

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL, KADMIUM DAN MERKURI PADA MINYAK IKAN YANG DIPASARKAN DI WILAYAH SULAWESI TENGGARA

ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT OF LEAD, CADMIUM AND MERCURY ON FISH OIL MARKETED IN THE SOUTHEAST SULAWESI REGION

La Ode Huli^{1)*}, Laode Muhamad Hazairin Nadia¹⁾, Waode Nilda Arifiana Effendy¹⁾, Abdul Sarifin²⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari

²⁾Jurusan Agrobisnis Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Kendari

Corresponding author^{*}): laodehuli5@gmail.com (Telp. 082377933171)

Cara sitasi: Huli LO, Nadia LMH, Effendy WNA, Sarifin A. 2022. Kandungan Logam Berat Timbal, Kadmium dan Merkuri pada Minyak Ikan yang Dipasarkan di Wilayah Sulawesi Tenggara. *Jurnal Fish Protech*. 5(2): 82-87

ABSTRACT

Heavy metals lead (Pb), cadmium (Cd) and mercury (Hg) are metals that have very high toxicity. The purpose of this study was to determine the content of heavy metals Pb, Cd and Hg on fish oil marketed in the Southeast Sulawesi region. The research method used was descriptive by using a sampling technique (*Purposive sampling*). There were 3 samples of fish oil obtained from three different markets in the Southeast Sulawesi region namely market 1 (M1), market 2 (M2) and market 3 (M3) which will be analyzed for their heavy metal content using an Atomic Absorption Spectrophotometer instrument (AAS). The results showed that the highest heavy metal content was found in the fish oil sample M2 with lead (Pb) value 0.0012 mg/l and cadmium (Cd) value 0.0018 mg/l and the lowest was found in sample M1 containing lead and cadmium (Pb and Cd) 0.0011 mg/l while heavy metal mercury (Hg) in M1, M2 and M3 was not found. The content of heavy metals in M1, M2 and M3 still below the threshold were allowed by SNI and BPOM for food and processed food.

Keywords: *Heavy metal, Lead, Cadmium, Mercury, Fish oil*

ABSTRAK

Logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) merupakan logam yang memiliki toksisitas yang sangat tinggi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan menggunakan teknik pengambilan sampel (*Purposive sampling*). Ada 3 sampel minyak ikan yang diperoleh dari tiga pasar berbeda di wilayah Sulawesi Tenggara yaitu pasar 1 (M1), pasar 2 (M2), dan pasar 3 (M3) yang akan dianalisa kandungan logam beratnya dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat tertinggi di temukan pada sampel minyak ikan M2 yaitu timbal (Pb) sebesar 0,0012 mg/l dan kadmium (Cd) sebesar 0,0018 mg/l dan terendah ditemukan pada sampel M1 mengandung timbal dan kadmium (Pb dan Cd) sebesar 0,0011 mg/l sedangkan logam berat merkuri (Hg) baik pada M1, M2 dan M3 tidak ditemukan. Kandungan logam berat pada M1, M2 dan M3 masih berada dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh SNI untuk pangan dan BPOM dalam pangan olahan.

Kata Kunci: *Logam Berat, Timbal, Kadmium, Merkuri, Minyak Ikan*

PENDAHULUAN

Ikan merupakan komoditi perikanan penghasil omega 3 dalam bentuk minyak ikan. Minyak ikan merupakan komponen lemak yang terdapat dalam jaringan tubuh ikan yang telah diekstraksi menjadi minyak (Estiasih 2009). Minyak yang diekstraksi menghasilkan asam lemak tak jenuh *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) yang merupakan zat penting untuk menjaga kesehatan dan tumbuh kembang manusia karena memiliki banyak ikatan rangkap terutama asam *eikosapentaenoat* (EPA) dan asam *dokosaheksaenoat* (DHA). Kebutuhan minyak ikan dunia meningkat dari waktu ke waktu untuk berbagai keperluan, yaitu untuk konsumsi manusia atau edible (14%), industri (5%), dan akuakultur (81%) (Pike 2005). Adanya permintaan minyak ikan untuk keperluan industri pangan dan farmaseutikal disebabkan oleh masyarakat yang sudah memiliki kesadaran akan pentingnya konsumsi minyak ikan yang kaya asam lemak omega-3 (Hjaltason *et al.* 2006). Penggunaan minyak ikan dunia dari tahun 2005 hingga 2011 didominasi oleh pemanfaatannya di bidang akuakultur dan juga konsumsi manusia (Suseno 2018).

Permintaan akan minyak ikan semakin meningkat sehingga menjadi tantangan produsen untuk memproduksi minyak ikan yang berkualitas (Suseno 2018). Pengujian kualitas minyak ikan ditentukan oleh beberapa parameter, selain pengujian parameter oksidasi juga pengujian kandungan logam berat. Karena parameter oksidasi dan kandungan logam berat menentukan standar kualitas minyak ikan yang dihasilkan sehingga aman untuk dikonsumsi. Minyak ikan yang baik harus memenuhi standar (Huli 2014) terutama kandungan logam berat tidak boleh melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pangan dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia dalam pangan olahan

Banyak minyak ikan yang ada saat ini dijumpai dipasaran khususnya di wilayah Sulawesi Tenggara, hal tersebut karena produk minyak ikan memiliki fungsi farmakologi sehingga masyarakat mulai tertarik untuk konsumsi minyak ikan baik sebagai suplemen maupun sebagai obat. Minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara, ada yang

di pasarkan secara tradisional, dan ada minyak ikan yang dipasarkan di pasar modern baik itu ditempat terbuka maupun ditempat yang tertutup sehingga patut diduga mengandung logam berat sehingga perlu dilakukan pengujian logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) demi keamanan konsumen karena logam tersebut merupakan logam yang memiliki toksisitas yang sangat tinggi yang dihasilkan oleh limbah industri. Salah satunya adalah industri minyak lepas pantai yang menghasilkan lumpur minyak (*oil sludge*) yang merupakan sisa minyak yang masuk ke saluran pembuangan dimana *oil sludge* tersebut mengandung logam berat yang tersusun atas arsen, barium, boron, kromium, kadmium, merkuri, timbal, dan zinkun (Wulandari, 2008) sehingga sangat dimungkinkan ikan yang menjadi bahan baku produksi minyak ikan terkontaminasi logam berat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak ikan. Alat yang digunakan adalah Polarizad Zeeman Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) Shimadzu untuk menguji kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg).

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan menggunakan teknik pengambilan sampel (*Purposive sampling*). Penelitian dilakukan secara acak dengan pengambilan 3 sampel minyak ikan dari 3 pasar yang berbeda di wilayah Sulawesi Tenggara yaitu minyak ikan yang dipasarkan di pasar 1 (M1), minyak ikan yang dipasarkan di pasar 2 (M2) dan minyak ikan yang dipasarkan di pasar 3 (M3).

Analisis yang dilakukan adalah uji kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) berdasarkan BSN (2009). Sampel dianalisis sesuai dengan pengujian logam berat (Cd, Pb, Hg,) pada analisis air (APHA 3110 untuk logam

Cd dan Pb; dan metode 3112 untuk Hg). Filtrat dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Analisis AAS dilakukan dengan pembuatan kurva standar.

Pertama-tama mengatur alat AAS untuk pengujian setiap logam kemudian diukur larutan tiap standar logam berdasarkan panjang gelombang masing-masing jenis logam yaitu Cd (228,8 nm), Pb (217,0 nm), dan Hg (253,7 nm). Pembuatan kurva standar dilakukan dari data serapan yang masuk melalui pipa kapiler lalu menentukan persamaan garis lurus nya. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kandungan logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd) dan merkuri (Hg) minyak ikan tercantum dalam table 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Logam Berat Minyak Ikan yang dipasarkan di Wilayah Sulawesi Tenggara.

Parameter uji	Hasil uji			SNI-2009
	M1	M2	M3	
Timbal (Pb)	0,0011	0,0012	0,0010	0,1 mg/kg
Cadmium (Cd)	0,0011	0,0018	0,0013	0,1 mg/kg
Merkuri (Hg)	<0,001	<0,001	<0,001	0,5 mg/kg

Ket:

M1 = Minyak ikan yang dipasarkan di pasar 1

M2 = Minyak ikan yang dipasarkan di pasar 2

M3 = Minyak ikan yang dipasarkan di pasar 3

Data pada tabel di atas menunjukkan bahwa logam timbal (Pb) tertinggi terdapat pada M2 dan terendah terdapat pada M3. Logam cadmium (Cd) tertinggi terdapat pada M2 dan terendah terdapat pada M1 sedangkan pada logam berat merkuri (Hg) tidak ditemukan baik pada M1, M2 maupun M3.

Logam berat merupakan logam yang dapat menimbulkan efek buruk pada makhluk hidup karena akumulasi logam dalam tubuh dapat bersifat sebagai racun yang akan merusak organ syaraf (Huli 2014). Keberadaan logam berat di dalam tubuh organisme perairan menurut Rompas (2010) sebagian besar masuk melalui rantai makanan dan dapat juga masuk melalui jaringan biota, seperti insang dan kulit (Notoatmodjo, 2005). Biota air yang ada di perairan yang tercemar logam berat dapat mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya (Soselisa 2019). Rai *et al.* (1981) dalam

Soselisa (2019) menyatakan bahwa tingginya akumulasi logam berat dalam tubuh hewan atau tumbuhan air disebabkan kandungan logam berat dalam perairan juga semakin tinggi.

Kadar logam dalam tubuh makhluk hidup lebih besar dari lingkungan perairan karena logam mengalami bioakumulasi dalam tubuh (Effendi 2003). Namun disisi lain logam juga dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang kecil. Sebagian dari logam berat bersifat esensial bagi organisme air untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, antara lain dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada biota (Darmono 1995).

Timbal

Analisis terhadap kadar logam berat timbal (Pb) pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa kadar logam berat timbal minyak ikan tertinggi terdapat pada M2 sebesar 0,0012 mg/l dan terendah terdapat pada M3 sebesar 0,0010 mg/l. Hasil penelitian ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nasution (2021) bahwa kadar cemaran logam timbal (Pb) pada ekstrak minyak ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) sebesar 0 mg/kg. Yulianto (2022) juga menemukan bahwa cemaran logam berat terhadap minyak ikan tuna berada dalam batas aman atau memenuhi persyaratan BSN (2009) yaitu dibawah $\leq 0,05$ ppm.

Data pada tabel 1 diatas mengindikasikan bahwa minyak ikan yang beredar dipasaran di wilayah Sulawesi Tenggara baik minyak ikan yang di pasarkan secara tradisional, minyak ikan yang dipasarkan secara modern ditempat terbuka maupun minyak ikan yang dipasarkan ditempat tertutup mengandung logam berat. Hal ini dimungkinkan mengingat banyaknya industri minyak lepas pantai yang menghasilkan limbah dalam bentuk lumpur minyak (*Oil sludge*) dimana didalamnya mengandung logam berat yang salah satunya adalah timbal (Pb), akan tetapi nilai kadar logam berat timbal pada minyak ikan yang diuji baik di pasar 1 (M1), pasar 2 (M2) maupun di pasar 3 (M3) masih memenuhi persyaratan standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009 untuk pangan maupun Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2018 tentang batas

maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan yaitu batas maksimum cemaran logam berat timbal (Pb) pada lemak, minyak dan emulsi minyak sebesar 0,1 mg/kg.

Timbal memiliki nomor atom 82 yang merupakan logam yang sangat beracun terutama terhadap anak-anak (BSN 2009). Timbal tidak berbau dan berasa. Timbal dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa timbal. Berdasarkan penelitian Budiharjo (2007) bahwa berbagai kegiatan produksi dari perusahaan minyak menghasilkan limbah minyak dalam bentuk lumpur (Sivaperumal 2007). Jenis limbah yang dihasilkan dari industri minyak lepas pantai adalah oil sludge.

Timbal dapat berasal dari industri minyak lepas pantai yang menghasilkan *oil sludge* yang merupakan sisa minyak yang masuk ke saluran pembuangan (Hananingtyas 2017). Komposisi logam berat limbah *oil sludge* tersusun atas arsen, barium, boron, kromium, kadmium, merkuri, timbal, dan zaikon (Wulandari, 2008).

Berdasarkan pernyataan dari *Food and Agricultural Organization / World Health Organization* (FAO / WHO) bahwa toleransi asupan perminggu / *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) untuk logam timbal dalam tubuh manusia adalah 25 µg/kg berat badan, ini berarti setara dengan 1500 mg/g timbal/minggu untuk orang dengan berat 60 kg (Hananingtyas 2017). Adanya paparan timbal (Pb) dalam tubuh manusia dapat mengganggu sistem hemopoetik, sistem syaraf, sistem ginjal, sistem gastrointestinal, sistem kardiovaskuler, dan sistem reproduksi (Ginting, 2009). Kandungan Pb dalam minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara dikategorikan masih dalam batas aman.

Kadmium

Hasil penelitian terhadap kadar logam berat kadmium (Cd) pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa kadar logam berat kadmium tertinggi terdapat pada M2 sebesar 0,0018 mg/kg dan terendah terdapat pada M1 sebesar 0,0011 mg/kg. Hasil ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian yang didapatkan oleh Susesno (2016) terhadap kandungan logam berat kadmium pada minyak ikan sarden dan minyak ikan cucut dimana kadar

tertinggi sebesar 0,03 mg/kg dan 0.05 mg/kg akan tetapi hasil tersebut masih memenuhi standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009 untuk pangan maupun Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2018 tentang batas maksimum cemaran logam berat kadmium (Cd) dalam pangan olahan yaitu sebesar 0,1 mg/kg. Hasil tersebut sesuai penelitian Hasyimi (2021) tentang kandungan logam berat pada minyak ikan cucut putih bahwa logam berat kadmium (Cd) pada minyak ikan cucut putih yang juga memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI (2009) maupun BPOM (2018). Habitat, daerah penangkapan dan musim sangat berpengaruh terhadap kandungan logam berat pada produk hasil perairan (Bae & Lim 2013).

Hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa kandungan logam berat kadmium pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara baik minyak ikan yang di pasarkan di pasar 1 (M1), minyak ikan yang dipasarkan di pasar 2 (M2) maupun minyak ikan yang dipasarkan di pasar 3 (M3) masih memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009 untuk pangan maupun Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2018 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan.

Kadmium merupakan logam yang ditemukan alami dalam kerak bumi. Kadmium biasa ditemukan sebagai mineral yang terikat dengan unsur lain seperti oksigen, klorin atau sulfur. Dalam kondisi asam lemah, kadmium akan mudah terabsorpsi kedalam tubuh. Kadmium dan senyawanya bersifat karsinogenik dan bersifat racun kumulatif. Selain saluran pencernaan dan paru paru, organ yang paling parah akibat mencerna Kadmium adalah ginjal (BSN 2009). kadmium juga dapat dihasilkan dari industri minyak lepas pantai yang menghasilkan lumpur minyak yang merupakan sisa minyak yang masuk ke saluran pembuangan (Hananingtyas 2017) dimana komponen lumpur minyak tersebut menghasilkan logam berat kadmium.

Keberadaan logam berat kadmium (Cd) pada ikan dapat dikaitkan dengan adanya kegiatan industri di wilayah perairan dimana ikan tersebut hidup (Palar 2008). Hal ini menandakan bahwa minyak ikan yang di yang beredar dipasaran bukan

tidak mungkin bahan baku yang digunakan berasal dari ikan yang hidup diperairan yang dekat dengan kegiatan industri terutama kegiatan industri minyak lepas pantai

Merkuri

Kadar logam merkuri pada minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara baik minyak ikan yang dipasarkan di pasar 1 (M1), di pasar 2 (M2) maupun minyak ikan yang dipasarkan di pasar 3 (M3) tidak ditemukan adanya kandungan logam berat Hg. Hal tersebut disebabkan oleh logam berat Hg memiliki nilai dibawah standar yang dideteksi oleh alat AAS dimana nilai deteksi alat pada logam berat merkuri (Hg) adalah <0,001 mg/l. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Soselisa (2019) terhadap minyak hati ikan cucut. Namun berbeda dengan hasil penelitian yang ditemukan oleh Huli (2014) terhadap kandungan logam berat kulit ikan hasil samping pengolahan surimi dimana nilai tertinggi ditemukan pada kulit ikan kuniran sebesar 0,06 ppm dan nilai terendah ditemukan pada kulit ikan swangi sebesar 0,01 ppm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara baik minyak ikan yang dipasarkan di pasar 1, di pasar 2 maupun di pasar 3 masih aman untuk dikonsumsi.

Merkuri (Hg) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dan dapat terjadi secara alamiah di lingkungan, sebagai hasil dari perombakan mineral dalam melalui proses cuaca/iklim dari udara dan air. Merkuri dapat berikatan dengan senyawa lain seperti klorin, sulfur atau oksigen membentuk senyawa atau garam merkuri anorganik. Kebanyakan senyawa merkuri anorganik berupa serbuk atau larutan berwarna putih kecuali merkuri sulfida berwarna merah dan berubah warna hitam apabila terkena cahaya. Umumnya merkuri ditemukan dalam bentuk merkuri metalik, sulfida, klorida dan metil merkuri (BSN 2009). Keracunan merkuri (Hg) dapat mengganggu kinerja enzim dalam tubuh sehingga menyebabkan kerusakan sel, mengakibatkan gagal kardiovaskuler, gagal ginjal serta menyebabkan kematian (Widaningrum *et al.* 2007).

Mengonsumsi logam berat dengan jumlah yang banyak dalam jangka panjang atau jangka waktu yang lama, akan menimbulkan dampak negatif terhadap manusia dan masing masing logam berat

akan memberikan dampak negatif berbeda terhadap manusia (Mahalina 2016).

KESIMPULAN

Minyak ikan yang dipasarkan di wilayah Sulawesi Tenggara mengandung logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) sedangkan logam berat merkuri (Hg) tidak ditemukan karena memiliki nilai dibawah standar yang dideteksi oleh alat AAS. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) tertinggi di temukan di pasar 2 (M2) dan terendah di temukan di pasar 1 (M1). Kandungan logam berat pada M1, M2 dan M3 untuk Pb dan Cd masih berada dibawah ambang batas yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pangan dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia dalam pangan olahan.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Halu Oleo yang telah mendanai penelitian ini melalui dana DIPA Universitas Halu Oleo tahun 2022 dengan nomor kontrak : 162/UN29.20/PG/2022

DAFTAR PUSTAKA

- Bae JH & Lim SY. 2013. Comparative study of the concentration of mercury and lead and the chemical characteristics of Japanese and Korean chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) in the East China Sea. *Afr J Agric Res*, 8(3), 269-27
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. Tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan. SNI 7387:2009. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional
- Budiharjo. 2007. Studi Pengaruh Bulking Agents pada Proses Bioremediasi Lumpur Minyak. *Jurnal Purifikasi*. 8(1).
- Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta (ID): Universitas Indonesia. Hal. 18
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Estiasih T, Ahmadi Kgs, Nisa CF, 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
- Hananingtyas I. 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic The Journal of Tropical Biology*. 1(2): 41-50. ISSN: 2580-5029
- Hasyimi H, Rozi A, Ukhty N. 2021. Pengaruh Suhu Ekstraksi Hati Ikan Cucut Putih (*Carcharodon carcharias*) Terhadap Kualitas Minyak Ikan. [Skripsi]. Universitas Teuku Umar. Indonesia
- Hjaltason B, Epax AS, Haraldsson GG. 2006. Fish oils and lipids from marine sources. Di dalam : Gunstone FD, editor. *Modifying lipids for use in food*. England : Woodhead Publishing Limited
- Huli LO, Suseno SH, Santoso J. 2014. Kualitas Minyak Ikan dari Kulit Ikan Swangi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(3): 233-242
- Huli LO, Suseso SH, Santoso J. 2014. Karakterisasi Kulit Ikan Hasil Samping Pengolahan Surimi (Swangi, Kapasan, Kuniran, Kurisi). Institut Pertanian Bogor (IPB). [Tesis]: Hal. 4-11
- Mahalina W, Tjandrakirana, Purnomo T. 2016. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Hidup di Sungai Kali Tengah, Sidoarjo. *Lenterabio*. 5(1): 43-47
- Nasution AY & Indriani RI. 2021. Penetapan Kadar Timbal pada Minyak Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Proteksi Kesehatan*. 10(1): 1-5. ISSN: 2338-5634
- Notoatmodjo. 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pike I. 2005. Eco-efficiency in aquaculture: global catch of wild fish used in aquaculture. *International Aqua Feed* 8:38-40.
- Rai LL, Gaur J, Kumar HD. 1981. *Phycology and heavy metal pollution*. in biological review of the phycology society. London (UK): Cambridge University Press.
- Rompas. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Jakarta: Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia
- Soselisa JF, Suseso SH, Setyaningsih I. 2019. Karakteristik kombinasi minyak hati cucut (*Centrophorus* sp.) dan serbuk Spirulina sebagai sediaan suplemen makanan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(2): 255-262.
- Suseno SH, Jacob AM, Yocinta HP, Kamini. 2018. Kualitas Minyak Ikan (*softgel*) di Wilayah Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3):556-564
- Wulandari. 2008. Pola Sebaran Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Babon dan Seringin di Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol.13(14):203-208
- Yulianto A, Suseno SH, 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.