et al.*, 2021). Nettleton (1995) menyatakan bahwa minyak ikan dalam bentuk asam lemak bebas memiliki daya serap paling tinggi dibandingkan dengan trigliserida dan metil atau etil ester, akan tetapi sangat mudah teroksidasi. Minyak ikan dalam bentuk metil atau etil ester mempunyai kestabilan oksidasi yang lebih baik dibandingkan dengan asam lemak bebas dan trigliserida (Cho *et al.*, 1987). Konsentrat omega-3 dalam bentuk trigliserida dinilai lebih efektif karena lebih mudah diserap dibandingkan etil ester dan

lebih stabil dibandingkan asam lemak bebas (Shahidi, 2002).

Kelarutan lemak pada pelarut organik meningkat seiring dengan meningkatnya ketidakjenuhan (Chawla & deMan, 1990). Hartel (2001) menyebutkan beberapa faktor yang dapat memengaruhi kristalisasi di antaranya, yaitu suhu kristalisasi, laju pendinginan, agitasi atau kecepatan pengadukan, nisbah pelarut dan minyak, waktu kristalisasi, dan jenis pelarut. Asam lemak jenuh rantai panjang akan mengkristal pada suhu rendah dalam bentuk cair, sehingga meningkatkan rendemen asam lemak tak jenuh.

Hasil penelitian Fuadi (2015) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan asam lemak tak jenuh pada minyak ikan mackerel (*Scomber japonicus*) khususnya omega-3 dengan perlakuan rasio pelarut:minyak (5:1) (v/v) berturut-turut, yaitu pelarut isopropil alkohol 1,07 kali, pelarut n-heksana 1,13 kali, dan aseton 1,27 kali. Penelitian Shahidi & Wanasundara (1998) menunjukkan bahwa total PUFA omega-3 dengan perlakuan rasio pelarut aseton : minyak (5:1) (v/v) pada suhu -60 °C dan -70 °C meningkat hingga 56,7 dan 46,8%. Pelarut aseton digunakan dalam kristalisasi karena hasil akhir yang lebih optimal dibandingkan dengan pelarut lain. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rasio pelarut aseton dan minyak ikan terhadap parameter oksidasi, bilangan iod, dan profil asam lemak sebagai perlakuan awal sebelum membuat konsentrat omega-3.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dua tahap, yaitu tahap pertama ekstraksi minyak ikan dari jeroan ikan nila dan mas yang berasal dari Pasar Dramaga dan Pasar Bogor dan tahap kedua adalah pembuatan produk minyak ikan dan pelarut. Tahap ekstraksi minyak ikan dari jeroan ikan nila dan mas mengacu pada penelitian Yoshiara (2013), yaitu menggunakan suhu 70°C selama 35 menit dengan metode *wet rendering*. Tahap kedua mengacu pada penelitian Shahidi & Wanasundara (1998) dengan modifikasi perlakuan rasio pelarut aseton : minyak ikan, yaitu 3:1, 4:1, 5:1, 6:1,

dan 7:1 (v/v). Minyak ikan dicampurkan dengan aseton sesuai dengan perlakuan dan dilakukan pengadukan. Sampel disimpan pada suhu -80°C selama 24 jam dan fraksi cair yang terbentuk dievaporasi menggunakan *rotary evaporator* dengan suhu 30°C. Sampel dianalisis asam lemak bebas, bilangan asam, bilangan peroksida, *p*-anisidin, total oksidasi, dan bilangan iod. Minyak ikan hasil perlakuan terpilih yang memiliki bilangan iod tertinggi dilanjutkan dengan uji profil asam lemak untuk menentukan peningkatan kadar asam lemak omega-3.

Analisis Proksimat

Komposisi kimia jeroan ikan nila dan mas ditentukan dengan uji proksimat. Analisis yang dilakukan meliputi kandungan air (BSN, 2015), lemak (BSN, 2006), protein (BSN, 2006), dan abu (BSN, 2010).

Analisis Asam Lemak Bebas (FFA) (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2018)

Minyak ikan 2,5 g dimasukkan dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambah 25 mL alkohol 95%. Minyak dipanaskan dalam penangas air selama 10 menit sambil diaduk sampai keduanya tercampur, kemudian setelah dingin campuran tersebut ditetesi indikator PP (*phenolphthalein*) 2 mL dikocok dan dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga timbul warna merah muda yang tidak hilang dalam 10 detik. Persentase nilai asam lemak bebas dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\%FFA = \frac{A \times N \times M}{10 \times G} \times 100\%$$

Keterangan:

A=jumlah titrasi KOH (mL)

N=normalitas larutan KOH (0,1 N)

M=bobot molekul asam oleat (282,47 g/mol)

G=bobot sampel

Analisis Bilangan Asam (AV) (American Oil Chemists Society [AOCS], 1998)

Penentuan bilangan asam (AV) dilakukan dengan titrasi KOH terhadap sampel menggunakan prinsip jumlah KOH yang diperlukan (mg) untuk menetralkan 1 g minyak dengan perhitungan berikut:

$$\text{Nilai bilangan asam} = \frac{V \times N \times 56,1}{G}$$

Keterangan:

V =jumlah titrasi KOH (mL)

N =normalitas KOH (0,1 N)

56,1 =berat molekul KOH

Analisis Bilangan Peroksida (PV) (BSN, 2018)

Analisis bilangan peroksida (PV) menggunakan titrasi reduksi oksidasi (redoks) dengan prinsip, yaitu sampel bersifat oksidator dan kalium iodid (KI) jenuh sebagai reduktor. Reaksi akan menghasilkan iodin (I_2) kemudian dititrasi dengan larutan baku natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dengan indikator larutan amilum (kanji). Jumlah natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) yang digunakan sebagai titran setara dengan banyaknya sampel. Analisis bilangan peroksida (PV) dilakukan dengan penimbangan sampel 2-2,5 g. Sampel minyak ikan kemudian ditambahkan dengan 30 mL campuran larutan asam asetat glasial dan kloroform (3:2). Larutan ini kemudian ditambahkan dengan 0,5 mL larutan kalium iodid (KI) jenuh dan 30 mL akuades. Larutan kanji 0,5 mL ditambahkan sehingga larutan menjadi berwarna biru kehitaman. Larutan kemudian dititrasi menggunakan larutan titran $Na_2S_2O_3$ 0,01 N hingga tercapai titik ekuivalen, yaitu perubahan warna larutan menjadi kuning jernih. Perhitungan bilangan peroksida yaitu:

$$\text{Nilai bilangan peroksida} = \frac{A \times N \times 1.000}{\text{Bobot sampel (g)}}$$

Keterangan:

V=jumlah titrasi $Na_2S_2O_3$ (mL)

N=normalitas $Na_2S_2O_3$ (0,01 N)

Analisis Bilangan *p*-anisidin (AnV) (BSN, 2018)

Analisis bilangan *p*-anisidin (AnV) menggunakan larutan uji 1 dan larutan uji 2. Larutan uji 1 dibuat dengan melarutkan 1 g sampel pada 25 mL isooktan. Larutan 2 dibuat dengan menambahkan 1 mL larutan *p*-anisidin (2,5 g/L) pada 5 mL larutan uji 1. Larutan referensi 1 dan larutan referensi 2 selanjutnya dibuat sebagai larutan perbandingan. Larutan referensi 1 berupa larutan *trimethylpentane* dan larutan referensi 2 dibuat dengan cara menambahkan larutan

p-anisidin (2,5 g/L) ke dalam 5 mL larutan *trimethylpentane*. Larutan uji dikocok hingga larut dan dibungkus dengan foil aluminium. Larutan uji 1 kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada 350 nm dengan larutan referensi 1 sebagai larutan pembanding. Larutan uji 2 tepat 10 menit setelah larutan disiapkan, kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada 350 nm dengan larutan referensi 2 sebagai larutan pembanding. Perhitungan bilangan *p*-anisidin, yaitu:

$$\text{Nilai bilangan } p\text{-anisidin} = \frac{25 \times (1,2 \times A2) - A1}{M}$$

Keterangan:

A1=adsorben larutan uji 1

A2=adsorben larutan uji 2

M =massa sampel digunakan pada larutan uji 1

Analisis Total Oksidasi (BSN, 2018)

Nilai total oksidasi (TOTOX) dihitung dari bilangan peroksida dan bilangan *p*-anisidin. Nilai total oksidasi dengan rumus:

$$\text{Nilai total oksidasi} = 2 A + B$$

Keterangan:

A =peroksida

B =nilai bilangan *p*-anisidin

Analisis Bilangan Iod dengan Metode Wijs (Association of Official Analytical Chemist [AOAC], 2005)

Analisis bilangan iod dilakukan dengan cara memasukkan sampel ke dalam erlenmeyer sebanyak 0,5 g lalu ditambahkan 20 mL klorofom dan 25 mL pereaksi wijs kemudian ditutup. Selanjutnya sampel didiamkan selama 30 menit di ruang gelap sambil diaduk, ditambahkan 10 mL kalium iodid (KI) 15% dan erlenmeyer ditambahkan dengan 100 mL akuades. Titrasi dilakukan dengan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna berubah menjadi kuning muda, kemudian ditambahkan indikator kanji 1% dan titrasi lagi hingga warna biru tepat hilang. Analisis terhadap blanko dilakukan dengan cara yang sama, sampel diganti dengan akuades sebagai blanko. Perhitungan bilangan iod sebagai berikut:

$$\text{Nilai bilangan iod (\%)} = \frac{V_{\text{titran (blanko-contoh)}} \times N \times 12,69}{G}$$

Keterangan:

N=normalitas natrium tiosulfat (0,1 N

G=bobot sampel

Analisis Profil Asam Lemak (AOAC, 2012)

Minyak ikan 25 mg dimasukkan ke dalam tabung bertutup, ditambah 1 mL larutan NaOH dalam metanol lalu dipanaskan pada penangas air selama 20 menit sampai mendidih. Larutan 2 mL BF₃ 20% dan 5 mg/mL standar internal ditambahkan ke dalam campuran, dipanaskan selama 20 menit, didinginkan, ditambahkan 2 mL larutan NaCl jenuh dan 1 mL isooktan lalu dikocok. Lapisan isooktan yang terbentuk dipindahkan dengan bantuan pipet tetes ke dalam tabung berisi 0,1 g larutan Na₂SO₄ anhidrat dan dibiarkan selama 15 menit. Fase cair yang terbentuk dipisahkan, sedangkan fase minyak yang terbentuk diinjeksikan ke instrumen GC atau kromatografi gas 1 µL, yang sebelumnya sudah dilakukan penginjeksian 1 µL dengan campuran standar FAME (*Supelco 37 component FAME mix*). Waktu retensi dan puncak masing-masing komponen diukur lalu dibandingkan dengan waktu retensi standar untuk mendapatkan informasi mengenai jenis dan komponen-komponen dalam contoh. Perhitungan jumlah komponen dalam contoh sebagai berikut:

$$\text{Asam lemak (\%)} = \frac{\frac{A_x}{A_s} \times C \text{ standar} \times \frac{V \text{ contoh}}{100} \times 100\%}{\text{Bobot sampel (g)}}$$

Keterangan:

A_x=luas area sampel

A_s=luas area standar

C standar=konsentrasi standar

V contoh=volume contoh

Analisis Data

Data bilangan iod yang diperoleh dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas selanjutnya dianalisis menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan percobaan satu faktor, yaitu perbedaan rasio pelarut:minyak dengan lima taraf. Hasil analisis keragaman pada selang kepercayaan 95% menunjukkan pengaruh nyata, maka

dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengetahui pengaruh signifikan dari faktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Komposisi Kimia Jeroan Ikan Nila dan Mas

Komposisi kimia pada jeroan ikan nila dan mas dapat diketahui melalui analisis proksimat. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kadar lemak, air, abu, dan protein. Hasil analisis proksimat jeroan ikan nila dan mas dapat dilihat pada *Table 1*.

Table 1 Chemical composition of tilapia and carp viscera

Tabel 1 Analisis proksimat jeroan ikan nila dan mas

Parameters (% wb)	Nile tilapia	Carp
Lipid	19.82±0.01	5.25±0.15
Moisture	70.12±0.05	77.23±0.04
Ash	0.86±0.01	1.64±0.05
Protein	9.13±0.01	15.38±0.20

Kadar lemak pada jeroan (usus, gonad, hati, lambung, pankreas, kantung empedu, limpa, dan ginjal) ikan nila dan mas masing-masing diperoleh 19,82% dan 5,25%. Penelitian lain menunjukkan kadar lemak (bb) yang berbeda, yaitu jeroan ikan nila 14,91% (Rizkon, 2020) dan *by-product* ikan mas (jeroan, kepala, kulit, dan tulang) 13,73% (Zamaro-Sillero *et al.*, 2017). Kadar lemak pada suatu bahan dapat menentukan jumlah rendemen minyak ikan yang dihasilkan (Apituley *et al.*, 2020). Perbedaan kadar lemak ini diduga disebabkan oleh perbedaan umur panen dan laju metabolisme organisme (Jacoeb *et al.*, 2015). Penyimpanan lemak pada ikan bervariasi selama periode makanan dan reproduksi. Kandungan lemak pada ikan yang mengalami matang gonad banyak terkonsentrasi dibagian gonad (Castell *et al.*, 1972).

Kadar air (*Table 1*) pada jeroan ikan nila dan mas masing-masing diperoleh 70,12% dan 77,23%. Hasil analisis proksimat kadar abu (*Table 1*) pada jeroan ikan nila dan mas masing-masing diperoleh 0,86% dan 1,64%. Analisis kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral

dari bahan pangan. Unsur mineral juga dikenal sebagai zat anorganik atau kadar abu (Haris, 2008). Mineral pada ikan berperan untuk meningkatkan kerja syaraf dalam menyampaikan impuls, memperlancar osmoregulasi dan sebagai kofaktor dalam memperlancar kerja enzim dalam tubuh hewan air (Aslianti & Priyono, 2006).

Hasil analisis proksimat kadar protein (*Table 1*) pada jeroan ikan nila dan mas masing-masing diperoleh 9,13% dan 15,38%. Kadar protein pada ikan merupakan komposisi tertinggi setelah air. Tingginya kadar protein yang terdapat pada ikan dapat disebabkan oleh jumlah makanan yang dimakan dari golongan hewani seperti cacing, zooplankton, telur dan larva serangga, moluska, udang-udangan, serta ikan kecil yang diketahui mengandung protein. Protein berperan penting dalam struktur dan fungsi tubuh, seperti pertumbuhan dan reproduksi (Ramlah *et al.*, 2016). Perbedaan komposisi kimia pada ikan dapat dipengaruhi oleh jenis ikan, kebiasaan makan, kedewasaan, musim dan ketersediaan pakan (Nianda, 2008).

Nilai Asam Lemak Bebas (FFA) Minyak Ikan Nila dan Mas

Asam lemak bebas merupakan hasil dari proses hidrolisis, yaitu penguraian lemak atau trigliserida oleh molekul air yang dapat membentuk asam lemak bebas dan gliserol. Faktor-faktor yang mempercepat proses hidrolisis di antaranya, yaitu suhu tinggi, air, keasaman, dan katalis (enzim) (Insani, 2017). Nilai asam lemak bebas minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas perlakuan dapat dilihat pada *Figure 1*.

Analisis nilai asam lemak bebas menunjukkan perbedaan antara minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut. Nilai asam lemak bebas pada minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 1,46% dan 1,34%. Nilai asam lemak bebas minyak kasar ikan nila tidak berbeda jauh dari penelitian Rizkon (2020) yang memperoleh nilai 1,53%. Nilai asam lemak bebas minyak kasar ikan mas lebih tinggi dari penelitian Salih *et al.* (2021) 0,11%. Nilai asam lemak bebas pada minyak ikan nila dan mas dengan pelarut masing-masing berkisar 0,73-0,94% dan 0,66-

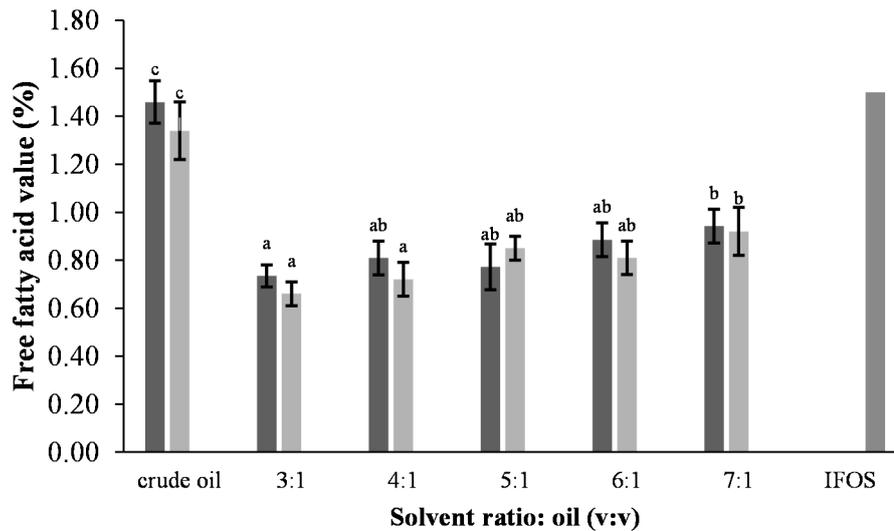


Figure 1 Free fatty acid value of crude oil and tilapia oil (■) and carp oil (□) with different solvent ratio; followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 1 Nilai asam lemak bebas minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (□); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

0,92%. Nilai ini telah memenuhi persyaratan *International Fish Oil Standard* (IFOS) (2014) yaitu $\leq 1,50\%$.

Asam lemak bebas merupakan asam lemak bebas tidak terikat sebagai trigliserida (Irawan *et al.*, 2013). Penurunan nilai asam lemak bebas minyak ikan pada perlakuan pelarut dan disimpan pada suhu -80°C disebabkan oleh terpisahnya kandungan omega-3 dalam bentuk trigliserida, asam lemak bebas, ester, dan bentuk asam lemak lainnya yang larut pada suhu dibawah 0°C dalam pelarut organik (Shahidi & Wanasundara, 1998). Menurut Fuadi (2015) metode kristalisasi suhu rendah tidak mengubah struktur minyak menjadi asam lemak bebas, namun masih dalam bentuk alamnya, yaitu trigliserida, sehingga menurunkan nilai asam lemak bebas pada konsentrat yang dihasilkan.

Bilangan Asam (AV) Minyak Ikan Nila dan Mas

Bilangan asam merupakan indikator banyaknya asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak ikan. Bilangan asam sangat berhubungan dengan nilai asam lemak bebas, sehingga sering digunakan untuk menentukan keberadaan nilai asam lemak bebas (Fuadi, 2015). Bilangan asam minyak kasar dan

minyak ikan nila dan mas dengan perbedaan rasio pelarut dapat dilihat pada *Figure 2*.

Bilangan asam pada minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 0,46 mg KOH/g dan 0,43 mg KOH/g. Bilangan asam minyak ikan nila dan mas dengan pelarut masing-masing berkisar 0,36-0,47 mg KOH/g dan 0,34-0,46 mg KOH/g. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan *International Fish Oil Standard* (IFOS) (2014), yaitu ≤ 3 mg KOH/g, yang menunjukkan bahwa minyak ikan dengan pelarut yang dihasilkan memiliki mutu yang baik. Bilangan asam yang tinggi berbanding lurus dengan nilai asam lemak bebas dalam minyak ikan (Khoirunnisa *et al.*, 2019). Perhitungan bilangan asam menggunakan jumlah KOH yang digunakan sebagai titrasi analisis asam lemak bebas untuk menetralkan 1 g minyak, sehingga hasil analisis nilai asam memiliki pola yang sama dengan nilai asam lemak bebas.

Bilangan Peroksida (PV) Minyak Ikan Nila dan Mas

Bilangan peroksida dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan minyak. Bilangan peroksida menunjukkan tingkat oksidasi yang baru terjadi sebagai produk oksidasi primer (Fuadi, 2015). Bilangan peroksida minyak kasar dan minyak ikan

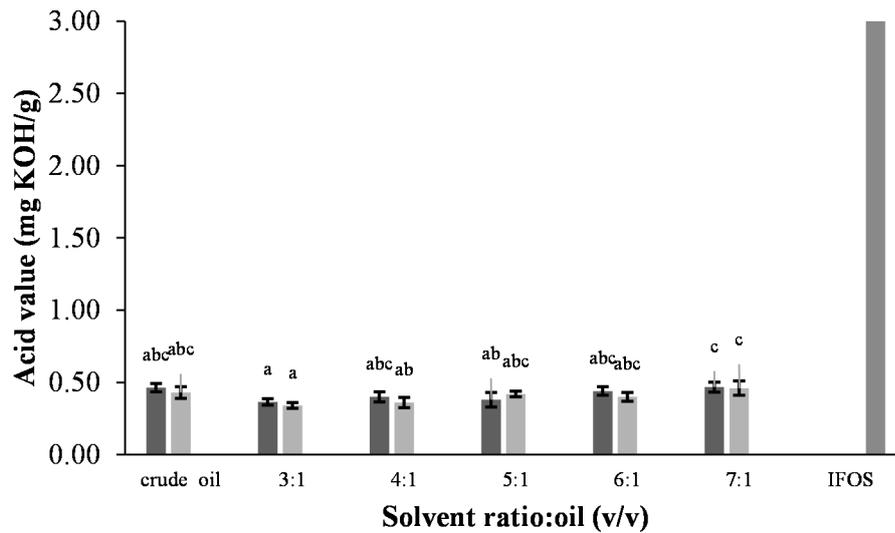


Figure 2 Acid value of crude oil and tilapia oil (■) and carp fish (□); followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 2 Nilai bilangan asam minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (□); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

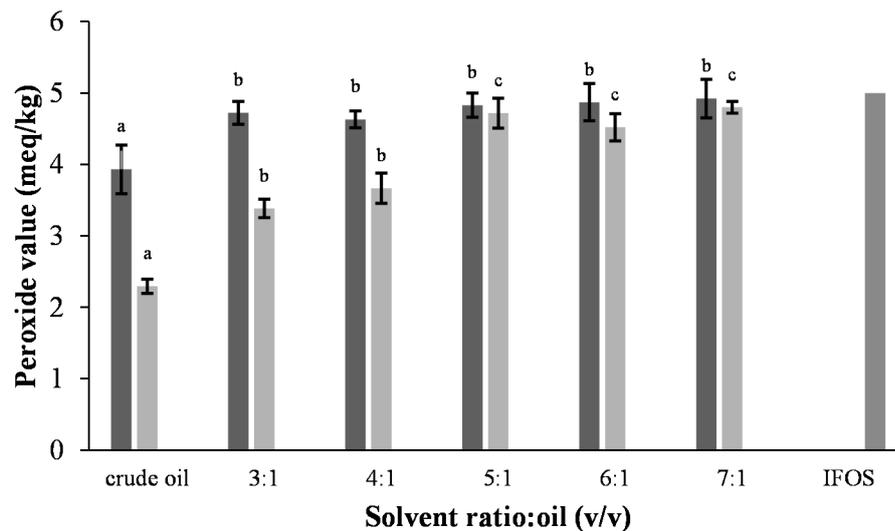


Figure 3 Peroxide value of crude oil and tilapia oil (■) and carp fish (□); followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 3 Nilai bilangan peroksida minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (□); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

nila dan mas dengan perbedaan rasio pelarut dapat dilihat pada *Figure 3*.

Hasil analisis bilangan peroksida menunjukkan perbedaan antara minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut. Bilangan peroksida minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 3,93 meq/kg dan 2,29 meq/kg. Bilangan peroksida minyak kasar ikan nila tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Li *et al.* (2018), yaitu 4,67 meq/kg.

Bilangan peroksida minyak kasar ikan mas lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Salih *et al.* (2021), yaitu 1,80 meq/kg. Bilangan peroksida minyak ikan nila dan mas dengan pelarut masing-masing berkisar 4,72-4,92 meq/kg dan 3,38-4,80 meq/kg.

Bilangan peroksida pada minyak ikan nila dan mas telah memenuhi persyaratan *International Fish Oil Standard (IFOS)* (2014), yaitu ≤ 5 meq/kg, yang menunjukkan minyak

ikan yang dihasilkan memiliki mutu yang baik. Peningkatan bilangan peroksida pada minyak ikan dengan pelarut diduga disebabkan oleh proses evaporasi pelarut aseton menggunakan suhu tinggi, yaitu 30 °C dengan waktu yang lama, yaitu selama ±6 jam. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempercepat terjadinya oksidasi pada minyak ikan, pada proses ini terjadi pembentukan senyawa hidroperoksida yang diukur sebagai bilangan peroksida (Fuadi, 2015).

Bilangan *p*-Anisidin (AnV) Minyak Ikan Nila dan Mas

Bilangan *p*-anisidin merupakan hasil pengukuran produk oksidasi sekunder yang dihasilkan dari proses dekomposisi hidroperoksida. Hidroperoksida yang sangat tidak stabil terpecah menjadi senyawa organik berantai pendek, yaitu aldehid, keton, alkohol, dan senyawa polimer lainnya (Fakhri, 2018). Bilangan *p*-anisidin minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan perbedaan rasio pelarut dapat dilihat pada *Figure 4*.

Bilangan *p*-anisidin minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 5,59 meq/kg dan 7,07 meq/kg. Bilangan *p*-anisidin minyak kasar ikan nila dan mas yang dihasilkan lebih tinggi dari penelitian Madani (2022) masing-masing 1,93 meq/kg dan 0,57 meq/kg. Bilangan *p*-anisidin minyak ikan nila dan

mas dengan pelarut masing-masing 7,61-8,60 meq/kg dan 9,04-11,54 meq/kg. Semua bilangan *p*-anisidin minyak ikan nila dan mas telah memenuhi persyaratan *International Fish Oil Standard* (IFOS) (2014), yaitu ≤20 meq/kg yang menunjukkan minyak ikan yang dihasilkan memiliki mutu yang baik. Senyawa golongan aldehid merupakan produk utama yang dihasilkan pada proses dekomposisi senyawa peroksida. Jumlah senyawa aldehid pada minyak ikan dapat dinyatakan dengan bilangan *p*-anisidin (Srimati, 2016). Peningkatan bilangan *p*-anisidin pada minyak ikan diduga dipengaruhi oleh penggunaan suhu tinggi dengan waktu yang lama pada proses evaporasi penghilangan pelarut.

Nilai Total Oksidasi (TOTOX) Minyak Ikan Nila dan Mas

Nilai total oksidasi merupakan penjumlahan dari bilangan peroksida dan bilangan *p*-anisidin. Semakin rendah nilai oksidasi primer dan sekunder, maka kualitas minyak semakin baik (Suseno *et al.*, 2018). Nilai total oksidasi minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut dapat dilihat pada *Figure 5*.

Nilai total oksidasi minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 13,46 meq/kg dan 11,66 meq/kg. Nilai total oksidasi pada minyak ikan kasar yang dihasilkan memiliki

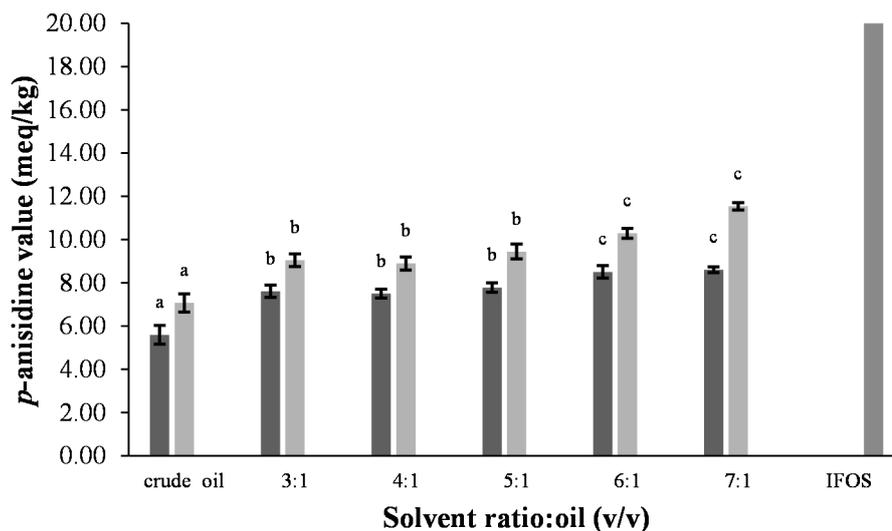


Figure 4 Anisidine value of crude oil and tilapia oil (■) and carp fish (▒); followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 4 Bilangan anisidin minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (▒); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

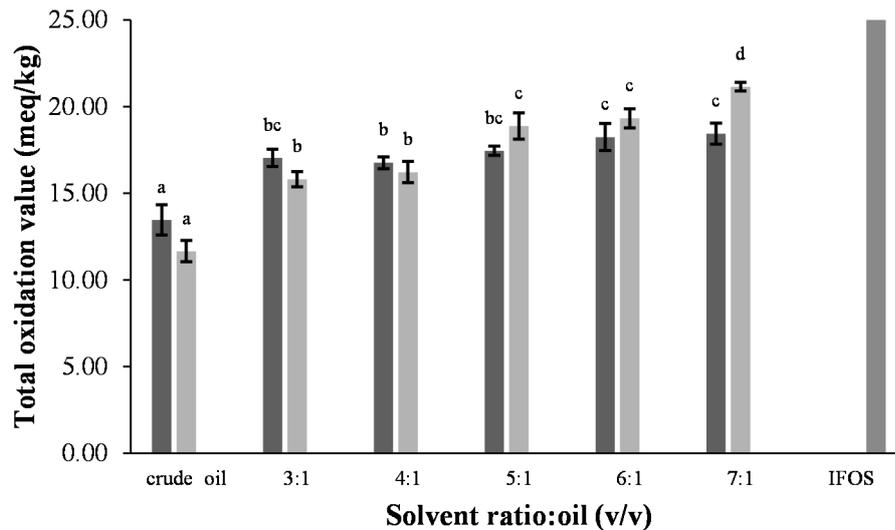


Figure 5 Total oxidation of crude oil and tilapia oil (■) and carp fish (■); followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 5 Total oksidasi minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (■); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

nilai lebih rendah dari penelitian Madani (2022), yaitu minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 27,53 meq/kg dan 25,37 meq/kg. Nilai total oksidasi minyak ikan nila dan mas dengan pelarut masing-masing berkisar 17,04-18,43 meq/kg dan 15,81-21,14 meq/kg. Nilai total oksidasi ini telah memenuhi persyaratan *International Fish Oil Standard* (IFOS) (2014), yaitu ≤ 26 meq/kg, yang menunjukkan minyak ikan dengan pelarut yang dihasilkan memiliki mutu yang baik. Nilai total oksidasi mengukur hasil oksidasi primer dan sekunder, yaitu hidroperoksida dan produk turunannya, sehingga memberikan perkiraan terbaik kualitas minyak ikan yang dihasilkan. Oksidasi pada minyak ikan dengan pelarut diduga disebabkan oleh penggunaan suhu yang tinggi, yaitu 30 °C dan waktu yang lama pada proses evaporasi atau penghilangan pelarut.

Bilangan Iod Minyak Ikan Nila dan Mas

Bilangan iod digunakan untuk mengetahui derajat ketidakjenuhan suatu minyak. Semakin tinggi bilangan iod, maka minyak tersebut memiliki tingkat ketidakjenuhan yang tinggi, hal ini menandakan bahwa minyak rentan oksidasi (Fuadi, 2015). Bilangan iod minyak kasar dan

minyak ikan nila dan mas dengan pelarut dapat dilihat pada *Figure 6*.

Bilangan iod minyak kasar ikan nila dan mas masing-masing 22,08% dan 21,40%. Bilangan iod minyak kasar ikan nila lebih rendah dari penelitian Oliveira *et al.* (2013), yaitu 72,35%. Bilangan iod minyak kasar ikan mas lebih tinggi dari penelitian Pandiangan *et al.* (2019), yaitu 16,44%. Bilangan iod pada minyak ikan nila dan mas dengan pelarut masing-masing berkisar 31,82-37,59% dan 27,81-41,06%. Hasil uji normalitas (Shapiro-Wilk) pada bilangan iod minyak ikan nila menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji statistik pada bilangan iod minyak ikan nila menunjukkan ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan perbedaan rasio pelarut:minyak terhadap minyak ikan nila berpengaruh terhadap bilangan iod minyak ikan nila dengan pelarut. Uji normalitas pada bilangan iod minyak ikan mas menunjukkan hasil uji berdistribusi normal. Hasil uji statistik pada bilangan iod minyak ikan mas menunjukkan ($p < 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan perbedaan rasio pelarut:minyak terhadap minyak ikan mas berpengaruh terhadap bilangan iod minyak ikan mas dengan pelarut yang dihasilkan.

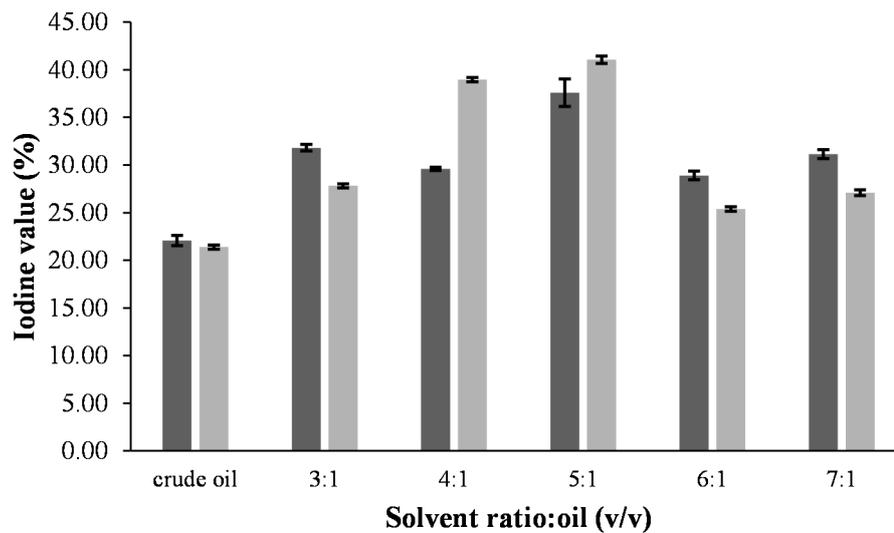


Figure 6 Iodine value of crude oil and tilapia oil (■) and carp fish (□); followed different letter showed statistically significant difference ($p < 0.05$)

Gambar 6 Bilangan iod minyak kasar serta minyak ikan nila (■) dan ikan mas (□); angka berbeda menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Perlakuan terpilih berdasarkan hasil analisis bilangan iod tertinggi, yaitu rasio pelarut dan minyak 5:1 (v/v). Bilangan iod menunjukkan tingkat ketidakjenuhan asam lemak pada minyak dan lemak. Semakin tinggi angka iod maka semakin tinggi asam lemak tak jenuh pada minyak atau lemak, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kualitas minyak ikan (Sinurat & Silaban, 2020). Minyak ikan perlakuan terpilih kemudian dilakukan analisis profil asam lemak untuk menentukan kadar asam lemak omega-3 yang dihasilkan.

Profil Asam Lemak

Profil asam lemak digunakan untuk menentukan jenis dan kadar asam lemak yang terkandung pada suatu bahan. Metode yang digunakan untuk menentukan profil asam lemak minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut, yaitu metode *gas chromatography*. Penentuan profil asam lemak dilakukan untuk menentukan kandungan asam lemak jenuh/*saturated fatty acid* (SFA), asam lemak tidak jenuh tunggal/*mono unsaturated fatty acid* (MUFA) dan asam lemak tidak jenuh ganda/*poly unsaturated fatty acid* (PUFA). Profil asam lemak minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut terbaik dapat dilihat pada *Table 2*.

Asam oleat merupakan asam lemak dominan pada minyak ikan nila dan mas. Asam oleat pada minyak kasar ikan nila 20,98%, mengalami peningkatan pada minyak ikan nila dengan pelarut, yaitu 21,73%. Asam oleat pada minyak kasar ikan mas 24,92%, mengalami peningkatan pada minyak ikan mas dengan pelarut, yaitu 28,68%. Asam oleat diidentifikasi sebagai asam lemak yang dominan pada ikan air tawar (Salimon & Rahman, 2008). Asam linoleat merupakan prekursor asam lemak omega-6, pada minyak kasar ikan nila 12,86% dan mengalami peningkatan pada minyak ikan nila dengan pelarut menjadi 17,09%. Asam linoleat pada minyak kasar ikan mas 23,31% dan mengalami penurunan pada minyak ikan mas dengan pelarut menjadi 15,12%. Kandungan EPA dan DHA pada minyak kasar ikan nila masing-masing 0,04% dan 0,46%, mengalami peningkatan pada minyak ikan dengan pelarut, yaitu masing-masing 0,48% dan 0,72%. Kandungan EPA dan DHA pada minyak kasar ikan mas masing-masing 0,03% dan 0,36%, mengalami peningkatan pada minyak ikan dengan pelarut, yaitu masing-masing 0,74% dan 0,58%. Ikan air tawar umumnya memiliki kadar PUFA yang tinggi, terutama asam linoleat dan asam linolenat (Ozogul *et al.*, 2007).

Table 2 Fatty acids profile of crude oil and tilapia oil and carp oil with different solvent ratio
Tabel 2 Profil asam lemak minyak kasar serta minyak ikan nila dan mas dengan perbedaan rasio pelarut

Fatty acid (%)	Crude oil of tilapia	Tilapia oil 5:1	Carp crude oil	Carp oil 5:1
Butyric acid (C4:0)	0.06	0.10	0.17	0.18
Caproic acid (C6:0)	-	-	-	-
Caprylic acid (C8:0)	-	0.03	-	-
Lauric acid (C12:0)	0.67	0.24	1.40	0.08
Tridecanoic acid (C13:0)	-	-	-	-
Myristic acid (C14:0)	1.69	1.68	1.24	2.34
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.11	0.13	0.09	0.10
Palmitic acid (C16:0)	13.68	11.32	11.59	12.64
Heptadecanoic acid (C17:0)	0.12	0.08	0.08	0.05
Stearic acid (C18:0)	2.94	1.73	1.87	2.29
Arachidic acid (C:20:0)	0.14	0.87	0.21	-
Heneicosanoic acid (C21:0)	-	0.09	-	-
Behenic acid (C22:0)	0.06	0.05	0.04	-
Tricosanoic acid (C23:0)	-	0.02	-	-
Lignoserinic acid (C24:0)	-	-	-	-
Total saturated fatty acids (SFA)	19.47	16.34	16.69	17.68
Myristoleic acid (C14:1)	0.07	0.10	0.03	0.04
Cis-10-pentadecanoic acid (C15:1)	-	-	-	-
Palmitoleic acid (C16:1)	2.56	4.28	1.16	1.05
Cis-10-heptadecanoic acid (C17:1)	0.09	0.03	0.10	0.08
Oleic acid (C18:1n9c)	20.98	21.73	24.92	28.68
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.17	0.32	0.16	-
Cis-11-eicosenoic acid (C20:1)	0.92	0.57	0.44	0.59
Erucic acid methyl ester (C22:1n9)	0.12	0.10	0.06	-
Nervonic acid (C24:1)	-	-	-	-
Total monounsaturated fatty acids (MUFA)	24.91	21.13	26.87	30.44
Linoleic acid (C18:2n6c)	12.86	17.09	23.31	15.12
Linolelaidic acid (C18:2n9t)	0.19	0.50	0.06	-
Linolenic acid (C18:3n3)	0.70	0.94	1.14	0.99
λ-linolenic acid (C18:3n6)	0.51	0.02	0.22	0.88
Cis-11,14-eicosadienoic acid (C20:2)	0.48	0.48	0.35	0.46
Cis-11,14,17-eicosatrienoic acid methyl ester (C20:3n3)	-	0.82	-	-
Acid, cis-8,11,14-eicosatrienoic (C20:3n6)	0.46	-	0.37	-
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.73	0.48	0.03	0.39
Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	0.04	0.48	0.03	0.74

Table 2 (continued) Fatty acids profile of crude oil and tilapia oil and carp oil with different solvent ratio

Tabel 2 (lanjutan) Profil asam lemak minyak kasar serta minyak ikan nila dan mas dengan perbedaan rasio pelarut

Fatty acid (%)	Crude oil of tilapia	Tilapia oil 5:1	Carp crude oil	Carp oil 5:1
Cis-13,16-docosadienoic acid (C22:2)	0.13	-	0.05	-
Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid (C22:6n3)	0.46	0.72	0.36	0.58
Total polyunsaturated fatty acids (PUFA)	16.56	21.05	26.32	19.16
Total fatty acids identified	60.93	64.53	69.88	67.29
Total MUFA dan PUFA	41.47	42.18	53.19	49.60
Proportion of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids	1:2.13	1:2.58	1:3.19	1:2.81
Total omega-3	1.20	2.96	1.53	2.31

Berdasarkan hasil analisis tersebut didapatkan beberapa jumlah asam lemak yang terdapat pada minyak ikan tidak dapat terdeteksi. Asam lemak yang tidak teridentifikasi disebabkan oleh keterbatasan standar yang digunakan dalam pengujian profil asam lemak (Susilawati *et al.*, 2015). Kandungan asam lemak sangat berpengaruh terhadap tingkat oksidasi pada minyak ikan. Asam lemak jenuh (SFA) adalah asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap pada atom karbon, sehingga asam lemak jenuh lebih stabil terhadap faktor penyebab oksidasi dan pembentukan radikal bebas (Sartika, 2008). Hal ini berbeda dengan asam lemak tidak jenuh (PUFA) yang memiliki ikatan rangkap ganda sehingga memiliki sifat yang sangat tidak stabil dan mudah teroksidasi (Memon *et al.*, 2010).

Kandungan asam lemak pada ikan air tawar dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti musim, suhu, jenis kelamin, jenis makanan, umur, spesies atau jenis ikan dan ukuran tubuh (Bagthasingh *et al.*, 2016). Hasil analisis profil asam lemak menunjukkan bahwa SFA dan MUFA masih teridentifikasi pada hasil minyak ikan dengan perlakuan pelarut dan disimpan pada suhu -80°C Kandungan SFA pada minyak hasil perlakuan metode tersebut diduga karena asam lemak yang dihasilkan dalam bentuk trigliserida. Kandungan asam lemak MUFA yang teridentifikasi diduga

disebabkan oleh perubahan suhu pada proses pemisahan fraksi cair dan fraksi padat yang dilakukan pada suhu ruang ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) dan tahap evaporasi fraksi cair pada suhu 30°C . Perubahan suhu pada proses ini menyebabkan beberapa asam lemak penyusun minyak ikan nila dan mas berada pada suhu diatas titik lelehnya. Titik leleh asam lemak oleat yang dominan pada MUFA, yaitu suhu 16°C (Kusnandar, 2010). Titik leleh trigliserida yang mengandung asam lemak omega-3 atau asam lemak tak jenuh ditentukan oleh posisi asam lemak omega-3 atau asam lemak tak jenuh pada atom C gliserol (*stereospecific number*) dan panjang rantai karbon (Stansby, 1982). Fuadi (2015) menunjukkan hasil yang serupa, yaitu minyak ikan makarel hasil perlakuan metode kristalisasi suhu rendah (-55°C) dengan rasio pelarut aseton:minyak 5:1 menghasilkan asam lemak teridentifikasi berupa SFA 16,35%, MUFA 22,54%, dan PUFA 44,35%.

Minyak ikan dengan pelarut yang dihasilkan menunjukkan kenaikan total MUFA dan PUFA dibandingkan dengan minyak ikan kasar. Peningkatan nilai omega-3 pada minyak ikan nila 1,76% dan pada ikan mas 0,78% masing-masing menjadi 2,96% dan 2,31%. Hal ini menunjukkan bahwa metode dengan pelarut aseton dapat meningkatkan ketidakjenuhan minyak ikan dan menurunkan tingkat kejenuhan minyak.

KESIMPULAN

Konsentrasi rasio pelarut dan minyak 5:1 (v/v) menjadi perlakuan terpilih yang menghasilkan bilangan iod tertinggi pada minyak ikan nila dan mas. Kadar asam lemak omega-3 pada minyak ikan nila dan minyak ikan mas perlakuan terpilih meningkat 1,76% dan 0,78% masing-masing menjadi 2,96% dan 2,31%. Parameter oksidasi minyak kasar dan minyak ikan nila dan mas dengan pelarut telah memenuhi persyaratan International Fish Oil Standards (IFOS).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB University, Program Pendanaan BRIN-LPDP Riset dan Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) Surat Keputusan Nomor: 18/IV/KS/06/2022 dan Nomor : 4830/IT3.L1/PT.01.03/P/B/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemist. (2005). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist.
- Association of Official Analytical Chemist. (2012). Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist.
- American Oil Chemists Society. (1998). Official Method Recommended Practices of the American Oil Chemist Society.
- Apituley, D. A. N., Sormin, R. D. B., & 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>.
- Aslianti, T., & Priyono, A. (2006). Biological performance of orange spotted grouper, *Epinephelus coioides* seed fed vitamin c and calcium fortified diet. *Indonesian Aquaculture Journal*, 1(1), 53-57. <http://dx.doi.org/10.15578/iaj.1.1.2006.53-57>.
- Bagthasingh, C., Aran, S. S., Vetri, V., Innocen, A., & Kannaiyan, S. K. (2016). Seasonal variation in the proximate composition of sardine (*Sardinella gibbosa*) from Thoothukudi Coast. *Indian Journal of Geo-Marine Science*, 45(6), 800-806.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). Cara uji kimia – bagian 3: penentuan kadar lemak total pada produk perikanan. SNI 01-2354.3-2006.
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). Cara uji kimia – bagian 4: penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan. SNI 01-2354.4-2006.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). Cara uji kimia – bagian 1: penentuan kadar abu dan abu tak larut dalam asam pada produk perikanan. SNI 2354.1:2010.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). Cara uji kimia – bagian 2: pengujian kadar air pada produk perikanan. SNI 2354.2-2015.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dengan Metode Titrasi Alkalimetri. SNI 8392.1-2018.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Penentuan Bilangan Peroksida pada Minyak Ikan dengan Metode Titrasi Iodometri. SNI 8392.2-2018.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Penentuan Bilangan p-anisidin. SNI 8392.3-2018.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). Minyak Ikan Murni (Refined Fish Oil)-Syarat Mutu dan Pengolahan. SNI 8467:2018.
- Castell, J. D., Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., & Wales, J. H. (1972). Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): physiological symptoms of EFA deficiency. *The Journal of Nutrition*, 102(1), 87-92. <https://doi.org/10.1093/jn/102.1.87>.
- Chawla, P., & deMan, J. M. (1990). Measurement of the size distribution of fat crystals using a laser particle counter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 329-332. <https://doi.org/10.1007/BF02539684>.
- Cho, S. Y., Miyashita, K., Miyazama, T., Fujimoto, K., & Kaneda, T. (1987). Autoxidation of ethyl eicosapentaenoic and docosahexaenoic. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 64(6),

- 876-879. <https://doi.org/10.1007/BF02641498>
- El-Mowafy, A. M., Abdel-Aziz, A. A., & Abdel-Dayem. M. A. (2022). Novel protection by omega-3 FAs (DHA or EPA) against carbamazepine's liver-injury: differential suppression of oxidative-stress and inflammatory markers, and the influence on carbamazepine-clearance. *Clinical Nutrition Open Science*, 42, 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2022.01.006>
- Fakhri, W. (2018). Stabilitas minyak ikan sardin (*Sardinella* sp.) dalam kapsul keras dengan kemasan botol berbagai warna. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Fuadi, I. (2015). Pemurnian alkali dan kristalisasi suhu rendah dari minyak ikan hasil samping pengalengan mackerel (*Scomber japonicus*). [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Haris, M. A. (2008). Pemanfaatan limbah tulang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai gelatin dan pengaruh lama penyimpanan pada suhu ruang. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Hartel, R. W. (2001). Crystallization in foods. A Wolters Kluwer Co.
- International Fish Oil Standard. (2014). Fish oil purity standards. www.Omegavia.com/best.
- Insani, S. A. (2017). Minyak ikan kaya omega-3 dan squalene: kombinasi minyak lemuru (*Sardinella* sp.) dan minyak hati cucut (*Centrophorus* sp.) serta uji kestabilannya. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Irawan, C., Awalia, T. N., & Sherly, U. W. P. H. (2013). Pengurangan kadar asam lemak bebas (free fatty acid) dan warna dari minyak goreng bekas dengan proses adsorpsi menggunakan campuran serabut kelapa dan sekam padi. *Jurnal Konversi*, 2(2), 29-33. <http://dx.doi.org/10.20527/k.v2i2.82>
- Jacob, A. M., Nurjanah, & Sitanggang, L. (2015). Proksimat dan asam lemak juvenil ikan mas (*Cyprinus carpio*) pada berbagai umur panen. *Jurnal Dinamika Maritim*, 5(1), 46-51.
- Khoirunnisa, Z., Wardana, A. S., & Rauf, R. (2019). Angka asam dan peroksida minyak jelantah dari penggorengan lele secara berulang. *Jurnal Kesehatan*, 12(2), 81-90.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. (2021). Laporan kinerja kementerian perikanan dan kelautan 2021. Kementerian Perikanan dan Kelautan Republik Indonesia.
- Kusnandar. (2010). Kimia pangan: komponen makro. PT Dian Rakyat.
- Li, J., Pora, B. L. R., Dong, K., & Hasjim, J. (2021). Health benefits of docosahexaenoic acid and its bioavailability: a review. *Journal of Food Science and Nutrition*, 9(9), 5229-5243. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2299>
- Li, X., Cao, J., Bai, X., & Zhang, F. (2018). Chemical composition and thermal properties of tilapia oil extracted by different methods. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1575-1585. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1503302>
- Madani, A. N. (2022). Ekstraksi minyak ikan dari jeroan ikan air tawar dan lemak perut ikan patin serta uji in vitro aktivitas imunostimulan. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Memon, N. N., Talpur, F. N., Sherazi, S. T. H., & Bhangar, M. I. (2010). Impact of refrigerated storage on quality of oil from freshwater jarko (*Wallago attu*) fish. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 11(2), 37-43.
- Nianda, T. (2008). Komposisi protein dan asam amino daging ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) pada berbagai umur panen. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Nurasmi, Sari, A. P., & Rusmiati. (2018). Analisis kandungan asam lemak omega 3, omega 6, dan omega 9 dari ikan lele (*Clarias* sp.) pada peningkatan nutrisi balita. *Journal of Borneo Holistic Health*, 1(1), 96-100. <https://doi.org/10.35334/borticalth.v1i1.425>
- Oliveira, L. E., Barboza, J. C. S., & Da Silva, M. L. C. P. (2013). Production of

- ethylic biodiesel from tilapia viscera oil. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1(11), 683-686. <https://doi.org/10.24084/repqj11.412>
- Ozogul, Y., Ozogul, F., & Alagoz, S. (2007). Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative. *Food Chemistry*, 103, 217-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009>
- Pandiangan, M., Kaban, J., Wirjosentono, B., & Silalahi, J. (2019). Analisis kandungan asam lemak omega 3 dan omega 6 pada minyak ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Talanta Conference Series: Tropical Medicine*, 2(1), 37-44. <https://doi.org/10.32734/st.v2i1.309>
- Ramlah, Soekendarsi, E., Hasyim, Z., & Hasan, M. S. (2016). Perbandingan kandungan gizi ikan nila *Oreochromis niloticus* asal Danau Mawang Kabupaten Giwa dan Danau Universitas Hasanuddin Kota Makassar. *Jurnal Biologi Makassar (BIOMA)*, 1(1), 39-46. <https://doi.org/10.20956/bioma.v1i1.1098>
- Rizkon, A. K. (2020). Ekstraksi minyak ikan hasil samping pengolahan patin (*Pangasius sp.*) dan nila (*Oreochromis sp.*) dengan metode dry rendering. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Salih, A. W., Najim, S. M., & Al-Noor, J. M. (2021). Some physical, chemical and sensory properties of fish oil extracted from fish wastes by physical and chemical methods. *Biological and Applied Environmental Research*, 5(1), 152-162. <http://dx.doi.org/10.51304/baer.2021.5.1.152>
- Salimon, J., & Rahman, N.A. (2008). Fatty acid composition of selected farmed and wild fresh water fishes. *Journal Sains Malaysiana*, 37(12), 149-153.
- Sartika, R. A. D. (2008). Pengaruh asam lemak jenuh, tidak jenuh dan asam lemak trans terhadap kesehatan. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 2(4), 154-160.
- Shahidi, F. (2002). Nutraceuticals and bioactives from seafood by-products, *Advances in Seafood By-products 2002 Conference Proceedings*, 247-263.
- Shahidi, F., & Wanasundara, U.N. (1998). Omega-3 fatty acid concentrates: nutritional aspects and production technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 230-240. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(98\)00044-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(98)00044-2)
- Sinurat, D. I., & Silaban, R. (2020). Analysis of the quality of used cooking oil used in frying chicken. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 4(1), 21-28. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v4i1.23091>
- Srimiati, M. (2016). Pengaruh pemberian minyak ikan lele (*Clarias gariepinus*) yang diperkaya omega-3 terhadap profil lipida lansia. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Stansby, M.E. (1982). Properties of fish oils and their application to handling of fish and to nutritional and industrial Use. In R.E. Martin (ed.). *Chemistry and Biochemistry of Marine Product*. AVI Publishing Co.
- 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.
- Susilawati, Murhadi, & Agustina. (2015). Ragam asam-asam lemak daging kambing dan sapi segar serta olahannya pada lokasi karkas yang berbeda [Conference session]. Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI, Lampung, Indonesia.
- Yoshiara. (2013). Penentuan suhu dan waktu pada ekstraksi wet rendering minyak ikan dari by-product ikan nila (*Oreochromis niloticus*). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Wanasundara, U. N., & Shahidi, F. (1999). Concentration of omega-3 polyunsaturated fatty acids of seal blubber oil by urea complexation: Optimatization of Reaction Condition. *Food Chemistry Journal*, 65(1), 41-49. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00153-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00153-8)

Zamaro-Sillero, J., Ramos, P., Monserrat, J. M., & Prentice, C. (2017). Evaluation of the antioxidant activity in vitro and in hippocampal HT-22 cells system of protein hydrolysates of common carp

(*Cyprinus carpio*) by-product. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(1), 21-34. <https://doi.org/10.1080/10498850.2017.1390027>