

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA CUMI-CUMI (*Loligo* sp.) DENGAN MENGGUNAKAN METODE ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY (AAS)

Hesty Rodlotu Yula^{1*}, Syaiful Bahri¹, Yuli Ambarwati¹, Iswadi Idris², dan Ganjar Andhulang¹

¹Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Indonesia

² Balai Uji Standar Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan (BUSKIPM) Kementerian Kelautan dan Perikanan RI, Jakarta Timur, Indonesia

hestirodlotuyukla@gmail.com

Artikel Info

Diterima
tanggal
10.02.2020

Disetujui
publikasi
tanggal
30.04.2021

Kata kunci :
AAS, cumi-
cumi, keamanan
pangan, merkuri

ABSTRAK

Tingkat bahaya dari logam berat merkuri (Hg) yang ter-bioakumulasi pada cumi-cumi (*Loligo* sp.) tidak hanya memberikan implikasi bagi lingkungan, namun juga terhadap kesehatan manusia. Hal inilah yang menjadi dasar penelitian dikarenakan cumi-cumi memiliki kemampuan mengabsorpsi logam melalui jaringan otot dan didukung dengan tingginya produksi cumi-cumi di Indonesia yang mencapai 216 ribu ton per tahun 2018 berdasarkan data KKP RI yang sejalan dengan tingkat konsumsi. Selain itu, relevansi kebijakan Pemerintah Republik Indonesia dengan penandatanganan Konvensi Minamata tentang bahaya merkuri yang telah ditetapkan sebagai permasalahan global, peraturan BPOM No.5/2018, dan SNI 7387-2009 tentang batasan maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan menjadi acuan pendukung. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui kadar logam berat merkuri (Hg) yang terakumulasi dalam daging cumi-cumi. Kadar logam berat Hg pada cumi-cumi dianalisis menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) melalui sampel jaringan otot daging. Secara keseluruhan, data analisis menunjukkan bahwa kandungan logam berat merkuri (Hg) pada daging cumi-cumi adalah 0,038 µg/g (uji#1) dan 0,035 µg/g (uji#2) dimana lebih rendah dari standar baku mutu PerBPOM dan SNI 7387-2009 tersebut yaitu 0,5 mg/kg dan 1,0 mg/kg, masing-masing. Oleh karena itu, hasil tersebut mengindikasikan bahwa cumi-cumi tersebut aman untuk dikonsumsi.

ABSTRACT

The risk extent of bioaccumulation from the heavy metal mercury (Hg) in squid (*Loligo* sp.) is not only giving implication for the environment, but also for human health. This is that the fundamental research due to the squid has the ability to absorb metal through muscle. Furthermore, the high production of squid in Indonesia, which was analogous with consumption level, reached 216 thousand tons per 2018 according to KKP data. In addition, the relevance of the Indonesia's Government policy by signed the Minamata Convention about the risk of mercury as a global problem, the BPOM Regulation No.5/2018, and SNI 7387-2009 for the maximum limit of heavy metal contamination in processed food were supporting reference. This study aims to analyze the heavy metal mercury (Hg) level accumulated in squid muscle. The mercury level in squid were analyzed using the Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) method through muscle tissue samples. Overall, the analysis data represent that the content of heavy metal mercury (Hg) in squid was 0.038 µg/g (test#1) and 0.035 µg/g (test#2), which were lower than the standard quality, both PerBPOM and SNI 7387-2009 were 0.5 mg /kg and 1.0 mg/kg, respectively. Therefore, these results indicate that the squid is safe for consumption.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi sumber daya perairan diperkirakan mencapai 12,54 juta ton per tahun dengan jumlah tangkapan yang diperbolehkan (JTB) sebesar 10,03 juta ton atau 80% dari total potensi (KKP, 2018a dan KKP, 2018b). Lebih lanjut, total produksi cumi-cumi per maret 2021 telah dilaporkan juga mencapai 7 juta kg berdasarkan data pusat informasi pelabuhan perikanan (PIPP) (KKP, 2021a dan Sari *et al.*, 2015).

Dalam lima dekade terakhir, Rositasari *et al.*, (2017) mengulas melalui penelitian oseanografi di Teluk Jakarta selama 1970 – 2015 yang melaporkan bahwa ekosistem perairan rentan terhadap pencemaran logam berat. Salah satu logam berat pencemar tersebut adalah merkuri (Hg) baik dalam bentuk Hg(0), Hg(II), dan CH₃Hg yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Driscoll *et al.*, 2013). Sejak kasus besar pencemaran Hg seperti kasus Minamata Bay di Jepang tahun 1950-an (UNEP, 2017), beberapa sungai di Inggris (Vane *et al.*, 2014), dan Wabigoon di Laut Ontario Kanada tahun 1970-an (Harada *et al.*, 2011) yang mengakibatkan kontaminasi ekosistem perairan dan berpengaruh pada kesehatan masyarakat, maka pencemaran logam berat Hg ditetapkan sebagai permasalahan global (Lourie *et al.*, 2003).

Salah satu untuk memantau distribusi logam berat Hg yang ter-bioakumulasi pada biota laut yaitu dengan pengukuran menggunakan *mercury analyzer* (Suratno *et al.*, 2019), parameter nilai $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ untuk mengetahui pengaruh ontogenik (Chouvelon *et al.*, 2011), dan varian *Atomic Absorption Spectroscopy* (VGA, GTA dan *Flame AAS*) melalui sampel otot (daging) (Jinadasa, 2014). Beberapa biota laut yang dilaporkan mengandung logam berat Hg melalui jalur bioakumulasi yaitu Krustasea 44,25 – 98,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dari 69 jenis Lobster, dan 6 jenis Krustasea lainnya, Moluska 11,00 – 37,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dari 28 jenis *Cephalopoda*, dan 8 jenis kerang, ikan non-predator 40,00 – 100,00 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dari spesies *Lates niloticus*, *Lophius* spp., *Synaptura* spp., *Zeus faber*, *Ephinepelus* spp., *Cynoglossus* spp., *Seriola dumerili*, *Scorpaena scrofa*, *Sebastes marinus*, *Leucoraja ocellata*, *Mullus* spp., *Brotula barbata*, *Xyrichtis novacula*, dan *Dissistichtus eleginoides*, serta ikan predator 263,00 – 560,50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dari 26 jenis *swordfish* (*Xiphias gladius*), 61 jenis *yellowfin tuna* (*Thunnus albacares*), dan 7 jenis *spiny dogfish* (*Squalus acanthias*) (Galimberti *et al.*, 2016). Hal yang sama dilaporkan bahwa *Cephalopoda*

termasuk di dalamnya cumi-cumi memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi logam berat melalui jalur bioakumulasi (Penicaud *et al.*, 2017).

Mengingat bahaya pencemaran logam berat Hg terhadap kesehatan manusia yang salah satunya melalui konsumsi cumi-cumi yang terkontaminasi, dikarenakan dapat menyebabkan efek toksikologis yang mendalam pada sel, kardiovaskular, hematologis, paru, ginjal, imunologis, neurologis, endokrin, reproduksi, dan embrionik (Rice *et al.*, 2014). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar logam berat merkuri (Hg) yang terakumulasi dalam daging cumi-cumi melalui pengukuran menggunakan AAS yang mana hasil tersebut dibandingkan dengan standar baku mutu baik dengan peraturan BPOM tersebut maupun SNI 7387-2009 untuk mengetahui keamanan dan kelayakan konsumsi sebagai sumber pangan.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat gelas berbagai ukuran dan variasi, neraca analitik, mikropipet, wadah *polystyrene*, sendok plastik, pisau, *aluminium foil*, penyangga dan statif, desikator, oven, *microwave digestion system*, *blender/homogenizer*, *refrigerator*, satu set alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Adapun bahan-bahan yang digunakan adalah cumi-cumi (*Loligo sp.*). Bahan kimia yang digunakan antara lain air deionisasi, akuabides, asam nitrat (HNO_3) 65%, asam sulfat (H_2SO_4) 95% - 97%, hidrogen peroksida (H_2O_2) 30%, dan larutan standar merkuri (Hg).

Prosedur

Preparasi sampel

Cumi-cumi (*Loligo sp.*) diperoleh di Balai Karantina Ikan Tanjung Priok, DKI Jakarta, Indonesia. Penelitian ini dilakukan di Balai Uji Standar Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan (BUSKIPM), Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia. Sampel cumi-cumi tersebut dicuci, dan dibersihkan menggunakan air bersih mengalir. Kemudian sampel tersebut dibedah menggunakan pisau untuk diambil bagian dagingnya. Daging sampel tersebut dihaluskan menggunakan blender untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Destruksi sampel menggunakan *microwave digestion system*

Destruksi sampel ini mengadopsi dari metode Jinadasa *et al.*, (2014). Sampel daging cumi-cumi ditimbang sebanyak 0,5 g, dimasukkan ke dalam tabung sampel (*vessel*), dan dicatat beratnya (*W*). Untuk kontrol positif, larutan *spike* (0,5 mg/kg) ditambahkan 0,5 mL larutan standar Hg 1 mg/L, dan divortex selama 1 menit. Untuk larutan blanko, 10 mL *aquabidest* disiapkan. Semua sampel yaitu larutan sampel, larutan *spike*, dan larutan blanko, masing-masing ditambahkan 5 mL HNO₃ 65%, didestruksi menggunakan *microwave digestion system* pada suhu 85 °C selama 120 menit. Setelah proses destruksi, semua sampel disaring, dan masing-masing filtrat sebanyak 40 mL dimasukkan kedalam labu takar, serta ditambahkan 5 mL larutan HNO₃ – H₂SO₄ (1:1) sebagai proses reduksi dan stabilisasi (Mohammed *et al.*, 2017). Kemudian, diencerkan dengan air deionisasi hingga tanda terra.

Pengukuran menggunakan AAS

Metode pengukuran menggunakan AAS mengadopsi dari metode Anggraini *et al.*, (2018). Untuk uji linearitas, larutan standar Hg disiapkan dengan variasi konsentrasi (1; 5; 10; 15; dan 20 µg/L). Kemudian, larutan standar tersebut dianalisis menggunakan AAS. Hasil analisis dibuat kurva kalibrasi, dan dihitung nilai koefisien korelasinya.

Untuk uji penentuan kadar Hg, larutan sampel, larutan *spike*, dan larutan blanko diukur absorbansinya menggunakan AAS dimana larutan sampel dilakukan dua kali pengujian yaitu uji#1 dan uji#2. Data pengukuran yang diperoleh tersebut diinput, dan ditentukan nilai kadar Hg dari masing-masing uji.

Analisis data

Analisis data dilakukan menggunakan metode regresi linier seperti yang dilakukan oleh Anggraini *et al.*, (2018). Konsentrasi sampel (µg/L) diperoleh melalui perhitungan menggunakan persamaan regresi linier (1) :

$$y = bx + a \quad (1)$$

Dimana *Y* adalah nilai absorbansi, *b* menunjukkan *slope* (kemiringan), *a* menunjukkan *intersep*, dan nilai *X* yaitu konsentrasi sampel (µg/L).

Konversi konsentrasi sampel dari ($\mu\text{g/L}$) menjadi kadar Hg ($\mu\text{g/g}$) dihitung menggunakan persamaan (2) yaitu (Ref : A.O.A.C 17th ed, 2000 *Official Method* 971.21 diperbarui di *manual of method of analysis foods-metal*, 2015) :

$$\text{Kadar Hg } (\mu\text{g/g}) = \frac{x \times V}{W} \quad (2)$$

Dimana x adalah konsentrasi sampel ($\mu\text{g/L}$), V yaitu volume akhir larutan sampel (L), dan W adalah berat sampel yang digunakan (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi sampel cumi-cumi dan pembuatan kurva kalibrasi Hg

Sebelum dilakukan analisis menggunakan AAS, sampel daging cumi-cumi didestruksi mengadopsi metode dari Jinadasa *et al.*, (2014) yang mana diperoleh larutan sampel uji#1 dan uji#2, larutan blanko, dan larutan *spike* masing-masing 40 mL yang telah diencerkan dan dihomogenisasi. Proses destruksi menggunakan larutan HNO_3 65% bertujuan untuk mengoksidasi materi/ matrik organik yang terdapat pada sampel cumi-cumi tersebut dan meningkatkan kelarutan logam yang akan dianalisis melalui proses reduksi dan stabilisasi dengan larutan $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ atau H_2O_2 yang diencerkan menggunakan air deionisasi sesuai yang dilaporkan oleh Mohammed *et al.*, (2017).

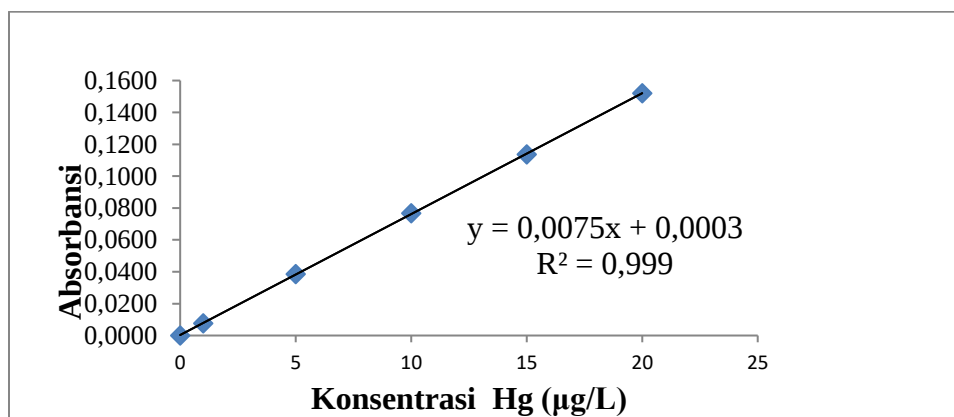
Untuk memperoleh pengukuran yang linearitas, pengukuran absorbansi larutan standar Hg dengan variasi konsentrasi (1; 5; 10; 15; dan 20 $\mu\text{g/L}$) dilakukan untuk memperoleh persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi dan koefisien korelasi (r) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Data hasil uji linearitas larutan standar Hg menggunakan AAS dirangkum dalam Tabel 1. Melalui pengolahan data pengukuran tersebut, persamaan regresi linier yang didapatkan yaitu $y = 0,0075x + 0,0003$ dengan $R^2 = r = 0,999$ yang menunjukkan sesuai kriteria persyaratan $r \geq 0,990$ yang dinyatakan bahwa hasil data linearitas valid dan memiliki korelasi yang kuat antara variabel konsentrasi (x) dengan absorbansi (y) seperti yang dijelaskan oleh Anggraini *et al.*, (2018). Kurva kalibrasi termasuk persamaan dari hasil uji linearitas tersebut digunakan untuk uji limit deteksi dan limit kuantisasi secara statistik, serta untuk menentukan kadar Hg dari pengukuran terhadap larutan sampel (uji#1 dan uji#2), larutan blanko, dan larutan *spike*.

Analisis data dan penentuan kadar Hg

Hasil pengukuran larutan sampel (uji#1 dan uji#2), larutan blanko, dan larutan *spike* menggunakan AAS diperoleh data absorbansi yang terangkum dalam Tabel 2. Data tersebut diolah menggunakan persamaan regresi linier dan kurva kalibrasi yang telah diperoleh sebelumnya untuk menentukan konsentrasi masing-masing larutan sampel dimana didapatkan 0,397 µg/L (uji#1) dan 0,388 µg/L (uji#2).

Tabel 1. Data pengukuran larutan standar Hg menggunakan AAS

No	Konsentrasi (x) (µg/L)	Absorbansi (y)
1	0	0,0000
2	1	0,0077
3	5	0,0387
4	10	0,0767
5	15	0,1137
6	20	0,1520



Gambar 1. Kurva kalibrasi Hg

Konversi satuan konsentrasi tersebut dengan persamaan (2) yang mengadopsi dari (Ref : A.O.A.C 17th ed, 2000 *Official Method* 971.21 diperbarui di *manual of method of analysis foods-metal*, 2015) digunakan untuk menentukan kadar Hg dalam satuan µg/g agar dapat dibandingkan dengan standar baku mutu. Referensi standar yang digunakan adalah peraturan BPOM No. 5 tahun 2018 (BPOM, 2018) dan standar SNI 7387-2009 (SNI, 2009) tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan/olahan dimana khusus cemaran logam berat Hg

pada produk perikanan Moluska, Krustasea, dan Ekinodermata yaitu tidak lebih dari 0,5 mg/kg dan 1,0 mg/kg.

Tabel 2. Data hasil penentuan kadar Hg pada sampel cumi-cumi

Jenis Larutan	Berat (g)	Absorbansi	Konsentrasi ($\mu\text{g/L}$)	Konsentrasi ($\mu\text{g/g}$)
Uji#1	0,5216	0,00333	0,397	0,038
Uji#2	0,5499	0,003265	0,388	0,035
Blanko	0,5152	-0,001	-0,1739	-0,017
Spike	0,5333	0,127	16,690	1,565

Hasil perhitungan dan penentuan kadar Hg dalam larutan sampel (uji#1 dan uji#2) berturut-turut diperoleh nilai 0,038 $\mu\text{g/g}$ dan 0,035 $\mu\text{g/g}$. Perbandingan hasil tersebut dengan referensi standar menunjukkan bahwa nilai kedua uji larutan sampel tersebut berada di bawah ambang batas maksimum < 0,5 mg/kg (perBPOM No. 5/ 2018) dan < 1,0 mg/kg (standar SNI 7387-2009) yang mengindikasikan bahwa cumi-cumi masih aman dikonsumsi sebagai sumber pangan.

Adanya logam merkuri (Hg) dalam sampel uji pada daging cumi-cumi membuktikan bahwa absorpsi logam berat tersebut dapat terjadi melalui jalur bioakumulasi dan berdampak pada rantai makanan termasuk manusia sebagai konsumen tertinggi. Hal tersebut sependapat dengan ulasan tentang bioakumulasi logam berat pada hewan *Cephalopoda* termasuk cumi-cumi yang dibahas oleh Galimberti *et al.*, (2016) dan Penicaud *et al.*, (2017).

KESIMPULAN

Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa kadar merkuri (Hg) dari sampel daging cumi-cumi (*Loligo* sp.) yang diperoleh dari Balai Karantina Ikan Tanjung Priok, DKI Jakarta, Indonesia adalah 0,038 $\mu\text{g/g}$ dan 0,035 $\mu\text{g/g}$. Perbandingan hasil uji dengan standar baku mutu (perBPOM No. 5/ 2018) dan (standar SNI 7387-2009) menunjukkan masih berada di bawah ambang batas parameter maksimum cemaran logam berat Hg, sehingga cumi-cumi tersebut masih aman dan layak untuk dikonsumsi sebagai sumber pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Uji Standar Karantina Ikan, Pengendalian Mutu, dan Keamanan Hasil Perikanan (BUSKIPM), Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia atas kesempatan yang diberikan kepada kami dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R., Hairani, R., dan Panggabean, A. S., 2018, Validasi metode penentuan Hg pada sampel waste water treatment plant dengan menggunakan teknik bejana uap dingin-spektrofotometer serapan atom (CV-AAS), *Jurnal Kimia Mulawarman.*, 16 (1),10 – 15.
- BPOM., 2018, *Peraturan badan pengawas obat dan makanan Nomor 5 Tahun 2018 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan*, Dirjen Perundang-undangan Kemenkumham, Jakarta, [Online] tersedia di : [https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/peraturan/2018/0.salinan PerBPOM 5 Tahun 2018 Cemaran Logam Berat join 4 .pdf](https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/peraturan/2018/0.salinan%20PerBPOM%205%20Tahun%202018%20Cemaran%20Logam%20Berat%20join%204.pdf) (diakses 19.03.2021)
- Chouvelon, T., Spitz, J., Cherel, Y., Caurant, F., Sirmel, R., Mèndez-Fernandez, P., and Bustamante, P., 2011, Inter-specific and ontogenic differences in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values and Hg and Cd concentrations in cephalopods, *Marine Ecology Progress Series.*, 433 (2011),107–120.
- Driscoll, C. T., Mason, R. P., Chan, H. M., Jacob, D. J., and Pirrone, N., 2013, Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects, *Environmental Science & Technology.*, 2013 (47) ,4967 – 4983.
- Food safety and standards authority of india., 2015, *Manual of methods of analysis of foods metal*, Ministry of health and family welfare Government of india New delhi. [Online] tersedia di : [https://old.fssai.gov.in/Portals/0/Pdf/Draft Manuals/METALS.pdf](https://old.fssai.gov.in/Portals/0/Pdf/Draft%20Manuals/METALS.pdf) (diakses 19.03.2021).
- Galimberti, C., Corti, I., Cressoni, M., Moretti, V. M., Menotta, S., Galli, U., and Cambiaghi, D., 2016, Evaluation of mercury, cadmium and lead levels in fish and fishery products imported by air in North Italy from extra-European Union Countries, *Food Control.*, 60 (2016),329 – 337.
- Harada, A., Hanada, M., Tajiri, M., Inoue, Y., Hotta, N., Fujino, T., Takaoka, S., and Ueda, K., 2011, Mercury Pollution in First Nations Groups in Ontario, Canada: 35 years of Canadian Minamata Disease, *Journal of Minamata Studies.*, 3 (2011),3 - 30.
- Jinadasa, B. K. K. K., 2014, Concentration of Trace Metals in the Squids (*Loligoduvauceli*, *Sepioteuthislessioniana*) and Cuttlefish (*Sepia latimanus*) from the North-Western Coast of Sri Lanka, *Journal of Aquatic Science.*, 2 (2),5 – 10.
- KKP., 2018a, *Laporan Tahunan 2018*, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Republik Indonesia, Jakarta.

- KKP., 2018b, *Refleksi & Outlook 2018 – 2019*, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Republik Indonesia, Jakarta.
- KKP., 2021a, Produksi cumi-cumi tahun 2021, Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan (PIPP). [Online] tersedia di : http://www.pipp.djpt.kkp.go.id/produksi_harga (diakses 18.03.2021)
- KKP., 2021b, Data produksi cumi-cumi Indonesia tahun 2017, Satu Data [Statistik-KKP]. [Online] tersedia di : <https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=total&i=2#panel-footer> (diakses 18.03.2021)
- Lourie, B., Glenn, W., Ogilvie, K., Everhardus, E., and Friesen, K., 2003, *Mercury in the environment a primer*. [Online] tersedia di : <http://udel.edu/~inamdar/nps2007/primer.pdf> (diakses 18.03.2021)
- Mohammed, E., Mohammed, T., and Mohammed, A., 2017, Optimization of an acid digestion procedure for the determination of Hg, As, Sb, Pb and Cd in fish muscle tissue, *MethodsX*, 4 (2017),513–523.
- Penicaud, V., Lacoue-Labarthe, T., and Bustamante, P., 2017, Metal bioaccumulation and detoxification processes in cephalopods: A review, *Environmental Research*, 155 (2017),123 – 133.
- Rice, K. M., Walker Jr, E. M., Wu, M., Gillette, C., and Blough, E. R., 2014, Environmental Mercury and Its Toxic Effects, *Journal of Preventive Medicine & Public Health*, 47 (2014),74 – 83.
- Rositasari, R., Puspitasari, R., Nurhati, I. S., Purbonegoro, T., dan Yogaswara, D., 2017, 5 dekade LIPI di Teluk Jakarta, review penelitian oseanografi di Teluk Jakarta 1970 – 2015, Pusat Penelitian Oseanografi – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Sari, V. A. C., Bambang, A. N., dan Wijayanto, D., 2015, Analisis hubungan produksi dan harga cumi-cumi (*Loligo* sp.) dengan alat tangkap bouke ami di ppn kejawanan, cirebon, *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 4 (3),26 – 31.
- SNI., 2009, SNI 7387 : 2009 : *Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan*, Badan Standarisasi Nasional. [Online] tersedia di : https://sertifikasibbia.com/upload/logam_berat.pdf (diakses 19.03.2021).
- Suratno, Puspitasari, R., Rositasari, R., and Oktaviyani, S., 2019, Total mercury of marine fishes in Natuna Islands area, Indonesia: Risk assessment for human consumption, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 277 (2019),012 – 025.
- UNEP., 2017, *Minamata convention on mercury text and annexes*. [Online] tersedia di : <http://mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP1%20version/Minamata-Convention-booklet-eng-full.pdf> (diakses 18.03.2021)
- Vane, C. H., Beriro, D. J., and Turner, G. H., 2014, Rise and fall of mercury (Hg) pollution in sediment cores of the Thames Estuary, London, UK. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 105 (2014),285–296.