

PENYIMPANAN MINYAK IKAN TUNA (*Thunnus* sp.) DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN DALAM KEMASAN BOTOL KACA

*Tuna Fish Oil Storage (*Thunnus* sp.) with Added Antioxidants in Glass Bottles*

Nur Inda Annisa'ul Hanifah*, Sugeng Heri Suseno, Agoes Mardiono Jacob
Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Bogor, 16680 Jawa Barat, Indonesia
Email: nurindaannisa@gmail.com

Diserahkan tanggal 12 Juli 2022, Diterima tanggal 9 Mei 2023

ABSTRAK

Ikan Tuna merupakan jenis pelagis besar, industri pengolahan ikan tuna menghasilkan produk samping, salah satunya minyak ikan. Minyak ikan kaya akan PUFA (EPA dan DHA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil asam lemak, kandungan logam berat, kejernihan, dan nilai oksidasi minyak ikan tuna mentah, menentukan campuran minyak ikan tuna murni dengan penambahan nilai antioksidan dan mengetahui pengaruh pengemasan botol kaca selama penyimpanan. Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah karakterisasi minyak ikan tuna mentah dan pemurnian menggunakan metode degumming dan bleaching. Tahap kedua adalah penambahan antioksidan alfa-tokoferol (0,4%; 0,6%; 0,8%), minyak zaitun (5%, 15%, 25%, 35%, 45%), minyak dedak padi (5%, 15 %, 25%, 35%, 45%), kemudian diuji menggunakan metode real-time pada suhu kamar. Perlakuan terbaik pada minyak ikan tuna tahap kedua disimpan dalam berbagai botol kaca dengan metode *schaal oven test* selama 12 hari. Hasil kandungan asam lemak tertinggi pada minyak ikan tuna mentah, minyak zaitun, dan minyak dedak padi berturut-turut adalah DHA, asam oleat, dan asam oleat. Residu logam berat merkuri memenuhi standar SNI, tingkat kejernihan lebih dari 70%, dan nilai parameter oksidasi memenuhi standar IFOS. Perlakuan terbaik minyak ikan tuna murni selama penyimpanan menggunakan metode real-time pada suhu kamar yang memenuhi standar IFOS adalah campuran 0,6% α -tokoferol. Perlakuan terbaik minyak ikan dalam kemasan botol kaca dengan metode *schaal oven test* yang memenuhi standar IFOS adalah botol kaca warna coklat.

Kata kunci: α -tokoferol; Antioksidan; Minyak Ikan; Minyak Dedak Padi; Minyak Zaitun

ABSTRACT

*Tuna is a large pelagic species, tuna processing produces industrial by-products, one of which is fish oil. Fish oil is rich in PUFAs (EPA and DHA). This study aims to determine the fatty acid profile, heavy metal content, clarity, and oxidation value of raw tuna fish oil, determine the mixture of pure tuna fish oil with the addition of antioxidant value and determine the effect of glass bottle packaging during storage. This research is divided into two stages. The first stage is the characterization of raw tuna fish oil and purification using degumming and bleaching methods. The second step was the addition of the antioxidant alpha-tocopherol (0.4%; 0.6%; 0.8%), olive oil (5%, 15%, 25%, 35%, 45%), rice bran oil (5%, 15%, 25%, 35%, 45%), then tested using real-time method at room temperature. The best treatment in the second stage tuna fish oil stored in various glass bottles with the *Schaal oven test* method for 12 days. The results of the highest fatty acid content in raw tuna fish oil, olive oil, and rice bran oil were DHA, oleic acid, and oleic acid, respectively. Mercury heavy metal residues meet SNI standards, the clarity level is more than 70%, and the oxidation parameter values meet IFOS standards. The best treatment of pure tuna fish oil during storage using a real-time method at room temperature that meets IFOS standards is a mixture of 0.6% -tocopherol. The best treatment of fish oil in glass bottles using the *schaal oven test* method that meets IFOS standards is brown glass bottles.*

Keywords: α -tokoferol; Antioxidants; Fish Oil; Olive Oil; Rice Bran Oil

PENDAHULUAN

Ikan Tuna merupakan jenis pelagis besar yang umumnya diproses menjadi *fillet*, ikan beku dan produk kaleng sebagai komoditas ekspor. Pengolahan ikan tuna mengakibatkan adanya hasil samping industri, salah satunya berupa minyak ikan. Pemasakan dengan uap air panas pada pengalengan ikan tuna menghasilkan cairan hasil samping pengalengan, yang merupakan campuran dari fraksi minyak, fraksi air, dan padatan tersuspensi. (Estiasih 2009). Minyak ikan hasil samping pengalengan memiliki warna yang

cenderung gelap serta bau yang menyengat dan memiliki kualitas yang rendah, karena masih banyak terdapat pengotor asam lemak bebas, aldehida dan keton, sehingga perlu dimurnikan. Oleh karena itu, perlu adanya upaya pemanfaatan hasil samping pengalengan ikan tuna dari fraksi minyak untuk menambah nilai ekonominya.

Minyak ikan kaya akan PUFA (EPA dan DHA), sehingga mudah rusak akibat oksidasi jika disimpan dalam waktu yang lama. Permintaan minyak ikan yang semakin meningkat menjadi salah satu tantangan dan peluang bagi pelaku industri untuk memproduksi minyak ikan dengan

kualitas yang baik dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh dunia, sehingga harapannya dapat mengurangi impor minyak ikan di Indonesia. Volume impor minyak ikan pada tahun 2017 mencapai 10,056,744 kg sedangkan volume ekspor 338,932 kg (BPS, 2018), hal tersebut menunjukkan bahwa stok minyak ikan di Indonesia masih kurang.

Parameter oksidasi yang dipersyaratkan *International Fish Oil Standard* (2014) dan *Codex Alimentarius* (2017) meliputi nilai peroksida $\leq 5,00$ meq/kg, nilai anisidin ≤ 20 meq/kg, total oksidasi ≤ 26 meq/kg dan nilai asam lemak bebas $\leq 1,50$ %.

Vitamin E merupakan antioksidan larut lemak, yang digunakan untuk melindungi struktur lipid termasuk membran. Minyak zaitun mengandung zat gizi penting yang sama dengan yang terkandung dalam buah zaitun, yaitu lemak, kalsium, vitamin E, vitamin K dan beberapa unsur gizi penting lainnya, misal asam lemak esensial yang mencapai 55-85% (Orey 2008).

Stabilitas minyak ikan bisa ditingkatkan menggunakan antioksidan, baik yang sintetis ataupun yang alami. *Bulylated hydroxyanisole* (BHA), *Butylated hydroxytoluene* (BHT), *tert-Butylhydroquinone* (TBHQ) dapat meningkatkan stabilitas minyak ikan, namun di Indonesia sudah tidak boleh dipergunakan. Tokoferol merupakan alternatif untuk kepentingan tersebut dan pada konsentrasi 6000mg/g masih diperbolehkan Codex. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan profil asam lemak, kandungan logam berat, nilai kejernihan, nilai oksidasi minyak ikan tuna kasar, menentukan campuran minyak ikan tuna murni dengan penambahan antioksidan dan menentukan pengaruh warna kemasan botol kaca sebagai media penyimpanan terhadap tingkat kerusakan minyak ikan tuna dengan metode *Schaal oven test*.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak ikan hasil samping industri pengalengan tuna di Bali. Pemurnian menggunakan aquades, NaCl, NaOH, dan magnesol XL. Bahan-bahan untuk analisis yang digunakan adalah kalium hidroksida/KOH (*Merck*) 0.1 N, asam asetat glasial/ CH_3COOH (*Merck*), kloroform (*Merck*), larutan KI jenuh, aquades, natrium tiosulfat/ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (*Merck*) 0.1 N, iso-oktan (*Merck*), larutan p-anisidin (*Sigma aldrich*), indikator *phenolphthalein*, larutan pati, alkohol 95%, α -tokoferol, minyak zaitun, minyak dedak padi, larutan standar, natrium hidroksida (NaOH) 0,5 mL dalam methanol BF_3 20%, natrium klorida (NaCl) jenuh, natrium sulfat (Na_2SO_4) anhidrat, alfa tokoferol, minyak zaitun dan minyak dedak padi.

Peralatan yang digunakan untuk pemurnian minyak ikan adalah *magnetic stirrer*, *beaker glass* dan sentrifugasi. Peralatan yang digunakan untuk analisis adalah *erlenmeyer*, *beaker glass*, gelas ukur, pipet volumetrik, bulb, alat titrasi, tabung reaksi, sudip, kompor listrik, timbangan digital, buret, spektrofotometer UV-VIS, perangkat kromatografi gas-spektroskopi massa, dan viskometer.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah karakterisasi minyak ikan tuna kasar dan pemurnian dengan menggunakan metode *degumming* dan *bleaching*. Tahap kedua adalah penambahan antioksidan α -

tokoferol, minyak zaitun, minyak dedak padi pada minyak ikan selanjutnya uji stabilitasnya dengan metode *real time* pada suhu ruang. Hasil terbaik dilakukan uji stabilitasnya dalam botol kaca berbagai warna dengan metode *Schaal oven test*.

Penentuan Sifat dan Pemurnian Minyak Ikan Tuna Kasar

Penentuan kualitas minyak ikan tuna kasar melalui beberapa parameter. Pemurnian minyak kasar dilakukan untuk mendapatkan minyak ikan sesuai standard IFOS. Pemurnian menggunakan metode *degumming* (H_2O dan NaCl) dan *bleaching* (pemucatan) dengan penambahan Magnesol XL 5%. Setiap tahap pada kedua bagian tersebut dilakukan pada suhu 50°C.

Penambahan α -tokoferol, Minyak Zaitun dan Minyak Dedak Padi serta Uji Stabilitas Minyak Ikan

Minyak hasil pemurnian selanjutnya diberi minyak zaitun (5%, 15%, 25%, 35%, 45%) dan minyak *Oryzae* (5%, 15%, 25%, 35%, 45%), yang keduanya mengandung antioksidan alami, serta α -tokoferol (0,4%; 0,6%; 0,8%) guna penentuan formula terbaik. Campuran dihomogenkan selama 10 menit dan ditentukan stabilitasnya dengan mengukur parameter oksidasinya selama penyimpanan 12 hari pada suhu ruang. Minyak hasil terbaik disimpan dalam botol berwarna bening, hijau, coklat serta disimpan dalam oven selama 18 hari pada suhu 40°C dan setiap 3 hari diuji parameter oksidasinya

Prosedur Analisis

Prosedur analisis dalam penelitian ini diantaranya analisis profil asam lemak (AOAC 2005), asam lemak bebas (AOAC 2005), bilangan asam (AOCS 1998), bilangan peroksida (AOAC 2005), nilai anisidin (Watson 1994), total oksidasi (AOCS 1997), logam berat (BSN, 2009), viskositas dan stabilitas.

Analisis Data

Desain penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) *In time* satu faktor yaitu penambahan antioksidan dan pengamatan pada (3; 6; 9 dan 12 hari) sampai nilainya melebihi standar IFOS. Kemudian data dianalisis menggunakan ANOVA dan bila menunjukkan hasil signifikan atau berbeda nyata ($P < 0,05$), maka data diuji lanjut menggunakan uji Duncan pada taraf kepercayaan sebesar 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Minyak Ikan Tuna

Minyak ikan merupakan minyak hewani yang memiliki stabilitas rendah, disebabkan adanya kandungan asam lemak tidak jenuh sehingga mudah rusak atau mudah teroksidasi. Bahan baku penelitian ini adalah minyak kasar ikan tuna yang beraroma amis, dan berwarna coklat kehitaman. Kenampakan minyak ikan tuna kasar dapat dilihat pada Gambar 1. Warna coklat kehitaman ini dapat dipengaruhi oleh sisa jeroan dan kepala yang tercampur di dalam bak penampungan. Minyak kasar tuna memiliki warna coklat kehitaman dan berbau tengik. Warna gelap dapat disebabkan oleh minyak kasar yang masih mengandung banyak pengotor, yang berupa fosfatida dalam minyak dapat menyebabkan minyak berwarna coklat ketika dipanaskan (Estiasih 2009).

Karakteristik pada minyak ikan ditentukan dengan menganalisis profil asam lemak, parameter oksidasi primer

maupun sekunder, viskositas, densitas, dan uji kejernihan. Parameter oksidasi meliputi asam lemak bebas (FFA), nilai asam (AV), nilai peroksida (PV), nilai p-anisidin (p-AV), dan total oksidasi (totoks) menggunakan pembandingan *International Fish Oil Standard* (IFOS). Hasil karakterisasi minyak ikan tuna kasar dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Minyak Ikan Tuna Kasar

Besarnya nilai viskositas tergantung pada panjang rantai asam lemak, kejenuhan asam lemak dan suhu (Suparno *et al.* 2013). Besarnya viskositas minyak disebabkan oleh

kerapatan yang besar, sehingga akan memperbesar gesekan yang terjadi antara lapisan-lapisan minyak (Sutiah *et al.* 2008)

Kejernihan memiliki peran sangat penting untuk daya tarik konsumen dalam memilih minyak ikan. Tingkat kejernihan minyak ikan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 450 nm dengan satuan (%T). Minyak ikan kasar memiliki tingkat kejernihan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan minyak ikan murni, diduga karena masih adanya pengotor dan pigmen yang dimiliki oleh minyak ikan tersebut. Huang dan Sathivel (2010) melaporkan bahwa proses netralisasi dapat menghilangkan pigmen karotenoid dalam minyak.

Parameter asam lemak bebas, bilangan asam dan nilai anisidin memenuhi standar sedangkan nilai peroksida dan total oksidasi minyak ikan tuna kasar masih jauh dari standar IFOS 2014. Nilai asam lemak bebas lebih tinggi dari hasil penelitian yang dilaporkan oleh Sadida (2020) yang memperoleh asam lemak bebas 0.94%. Perbedaan nilai asam lemak bebas dapat terjadi karena pengaruh komposisi minyak, jenis ikan, dan kesegaran bahan baku. Angka peroksida yang semakin tinggi menunjukkan kualitas minyak ikan yang semakin rendah, tingginya nilai peroksida tersebut disebabkan oleh suhu tinggi saat pengolahan ikan tuna dan kualitas bahan baku. Gunawan *et al.* (2003) menyatakan bahwa minyak yang kontak langsung dengan udara dan suhu tinggi dapat mengakibatkan asam lemak tidak jenuh terurai. Rantai karbon dalam ikatan rangkap terputus sehingga asam lemak bebas dan bilangan peroksida bertambah.

Tabel 1. Karakteristik Minyak Ikan Tuna

Paramater	Minyak ikan tuna kasar	Minyak ikan tuna murni	IFOS (2014)
Asam lemak bebas (%)	1,40 ± 0,08	1,36 ± 0,08	≤ 1,5
Bilangan asam (mg KOH/g)	2,38 ± 0,13	2,32 ± 0,13	≤ 3
Nilai peroksida (meq/kg)	7,94 ± 1,34	2,81 ± 0,55	≤ 5
Nilai anisidin (meq/kg)	8,81 ± 2,45	4,32 ± 1,15	≤ 20
Total oksidasi (meq/kg)	24,68 ± 3,68	9,94 ± 0,95	≤ 26
Viskositas (cP)	89,77 ± 0,40	21,47 ± 0,06	
Kejernihan (%T)	28,33 ± 6,55	78,25 ± 1,13	

Tingginya nilai peroksida diduga karena minyak ikan terpapar dengan energi berupa panas, cahaya, komposisi asam lemak di dalamnya, oksigen, senyawa-senyawa minor yang tidak diinginkan, misalnya pigmen, logam, fosfolipid, asam lemak bebas, monogliserol, diasilgliserol, dan senyawa-senyawa yang teoksidasi secara termal dan antioksidan (Choe dan Min, 2006). Meningkatnya bilangan peroksida bisa juga disebabkan oleh lipid yang terbentuk secara enzimatis dan non enzimatis (Dari *et al.* 2017). Nilai p-anisidin merupakan nilai dari pengukuran produk oksidasi sekunder yang dihasilkan dari proses dekomposisi hidropersida sehingga menghasilkan aldehida, keton, asam, alkohol yang merupakan produk oksidasi sekunder (Panagan *et al.* 2012).

Residu Logam Berat Minyak Ikan Tuna Kasar

Kandungan logam berat timbal (Pb) tidak memenuhi standar IFOS, sehingga tidak aman untuk dikonsumsi dan perlu dilakukan proses *bleaching*. Residu logam berat pada ikan dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya adalah habitat.

Kandungan logam berat minyak kasar ikan tuna disajikan pada Table 2.

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Minyak Kasar Ikan Tuna

Logam Berat	Miyak ikan (ppm)	SNI (2009)	IFOS (2014)
Timbal (Pb)	≤ 0,5	1	≤ 0,1
Merkuri (Hg)	≤ 0,005	1	≤ 0,1

Tingginya kandungan logam berat timbal (Pb) pada minyak kasar ikan tuna dapat merugikan manusia jika terakumulasi dalam tubuh. Logam berat akan mengalami bioakumulasi dalam tubuh makhluk hidup sehingga kadarnya lebih tinggi dari lingkungannya dan sangat berpengaruh terhadap manusia yang mengkonsumsi karena logam berat dapat menyebabkan toksik dan keracunan akut maupun kronis (Effendi, 2003)

Profil Asam Lemak Minyak Ikan, Minyak Zaitun, dan Minyak Dedak Padi

Analisis profil asam lemak merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui kandungan asam lemak yang terkandung di dalam minyak ikan, minyak zaitun dan minyak dedak padi. Kandungan asam lemak dari ketiga minyak ini berbeda, baik itu asam lemak jenuh maupun tidak jenuh. Hasil pengujian profil asam lemak menunjukkan bahwa asam lemak yang lebih dominan pada minyak ikan yaitu asam DHA 27,12% sedangkan pada minyak zaitun lebih dominan asam oleat yakni 33,36% dan pada minyak dedak padi lebih dominan asam oleat yakni 60,48%. Loppies *et al.* (2021) memperoleh EPA dan DHA dari *Thunnus albacares* berturut-turut 0,73% dan 6,77%. Penelitian Ferdosh *et al.* (2014) terhadap kepala tuna menghasilkan minyak dengan EPA dan DHA masing-masing 1,6% dan 19,0%. Fuadi *et al.* (2014) menunjukkan ikan makarel mengandung DHA 19,22%. Peng *et al.* (2003) umumnya komposisi asam lemak pada minyak ikan laut lebih kompleks dibandingkan dengan air tawar.

RBO merupakan produk yang stabil karena konsentrasi antioksidan yang tinggi yaitu oryzanol, tokoferol dan tocotrienol yang secara alami ada dalam minyak. Secara

umum komposisi asam lemak tak jenuh tunggal asam oleat adalah yang paling melimpah dan berkisar antara 38%-48% (Latha dan Nasirullah, 2014).

Karakteristik Minyak Zaitun Dan Minyak Dedak Padi

Dedak padi merupakan produk sampingan dari penggilingan padi. Informasi dari IARBO (International Association of Rice Bran Oil). Dedak padi mengandung 3-8% kernel dan mengandung senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan termasuk lipid yang dapat dimakan (Dunford, 2019).

Asam lemak bebas minyak zaitun memenuhi standard yang ditentukan SNI. Kadar asam lemak bebas minyak zaitun 0,2077% (Ulfa *et al.* 2017) asam lemak bebas minyak zaitun sebesar 3,194% (Fitri dan Fitriana, 2019). Kadar asam lemak bebas minyak zaitun dalam penelitian ini adalah 0,65%, dan telah memenuhi persyaratan Badan Standarisasi Nasional sesuai dengan persyaratan minyak zaitun (SNI No. 01-4474-1998), yaitu maksimal 1,8%. Asam lemak bebas dihasilkan karena adanya hidrolisis lemak atau minyak oleh air dengan katalis enzim atau panas pada ikatan trigliserida.

Tabel 3. Profil Asam Lemak Minyak Ikan Tuna Kasar, Minyak Zaitun, Minyak Dedak Padi

Asam Lemak	MI	MZ	MDP
Asam laurat (C12:0)	0,03	-	-
Asam tridekanoat (C13:0)	0,03	-	-
Asam miristat (C14:0)	2,47	0,35	-
Asam pentadekanoat (C15:0)	0,68	-	-
Asam palmitat (C16:0)	15,17	0,16	-
Asam heptadekanoat (C17:0)	0,68	0,04	0,04
Asam stearate (C18:0)	4,52	1,72	2,33
Asam arakidat (C20:0)	0,28	0,65	0,29
Asam heneikosanoat (C21:0)	2,59	-	-
Asam behenat (C22:0)	0,14	0,2	0,07
Asam trikosanoat (C23:0)	0,05	-	-
Asam lignoserat (C24:0)	0,09	-	-
Total Saturated Fatty Acid (SFA)	26,67	3,12	2,73
Asam miristoleat (C14:1)	0,07	0,02	-
Asam cis-10-pentadecanoic (C15:1)	-	19,43	10,26
Asam palmitoleat (C16:1)	4,68	0,22	0,64
Asam cis-10- heptadekanoat (C17:1)	0,14	-	0,08
Asam elaidat (C18:1n-9t)	0,08	0,13	0,03
Asam oleat (C18:1n-9c)	14,93	33,36	60,48
Asam cis-11-eikosenoit (C20:1)	2,59	0,31	0,75
Asam erukat metil ester (C22:1n-9)	1,01	0,02	-
Asam nervonat (C24:1)	0,66	-	-
Total Mono Unsaturated Fatty Acid (MUFA)	24,16	53,49	72,24
Asam linoleat (C18:2n-6c)	1,05	26,53	5,14
Asam linolelaidit (C18:2n9t)	0,08	0,03	-
Asam linolenat (C18:3n-3)	0,47	0,83	-
Asam γ- linolenat (C18:3n-6)	0,07	0,02	-
Asam cis-11,14- eikosedioat (C20:2)	-	0,04	0,06
Asam cis-8,11,14- eikosantrienoat (C20:3n-6)	0,11	-	-
Asam arakidonat (C20:4n)	1,7	-	-
Asam cis-5,8,11,14,17- eikosapentaenoat (C20:5n-3)	11,01	0,68	0,05
Asam cis-13,16- dokosadinoat (C22:2)	0,05	-	-
Asam cis-4,7,10,13,16,19- dekosahexsaenoat (C22:6n-3)	27,12	-	-
Total Poli Unsaturated Fatty Acid (PUFA)	41,66	28,13	5,25
Total Asam lemak	92,49	84,74	80,22

Tabel 4. Karakteristik Minyak Zaitun dan Minyak Dedak Padi

Paramater	Minyak zaitun	Minyak dedak padi	Minyak zaitun (SNI)	Minyak dedak padi (Dunford, 2019)
<i>Free Fatty Acid Value</i> (FFA) (%)	0,65 ± 0,00	0,58 ± 0,09	≤ 1,8	0,014
<i>Acid Value</i> (AV) (mg KOH/g)	0,11 ± 0,00	0,10 ± 0,02	≤ 184 -196	-
<i>Peroxide Value</i> (PV) (meq/kg)	17,56 ± 2,56	2,17 ± 0,30	-	1,4
<i>Anisidine value</i> (AnV) (meq/kg)	1,18 ± 0,08	22,82 ± 1,33	-	37,63
<i>Total Oxidation</i> (Totox) (meq/kg)	36,30 ± 5,20	27,16 ± 1,92	-	40,43

Stabilitas Minyak Ikan Dengan Penambahan Alfa Tokoferol

Umur simpan produk merupakan faktor penting untuk penyampaian informasi kepada konsumen dalam bentuk *expired date*. Penyimpanan menyebabkan terjadinya hidrolisis trigliserida sehingga asam lemak terlepas dari ikatan gliserol. Nilai asam lemak bebas minyak ikan dengan penambahan alfa tokoferol menggunakan metode akselerasi *real time* disajikan pada Tabel 5. Perlakuan alfa tokoferol 0,6% memiliki nilai FFA terkecil setelah disimpan selama 3 hari, berbeda signifikan dg perlakuan kontrol, 0,4% dan 0,8%. Semua perlakuan menunjukkan kenaikan nilai FFA yg signifikan ($p<0.05$) selama penyimpanan hingga hari ke-12. Bilangan asam menunjukkan kenaikan yg signifikan ($p<0.05$) selama penyimpanan hingga hari ke-12 dan nilai bilangan asam sesuai standar yang diterapkan IFOS (2014). Perlakuan alfa tokoferol kontrol memiliki PV terkecil setelah disimpan selama 3 hari, berbeda signifikan dg perlakuan 0,4%, 0,6% dan 0,8%. Perlakuan menunjukkan kenaikan PV yg signifikan ($p<0.05$) selama penyimpanan hingga hari ke-12. Perlakuan alfa tokoferol 0,6% berbeda signifikan dg perlakuan kontrol, 0,4% dan 0,8% setelah dilakukan penyimpanan selama 3 hari. Semua perlakuan menunjukkan kenaikan nilai total oksidasi yg signifikan ($p<0.05$) selama penyimpanan hingga hari ke-12.

Suhu penyimpanan memiliki pengaruh penting terhadap stabilitas penyimpanan minyak ikan.

Penambahan tokoferol 0,01% tidak memiliki signifikansi untuk memperlambat autoksidasi minyak ikan dan minyak ikan dengan tokoferol 0,05% memiliki efek anti-oksidatif yang memiliki nilai peroksida sebesar 8meq/kg pada pengamatan hari ke-41 dan nilai anisidin sebesar 20,8 pada pengamatan hari ke-42 (Pak, 2005). Penambahan tocopherol dan ekstrak rosemary meningkatkan stabilitas oksidatif kapsul sirup glukosa selama penyimpanan 21 hari tocopherol, yang bersifat lipofilik lebih disukai terletak di tetesan minyak, yang tampaknya bermanfaat untuk mencegah oksidasi lipid dalam kapsul yang disemprot dengan listrik ketika dikombinasikan dengan antioksidan ekstrak rosemary (Hermund *et al*, 2019). Minyak ikan omega-3 yang dienkapsulasi dengan tokoferol dalam metode NLC (Nanostructured Lipidic Carriers) memiliki stabilitas oksidatif yang lebih baik dibandingkan tanpa penambahan tokoferol (Shahparast *et al*, 2019). Kurkumin dan tokoferol dapat melindungi minyak ikan dari oksidasi pada penyimpanan suhu 4°C (Huang *et al*, 2017). Campuran minyak hati ikan dan minyak labu yang diperkaya dengan tokoferol, karatenoid dan squalene mampu meningkatkan hampir 2 kali lipat stabilitas oksidatif (Ogrodowska *et al*, 2020).

Tabel 5. Nilai Parameter Oksidasi Minyak Ikan dengan Penambahan Alfa Tokoferol

Paramater	Alfa tokoferol	Waktu pengamatan (hari)			
		3	6	9	12
FFA (%)	Kontrol	1,18 ± 0,00 ^a	1,26 ± 0,00 ^b	TDU	TDU
	0,4 %	1,31 ± 0,00 ^c	1,31 ± 0,02 ^c	TDU	TDU
	0,6%	1,26 ± 0,00 ^b	1,26 ± 0,01 ^b	1,34 ± 0,00 ^d	1,34 ± 0,01 ^d
	0,8%	1,31 ± 0,00 ^c	1,30 ± 0,00 ^c	TDU	TDU
AV (mg KOH/g)	Kontrol	2,01 ± 0,01 ^a	2,16 ± 0,01 ^b	TDU	TDU
	0,4 %	2,24 ± 0,00 ^c	2,24 ± 0,03 ^c	TDU	TDU
	0,6%	2,16 ± 0,01 ^b	2,15 ± 0,01 ^b	2,30 ± 0,00 ^d	2,30 ± 0,02 ^d
	0,8%	2,23 ± 0,00 ^c	2,23 ± 0,01 ^c	TDU	TDU
PV (meq/kg)	Kontrol	3,84 ± 0,01 ^a	9,41 ± 0,02 ^g	TDU	TDU
	0,4 %	4,34 ± 0,01 ^b	10,71 ± 0,01 ^h	TDU	TDU
	0,6%	4,90 ± 0,02 ^c	8,46 ± 0,02 ^f	8,32 ± 0,01 ^e	13,38 ± 0,01 ^j
	0,8%	5,17 ± 0,02 ^d	11,37 ± 0,02 ⁱ	TDU	TDU
AnV (meq/kg)	Kontrol	8,73 ± 0,01 ^h	8,76 ± 0,03 ⁱ	TDU	TDU
	0,4 %	6,08 ± 0,02 ^b	7,02 ± 0,03 ^e	TDU	TDU
	0,6%	4,43 ± 0,02 ^a	7,61 ± 0,03 ^f	8,49 ± 0,03 ^g	11,45 ± 0,03 ^j
	0,8%	6,96 ± 0,02 ^d	6,80 ± 0,02 ^c	TDU	TDU
TOTOKS (meq/kg)	Kontrol	16,40 ± 0,02 ^c	27,57 ± 0,01 ^g	TDU	TDU
	0,4 %	14,77 ± 0,03 ^b	28,44 ± 0,04 ^h	TDU	TDU
	0,6%	14,22 ± 0,07 ^a	24,53 ± 0,05 ^e	25,13 ± 0,03 ^f	38,21 ± 0,04 ^j
	0,8%	17,31 ± 0,01 ^d	29,53 ± 0,04 ⁱ	TDU	TDU

Keterangan: TDU (Tidak Dilakukan Uji).; Data yang diikuti dengan tanda huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$)

Stabilitas Minyak Ikan dengan Penambahan Minyak Zaitun

Perlakuan perbedaan konsentrasi MZ terhadap nilai FFA memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MZ 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai FFA terendah sampai pengamatan hari ke-9. Perlakuan perbedaan konsentrasi MZ terhadap nilai asam memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MZ 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai asam terendah sampai pengamatan hari ke-9.

Perlakuan perbedaan konsentrasi MZ terhadap nilai peroksida memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MZ 15% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai peroksida terendah sampai pengamatan hari ke-9. Perlakuan perbedaan konsentrasi MZ

terhadap nilai anisidin memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MZ 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai anisidin terendah sampai pengamatan hari ke-9. Perlakuan perbedaan konsentrasi MZ terhadap nilai total oksidasi memberikan pengaruh yang berbeda tidak signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MZ 15% dan 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai anisidin terendah sampai pengamatan hari ke-9. Secara keseluruhan dari berbagai parameter konsentrasi MZ 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik. Nilai peroksida mikroenkapsulasi minyak ikan dengan penambahan rosemary 1500 ppm memiliki nilai 3,08 lebih rendah dibandingkan dengan penambahan BHT 250 ppm sebesar 4,25 (Yesilsu and Ozyurt, 2018).

Tabel 6. Nilai Parameter Oksidasi Minyak Ikan dengan Penambahan Minyak Zaitun

Paramater	Minyak zaitun	Waktu pengamatan (hari)			
		3	6	9	12
FFA (%)	5%	1,08 ± 0,00 ^a	3,41 ± 0,01 ⁿ	3,31 ± 0,01 ^m	TDU
	15%	1,30 ± 0,01 ^e	2,26 ± 0,01 ^h	3,09 ± 0,00 ^l	TDU
	25%	1,17 ± 0,00 ^c	2,45 ± 0,01 ⁱ	3,09 ± 0,01 ^l	TDU
	35%	1,13 ± 0,00 ^b	1,74 ± 0,01 ^g	2,75 ± 0,01 ^k	TDU
	45%	1,21 ± 0,01 ^d	1,71 ± 0,01 ^f	2,53 ± 0,01 ^j	TDU
AV (mg KOH/g)	5%	1,85 ± 0,01 ^a	5,82 ± 0,01 ⁿ	5,66 ± 0,02 ^m	TDU
	15%	2,22 ± 0,01 ^e	3,85 ± 0,01 ^h	5,28 ± 0,01 ^l	TDU
	25%	1,99 ± 0,01 ^c	4,18 ± 0,02 ⁱ	5,28 ± 0,01 ^l	TDU
	35%	1,92 ± 0,00 ^b	2,98 ± 0,01 ^g	4,69 ± 0,02 ^k	TDU
	45%	2,07 ± 0,01 ^d	2,92 ± 0,02 ^f	4,32 ± 0,02 ^j	TDU
PV (meq/kg)	5%	5,31 ± 0,01 ^a	6,60 ± 0,04 ^d	12,17 ± 0,00 ^l	TDU
	15%	7,05 ± 0,03 ^e	7,12 ± 0,01 ^f	11,90 ± 0,02 ^k	TDU
	25%	8,50 ± 0,05 ^h	9,19 ± 0,02 ^j	12,73 ± 0,05 ⁿ	TDU
	35%	5,85 ± 0,03 ^b	7,92 ± 0,03 ^g	12,68 ± 0,03 ⁿ	TDU
	45%	6,52 ± 0,03 ^c	8,71 ± 0,02 ⁱ	12,62 ± 0,03 ^m	TDU
AnV (meq/kg)	5%	6,83 ± 0,05 ^f	7,72 ± 0,03 ^j	7,76 ± 0,03 ^j	TDU
	15%	6,91 ± 0,02 ^g	7,14 ± 0,01 ^h	7,40 ± 0,05 ⁱ	TDU
	25%	5,30 ± 0,05 ^b	6,21 ± 0,04 ^d	6,37 ± 0,02 ^e	TDU
	35%	4,45 ± 0,03 ^a	6,04 ± 0,04 ^c	6,88 ± 0,04 ^{fg}	TDU
	45%	4,41 ± 0,03 ^a	6,01 ± 0,03 ^c	6,01 ± 0,03 ^c	TDU
TOTOKS (meq/kg)	5%	17,48 ± 0,08 ^b	20,92 ± 0,05 ^c	32,10 ± 0,02 ^k	TDU
	15%	21,01 ± 0,06 ^c	21,38 ± 0,02 ^d	31,20 ± 0,09 ⁱ	TDU
	25%	22,30 ± 0,06 ^f	24,59 ± 0,05 ^h	31,84 ± 0,09 ^j	TDU
	35%	16,15 ± 0,09 ^a	21,88 ± 0,07 ^e	32,34 ± 0,02 ^l	TDU
	45%	17,44 ± 0,06 ^b	23,43 ± 0,07 ^g	31,26 ± 0,10 ⁱ	TDU

Keterangan: TDU (Tidak Dilakukan Uji).; Data yang diikuti dengan tanda huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$)

Stabilitas Minyak Ikan dengan Penambahan Minyak Dedak Padi

Perlakuan perbedaan konsentrasi MDP pada parameter nilai FFA dan nilai asam memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MDP 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai FFA terendah sampai pengamatan hari ke-6. Perlakuan perbedaan konsentrasi MDP terhadap nilai peroksida memberikan

pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MDP 45% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai peroksida terendah sampai pengamatan hari ke-6. Perlakuan perbedaan konsentrasi MDP terhadap nilai anisidin memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MDP 5% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai anisidin terendah sampai pengamatan hari ke-12. Perlakuan perbedaan konsentrasi MDP terhadap nilai total

oksidasi memberikan pengaruh yang signifikan ($p < 0.05$) dan perlakuan konsentrasi MDP 5% dipilih sebagai perlakuan terbaik karena memiliki nilai anisidin terendah sampai pengamatan hari ke-6.

Jumlah senyawa volatil dan nilai peroksida menurun seiring meningkatnya rasio minyak dedak padi yang ditambahkan pada minyak ikan, kadar propanal, acrolein dan bilangan peroksida menurun ketika mencampur lebih dari 75% minyak dedak padi. Minyak dedak padi dapat meningkatkan stabilitas oksidatif dan rasa minyak ikan (Nakajima *et al*, 2017). Oryzanol adalah antioksidan alami dan senyawa nutraceutical, yang menjadikannya kandidat yang baik untuk nutraceutical, suplemen makanan dan sediaan farmasi. Nanoemulsi yang diperkaya oryzanol menggunakan minyak ikan dan trigliserida rantai menengah sebagai minyak pembawa (Zhong *et al*, 2017). Campuran minyak dedak padi dan minyak zaitun (70:30) adalah campuran paling stabil dalam hal parameter kimia (Choudhary *et al*, 2015).

Stabilitas Minyak Ikan dengan Kemasan Botol Kaca

Perlakuan botol coklat memiliki nilai FFA dan AV terendah setelah disimpan selama 9 hari, berbeda signifikan ($P < 0.05$) dengan botol warna hijau dan bening. Botol coklat

memiliki nilai PV dan anisidin terendah setelah disimpan selama 12 hari, berbeda signifikan ($P < 0.05$) dengan perlakuan botol warna hijau dan bening. Perlakuan botol coklat memiliki nilai total oksidasi berbeda signifikan ($P < 0.05$) dengan perlakuan botol warna hijau dan bening.

Minyak ikan rentan terhadap oksidasi dan akan mempengaruhi daya simpan minyak tersebut. Stabilitas minyak ikan dapat menentukan mutu dari minyak tersebut. Stabilitas minyak dipengaruhi oleh jenis minyak yang akan dimurnikan, perlakuan yang diterapkan dalam pemurnian, suhu penyimpanan, adanya penambahan antioksidan dan tipe pengemas (Mann 2015). Minyak yang terkena cahaya juga akan mengalami reaksi oksidasi yang disebut fotooksidasi. Fotooksidasi melibatkan cahaya, oksigen triplet, dan *sensitizer* (Choe dan Min 2006). Pemilihan kemasan botol kaca harus memperhatikan keamanan dari produk minyak yang akan disimpan, karena oksidasi dapat menyebabkan terurainya bahan kimia sehingga akan menurunkan kualitas produk. Proses oksidasi dalam botol kaca juga melibatkan panjang gelombang cahaya, yang diukur pada spektrum elektromagnetik.

Tabel 7. Nilai Parameter Oksidasi Minyak Ikan dengan Penambahan Minyak Dedak Padi

Paramater	Minyak dedak padi	Waktu pengamatan (hari)			
		3	6	9	12
FFA (%)	5%	$1,35 \pm 0,00^f$	$3,17 \pm 0,01^j$	$3,13 \pm 0,00^h$	$3,14 \pm 0,01^i$
	15%	$1,13 \pm 0,01^a$	TDU	TDU	TDU
	25%	$1,30 \pm 0,01^e$	$1,39 \pm 0,01^g$	TDU	TDU
	35%	$1,28 \pm 0,02^d$	TDU	TDU	TDU
	45%	$1,23 \pm 0,01^b$	$1,26 \pm 0,00^c$	TDU	TDU
AV (mg KOH/g)	5%	$2,30 \pm 0,00^f$	$5,41 \pm 0,02^j$	$5,34 \pm 0,00^h$	$5,36 \pm 0,01^i$
	15%	$1,93 \pm 0,01^a$	TDU	TDU	TDU
	25%	$2,23 \pm 0,02^e$	$2,37 \pm 0,01^g$	TDU	TDU
	35%	$2,18 \pm 0,03^d$	TDU	TDU	TDU
	45%	$2,10 \pm 0,02^b$	$2,15 \pm 0,00^c$	TDU	TDU
PV (meq/kg)	5%	$7,25 \pm 0,02^e$	$7,44 \pm 0,02^f$	$11,53 \pm 0,01^g$	$16,21 \pm 0,01^h$
	15%	$6,96 \pm 0,02^d$	TDU	TDU	TDU
	25%	$6,32 \pm 0,02^b$	$6,52 \pm 0,02^c$	TDU	TDU
	35%	$7,35 \pm 0,01^{ef}$	TDU	TDU	TDU
	45%	$6,07 \pm 0,01^a$	$6,47 \pm 0,01^{bc}$	TDU	TDU
AnV (meq/kg)	5%	$8,71 \pm 0,01^a$	$9,20 \pm 0,01^b$	$14,04 \pm 0,02^f$	$10,40 \pm 0,01^c$
	15%	$14,49 \pm 0,02^h$	TDU	TDU	TDU
	25%	$12,44 \pm 0,01^d$	$13,51 \pm 0,01^e$	TDU	TDU
	35%	$14,40 \pm 0,02^g$	TDU	TDU	TDU
	45%	$15,83 \pm 0,01^i$	$17,09 \pm 0,01^j$	TDU	TDU
TOTOKS (meq/kg)	5%	$23,42 \pm 0,06^a$	$24,08 \pm 0,03^b$	$37,09 \pm 0,01^i$	$42,83 \pm 0,04^j$
	15%	$28,42 \pm 0,04^f$	TDU	TDU	TDU
	25%	$25,08 \pm 0,06^c$	$26,55 \pm 0,05^d$	TDU	TDU
	35%	$29,10 \pm 0,05^g$	TDU	TDU	TDU
	45%	$27,97 \pm 0,01^e$	$30,03 \pm 0,01^h$	TDU	TDU

Keterangan: TDU (Tidak Dilakukan Uji); Data yang diikuti dengan tanda huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$)

Tabel 8. Nilai Parameter Oksidasi Minyak Ikan dengan Kemasan Botol Kaca

Paramater	Warna Botol	Waktu pengamatan (hari)			
		3	6	9	12
FFA (%)	Bening	1,30 ± 0,01 ^c	1,31 ± 0,00 ^c	1,35 ± 0,00 ^d	1,39 ± 0,00 ^e
	Coklat	1,05 ± 0,00 ^a	1,09 ± 0,00 ^b	1,31 ± 0,00 ^c	1,62 ± 0,00 ^g
	HIJau	1,31 ± 0,00 ^c	1,35 ± 0,00 ^d	1,39 ± 0,01 ^e	1,44 ± 0,00 ^f
AV (mg KOH/g)	Bening	2,23 ± 0,01 ^c	2,23 ± 0,00 ^{cd}	2,31 ± 0,00 ^e	2,37 ± 0,00 ^f
	Coklat	1,79 ± 0,00 ^a	1,86 ± 0,00 ^b	2,24 ± 0,00 ^d	2,76 ± 0,00 ^h
	HIJau	2,23 ± 0,00 ^{cd}	2,30 ± 0,00 ^e	2,37 ± 0,01 ^f	2,46 ± 0,00 ^g
PV (meq/kg)	Bening	3,46 ± 0,00 ^a	3,59 ± 0,00 ^b	5,06 ± 0,00 ^e	10,58 ± 0,00 ^h
	Coklat	3,45 ± 0,00 ^a	4,51 ± 0,00 ^d	8,60 ± 0,02 ^f	9,16 ± 0,02 ^g
	HIJau	3,45 ± 0,02 ^a	3,71 ± 0,00 ^c	11,79 ± 0,02 ⁱ	12,08 ± 0,01 ^j
AnV (meq/kg)	Bening	4,40 ± 0,01 ^b	7,73 ± 0,01 ^h	7,90 ± 0,01 ⁱ	12,79 ± 0,01 ^l
	Coklat	4,52 ± 0,00 ^c	6,60 ± 0,02 ^e	7,62 ± 0,00 ^g	12,45 ± 0,02 ^j
	HIJau	4,07 ± 0,01 ^a	5,61 ± 0,01 ^d	7,54 ± 0,01 ^f	12,72 ± 0,00 ^k
TOTOKS (meq/kg)	Bening	11,31 ± 0,00 ^b	14,90 ± 0,02 ^e	18,02 ± 0,00 ^g	33,95 ± 0,01 ^k
	Coklat	11,42 ± 0,01 ^c	15,62 ± 0,01 ^f	24,81 ± 0,03 ^h	30,78 ± 0,02 ⁱ
	HIJau	10,97 ± 0,04 ^a	13,04 ± 0,01 ^d	31,12 ± 0,05 ^j	36,87 ± 0,02 ^l

Keterangan: Data yang diikuti dengan tanda huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0.05)

Kejernihan

Uji kejernihan bertujuan untuk mengetahui adanya pengotor, semakin tinggi nilai kejernihan menunjukkan bahwa pengotor yang terdapat dalam minyak semakin sedikit, selain itu kejernihan juga bertujuan untuk menarik konsumen dalam pemilihan minyak ikan. Absorbansi yang semakin besar pada panjang gelombang mengindikasikan kejernihan minyak semakin rendah. Kejernihan juga dipengaruhi oleh zat terlarut di dalamnya, semakin banyak partikel yang terlarut maka gesekan antar partikel semakin tinggi. Nilai persen transmittan yang tinggi artinya ukuran globul semakin kecil (Abdassah, 2017).

Tabel 9. Nilai Kejernihan

Perlakuan	Konsentrasi	Kejernihan
Minyak Ikan		78,25 ± 1,13
Tokoferol	0,4	83,47 ± 1,73
	0,6	80,88 ± 1,28
	0,8	81,15 ± 0,69
	5%	82,07 ± 0,20
Rice Bran Oil	15%	80,85 ± 0,22
	25%	81,37 ± 4,29
	35%	84,05 ± 0,68
	45%	83,60 ± 1,36
Olive Oil	5%	82,23 ± 2,98
	15%	79,23 ± 1,87
	25%	81,05 ± 1,75
	35%	80,27 ± 0,76
	45%	80,95 ± 1,03

Tingkat kejernihan minyak ikan tuna murni setelah ditambah α -tokoferol, minyak zaitun dan minyak dedak padi lebih baik dibandingkan minyak ikan tuna murni tanpa penambahan, hal ini diduga terjadi karena masih terdapatnya produk degradasi minyak dan sisa-sisa bahan yang masih tertinggal di dalam minyak sehingga mempengaruhi tingkat kejernihan..

KESIMPULAN

Kandungan asam lemak tertinggi pada minyak ikan tuna kasar, minyak zaitun dan minyak dedak padi secara berurutan adalah DHA, asam oleat dan asam oleat. Residu logam berat merkuri memenuhi standar IFOS sedangkan timbal belum, tingkat kejernihan lebih dari 70% dan nilai parameter oksidasi memenuhi standar IFOS. Perlakuan terbaik minyak ikan tuna murni selama penyimpanan dengan metode *realtime* suhu ruang yang memenuhi standar IFOS adalah campuran α -tokoferol 0,6%. Perlakuan terbaik minyak ikan dalam kemasan botol kaca dengan metode *schaal oven test* yang memenuhi standar IFOS adalah botol kaca warna coklat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Program Kemendikbudristek Penelitian terapan kompotitif nasional dengan Judul Peningkatan Kualitas Minyak Ikan Tuna dalam Negeri Sebagai Sumber DHA (*dokosaheksanoat acid*) untuk Memenuhi Kebutuhan Minyak Ikan Nasional. Pada nomor 1/AMD/E1.KP.PTNBH/2020 tertanggal 11 Mei 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2018. Indonesian Fisheries Productivity. Jakarta (ID).
- [Codex] Codex Alimentarius Commission. 2017. Reports of the 25th session of the codex committee on fats and oils. Malaysia 2017.
- [IFOS] *International Fish Oil Standard*. 2014. *Fish Oil Purity Standards*.
- Abdassah M. (2017). Nanopartikel dengan Gelasi Ionik. *Farmaka*, 15(1), 51.
- Choe E, Min DB. 2006. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5: 169-186.
- Choudhary M, Grover K, Kaur G. 2015. Development of rice bran oil blends for quality improvement. *Food Chemistry*. 173: 770-777.
- Dari DW, Astawan M, Wulandari N, Suseno SH. 2017. Karakteristik minyak ikan sardine (*Sardinella* sp.) hasil pemurnian bertingkat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(3):456-467.
- Dunford NT. 2019. *Rice Bran Oil (Chemistry of Rice Bran Oil)*. India (IDN): AOCS Press.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius
- Estiasih T. 2009. *Minyak Ikan, Teknologi dan Penerapannya untuk Pangan dan Kesehatan*. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Ferdosh S, Sarker ZI, Norulaini N, Oliveira A, Yunus K, Chowdury AJ, Akanda J, Omar M. 2014. Quality of tuna fish oils extracted from processing the by-products of three species neritic tuna using supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Processing and Preservation*. 39(4): 432-441.
- Fitri AS, Fitriana YAN. 2019. Analisis Angka Asam Minyak Goreng dan Minyak Zaitun. *SAINTEKS*. 16(2): 115-119.
- Fuadi I, Suseno SH, Ibrahim B. 2014. Characterization of fish oil from mackerel (*Scomber japonicus*) canning by product. *Asian Journal of Agriculture and Food Science*. 2(3): 2321-1571.
- Gunawan, Triatmo MMA, Rahayu A. 2003. Analisis pangan: penentuan angka peroksida dan asam lemak bebas pada minyak kedelai dengan variasi menggoreng. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*. 6(3): 13-16.
- Hermund D, Jacobsen C, Chronakis IS, Pelayo A, Yu S, Busolo M, Lagaron JM, Jonsdottir R, Kristinsson HG, Akoh CC, Moreno PJG. 2019. Stabilization of Fish Oil Loaded Electrosprayed Capsules with Seaweed and Commercial Natural Antioxidants: Effect on the Oxidative Stability of Capsule Enriched Mayonnaise. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 121(1800396): 1-10.
- Huang J, Sathivel S. 2010. Purifying salmon oil using adsorption, neutralization and combined neutralization and adsorption process. *Journal of Food Engineering*. 96(1): 51-58.
- Huang Q, Chen J, Liu C, Wang C, Shen C, Chen Y, Li Q. 2017. Curcumin and its two analogues improve oxidative stability of fish oil under long-term storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 119(10):1-26.
- Latha RB, Nasirullah DR. 2014. Physico-chemical changes in rice bran oil during heating at frying temperature. *Journal Food Science Technology*. 51(2): 335-340.
- Loppies CRM, Apituley DAN, Sormin RBD, Setha B, Hiariej J. 2021. Profil asam lemak tuna (*Thunnus albacares*) loin dengan penyempotan *filtered smoke* selama penyimpanan beku. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*. 24(1):60-69.
- Mann, Dominic CM. 2015. *Shelf Life Second Edition*. New York (US): John Wiley and Sons, Ltd.
- Nakajima S, Takai M, Hayashi C, Tsuno T, Endo Y. 2017. Autoxidation of Fish Oil Blended with Rice Bran Oil. *Journal of Oleo Science*. 66(6):573-577.
- Ogrodowska D, Laaksonen O, Tanska M, Konopka I, Linderborg KM. 2020. Pumpkin Oil Addition and Encapsulation Process as Methods to improve oxidative stability of fish oil. *Food Science and Technology*. 124: 1-9.
- Orey C. 2008. *Khasiat Minyak Zaitun*. Jakarta (ID): Hikmah PT Mizan Publika.
- Pak CS. 2005. Stability and Quality of Fish Oil During Typical Domestic Application. *Fisheries Training Programme*. Korea.
- Panagan AT, Yohandini H, Wulandari M. 2012. Analisis kualitatif dan kuantitatif asam lemak tak jenuh omega-3, omega-6 dan karakterisasi minyak ikan patin (*Pangasius pangasius*). *Jurnal Penelitian Sains*. 15(3C): 102-106.
- Shahparast Y, Eskandani M, Rajaeni A, Khosroushahi AY. 2019. Preparation, Physicochemical Characterization and Oxidative Stability of Omega-3 Fish Oil/ α -Tocopherol-co-Loaded Nanostructured Lipidic Carriers. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*. 9(3): 393-400.
- Suparno O, Kartika IA, Muslich. 2013. Sains dan Teknologi Proses Produksi Minyak/Lemak dan Kulit Samoa (*Chamois leather*). Bogor (ID): IPB Press.
- Sutiah, Firdausi KS, Budi WS. Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Berkala Fisika*. 11(2): 53-58.
- Ulfa AM, Retnaningsih A, Aufa R. 2017. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Kelapa, Minyak Kelapa Sawit dan Minyak Zaitun Kemasan Secara Alkalimetri. *Jurnal Analis Farmasi*. 2(4): 242-250.
- Yesilsu AF, Ozyurt G. 2018. Stability of Microencapsulated Fish Oil with Rosemary, Thyme and Laurel Extracts: A Kinetic Assessment. *Journal of Food Engineering*. 240:171-182.

- Zhong J, Liu X, Wang Y, Qin X, Li Z. 2017. γ -Oryzanol nanoemulsions produced by a low-energy emulsification method: an evaluation of process parameters and physicochemical stability. *Food & Function*. 6(8): 2202-2211