

Asupan Aman Konsumsi Logam Cu Pada Kerang Darah dari Tempat Pelelangan Ikan Tambak Lorok, Semarang

Nurvita Agristiyani, Jusup Suprijanto*, Raden Ario

*Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan., Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275 Indonesia
Email: jusup.suprijanto@yahoo.co.id*

Abstrak

Kerang Darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu komoditas laut yang dihasilkan di Perairan Semarang. Lokasi tersebut diperkirakan telah menerima zat pencemar yang berasal dari limbah kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Tembaga atau Cu (Cuprum) dan batas maksimal aman konsumsi mingguan jaringan lunak *A. granosa* yang diperoleh di Perairan Laut Semarang yang didaratkan di Tambak Lorok Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel pada bulan Maret, April, Juni dan Juli 2020. Konsentrasi logam berat Cu dianalisis menggunakan ICP (*Inductively Coupled Plasma*) dan penetapan batas maksimal aman konsumsi dihitung menggunakan rumus EDI (*Estimated Daily Intake*) serta penilaian tingkat risiko menggunakan rumus THQ (*Target Hazard Quotient*). Hasil kandungan logam berat Cu pada jaringan lunak *A. granosa* di bulan Maret, April, Juni dan Juli 2020 masing-masing sebesar 0,705 mg/kg; 1,628 mg/kg; 2,209 mg/kg dan 1,149 mg/kg yang menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cu tidak melebihi ambang batas berdasarkan SK Depkes RI No.03725/B/SK/1989. Estimasi asupan harian (EDI) terhadap logam Cu di bulan Maret, April, Juni dan Juli 2020 yaitu sebesar 1,65 µg/kg/hari; 3,80 µg/kg/hari; 5,15 µg/kg/hari dan 2,68 µg/kg/hari yang menunjukkan bahwa dosis paparan Cu tergolong aman bagi konsumen *A. granosa*. Sedangkan penilaian tingkat risiko (THQ) untuk logam Cu menunjukkan hasil lebih kecil satu dengan nilai rata-rata 0,03 sehingga dapat dikatakan konsentrasi logam Cu tersebut tidak berpotensi menimbulkan efek non-karsinogenik pada manusia.

Kata kunci : *Anadara granosa*, Kesehatan Manusia, Semarang, Tembaga

Abstract

Safe Intake of Metal Consumption of Cu in Blood Cockle From TPI Tambak Lorok

Blood Cockle (A. granosa) is one of the marine commodities produced in Semarang waters. The location is thought to have received pollutants from municipal waste. This study aims to determine the content of heavy metal Cu in A. granosa cockle obtained in Semarang sea waters which landed at Tambak Lorok Semarang. This research was conducted with sampling in March, April, June and July 2020. The concentration of heavy metal copper (Cu) was analyzed using ICP (Inductively Coupled Plasma) and the determination of the maximum safe consumption limit was calculated using the EDI (Estimated Daily Intake) formula and risk level assessment was calculated using the THQ (Target Hazard Quotient) formula. The results of heavy metal Cu content in A. granosa cockles in March, April, June and July 2020 were 0,705 mg/kg; 1,628 mg/kg; 2,209 mg/kg and 1,149 mg/kg, which indicates that the heavy metal content of Cu does not exceed the threshold based on the Decree of the Ministry of Health RI No.03725/B/SK/1989. Estimated Daily Intake (EDI) of Cu in March, April, June and July 2020 is 1,65 µg/kg/day; 3,80 µg/kg/day; 5,15 µg/kg/day and 2,68 µg/kg/day which indicate that the dose of Cu exposure is safe for A. granosa consumers. Meanwhile, the results of the risk level assessment (THQ) for Cu metal is >1 which indicates that the concentration of Cu metal does not have the potential to cause non-carcinogenic effects in humans.

Keywords : *Anadara granosa*, Health Risk, Semarang, Copper

PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan kota yang terletak di pesisir Pantai Utara Jawa. Kota Semarang disebut sebagai kota metropolitan dengan kepadatan penduduk yang tinggi mencapai 4.425 jiwa/km² (BPS Kota Semarang, 2020). Hal tersebut menjadikan kota ini berkembang sebagai daerah yang sangat berpotensi bagi kegiatan industri, perdagangan dan jasa seperti pembangunan bandara, pelabuhan dan PLTU. Pembangunan industri tersebut dapat mencemari perairan melalui aliran sungai menuju ke laut sehingga sangat berpotensi dalam mencemari biota yang hidup di perairan tersebut dan berdampak buruk bagi kesehatan manusia apabila mengkonsumsi biota yang tercemar. Salah satu logam berat yang dapat mencemari biota di lingkungan tersebut adalah Tembaga (Cu). Widowati *et al.* (2008) menyatakan bahwa logam berat Cu berasal dari aktivitas manusia dan industri.

Logam berat Cu tergolong ke dalam logam berat esensial yang dibutuhkan suatu organisme dalam jumlah yang sedikit (Darmono, 1995). Namun logam berat Cu dalam konsentrasi yang melampaui batas dapat memberikan dampak negatif. Menurut Dewi *et al.* (2017), dampak negatif yang dapat terjadi akibat terlalu banyak mengkonsumsi makanan yang mengandung logam berat Cu melebihi batas toleransi dapat menimbulkan gejala keracunan seperti diare, sakit perut, mual, gagal ginjal, penyakit kuning apabila konsumsi terlalu tinggi maka dapat menyebabkan koma hingga kematian.

Biota yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Kerang *Anadara granosa*. Kerang ini merupakan salah satu komoditas laut yang dihasilkan di Perairan Semarang (Barik *et al.*, 2014). Penggunaan biota ini sebagai hewan uji akumulasi logam berat dikarenakan kerang mampu menyerap cemaran logam berat di perairan tercemar karena memiliki sifat *filter feeder* dan menetap (*sessile*) sehingga sangat berpotensi mengakumulasi logam berat di lingkungannya (Selpiani *et al.*, 2015). Selain itu kerang ini memiliki tingkat toleransi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan sehingga dapat bertahan hidup meskipun telah mengakumulasi logam berat (Firmansyaf *et al.*, 2013). Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh kerang dapat menimbulkan efek toksik apabila dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis kandungan

logam berat tembaga (Cu) pada jaringan lunak *A. granosa* yang didaratkan di TPI Tambak Lorok Semarang. Selain itu juga untuk menganalisis batas maksimal aman konsumsi harian dan menganalisis risiko kesehatan dalam mengkonsumsi jaringan lunak *A. granosa* yang mengandung tembaga (Cu) yang didaratkan di TPI Tambak Lorok Semarang.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel jaringan lunak *A. Granosa* dengan ukuran acak sebanyak 300 g yang diperoleh dari perairan laut Semarang. Perolehan sampel dilakukan dengan mengambil kerang dengan menggunakan alat tangkap garuk oleh nelayan yang melaut di perairan laut Semarang yang kemudian didaratkan di TPI Tambak Lorok Semarang.

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif untuk memperoleh fakta dengan tujuan memberikan deskripsi secara sistematis mengenai fakta, sifat dan hubungan antara fenomena yang diteliti (Cahyani *et al.*, 2012). Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Maret, April, Juni dan Juli 2020. Periode I, II, III, dan IV masing-masing berurutan dilakukan tanggal 1 Maret 2020, 24 April 2020, 29 Juni 2020 dan 24 Juli 2020.

Sampel jaringan lunak *A. granosa* dilakukan destruksi sesuai ketentuan SNI 01-2891-1992. Sampel tersebut selanjutnya dilakukan pengujian logam berat Cu di Balai Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang. Pengujian logam berat Cu dilakukan sesuai ketentuan SNI 01-2896-1992 menggunakan alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*). Analisis data dilakukan dengan menggunakan rumus EDI (*Estimated Daily Intake*) dan THQ (*Target Hazard Quotient*) (Soegianto *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan logam berat Cu pada jaringan lunak *A. granosa* yang diperoleh di Perairan Tambak Lorok Semarang yang terdapat pada Tabel 1. menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa konsentrasi logam berat Cu pada jaringan lunak *A. granosa* di perairan Tambak Lorok Semarang tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan SK Depkes RI No.03725/B/SK/1989 untuk biota konsumsi pada logam Cu yaitu 20 mg/kg. Pengukuran logam berat Cu pada Tabel 1.

menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cu tertinggi terdapat pada sampel bulan Juni yaitu 2,209 mg/kg dan konsentrasi terendah terdapat pada sampel bulan Maret yaitu 0,705 mg/kg.

Kandungan logam berat Cu dalam jaringan lunak *A. granosa* diperoleh dari sampel seberat 300 g. Hal tersebut merupakan persyaratan minimal yang diajukan oleh laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang dalam menganalisis logam berat. Analisis logam berat tembaga dilakukan dengan menggunakan alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*) dengan ketentuan sesuai dengan SNI 01-2986-1992.

Analisis kandungan logam berat Cu pada sampel jaringan lunak *A. granosa* dilakukan pada bulan Maret, April, Juni dan Juli 2020. Waktu pengambilan sampel tersebut dilakukan berdasarkan musim penangkaran kerang *A. granosa* yang terjadi setelah musim angin barat yaitu saat musim kemarau pada bulan Maret hingga bulan September (Nurdin *et al.* 2006). Penentuan waktu tersebut juga didasari atas teori Supriyantini dan Soenardjo (2015) bahwa pada musim penghujan konsentrasi logam berat cenderung lebih rendah dan saat musim kemarau logam berat akan terkonsentrasi dan diduga memiliki konsentrasi lebih tinggi. Pengambilan sampel tidak dilakukan pada bulan Mei 2020 disebabkan oleh cuaca yang tidak menentu berdasarkan hasil pantauan oleh Stasiun Klimatologi Semarang pada bulan Mei 2020 curah hujan tergolong tinggi mencapai 83 mm/hari.

Kandungan logam berat Cu pada jaringan lunak *A. granosa* yang didaratkan di TPI Tambak Lorok Semarang yang terdapat pada Tabel 1. menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cu pada jaringan lunak *A. granosa* yang didaratkan di TPI Tambak Lorok Semarang tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan SK Depkes RI No.03725/B/SK/1989 untuk biota konsumsi pada logam Cu yaitu 20 mg/kg.

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan logam berat dalam jaringan kerang darah cenderung bervariasi. Tinggi rendahnya konsentrasi yang terkandung dalam kerang darah dapat dipengaruhi oleh musim yang sesuai dengan teori Supriyantini and Soenardjo (2016) yang mengatakan bahwa pada saat musim kemarau logam berat akan terkonsentrasi sehingga kandungannya cenderung lebih tinggi. Pengukuran logam berat Cu pada Tabel 1. menunjukkan hasil bahwa konsentrasi logam berat Cu tertinggi sebesar 2,209 mg/kg terdapat pada sampel bulan Juni yang terjadi saat musim kemarau. Sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada sampel bulan Maret yaitu 0,705 mg/kg. Pengambilan sampel bulan Maret ini dilakukan pada akhir musim penghujan sehingga konsentrasinya cenderung rendah. Penelitian terdahulu oleh Dewi *et al.* (2017) di Perairan Tambak Lorok Semarang menjelaskan bahwa rata-rata konsentrasi logam berat Cu dalam kerang darah pada bulan Februari 2017 di awal musim kemarau cenderung lebih tinggi yaitu rata-rata sebesar 1,32 mg/kg dibandingkan konsentrasi pada musim penghujan di bulan Oktober 2016 dengan rata-rata sebesar 0,923 mg/kg.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yulianto *et al.* (2019) mengenai kandungan logam berat Cu di beberapa wilayah perairan pantai utara di Jawa Tengah menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cu pada kerang *A. granosa* yang berada di perairan Banjir Kanal Barat Kota Semarang berkisar 10,97-14,77 mg/kg. Hasil tersebut apabila dibandingkan dengan hasil pada Tabel 1. menunjukkan hasil yang jauh beda. Hal itu diduga karena wilayah pengambilan sampel berada di titik yang berbeda dimana penelitian oleh Yulianto *et al.* (2019) dilakukan di perairan sungai Banjir Kanal Barat. Hal itu sejalan dengan teori Fransisca (2011) bahwa aliran sungai yang mengandung logam berat selanjutnya akan melalui lahan pemukiman, perkotaan dan industri sehingga menerima lebih banyak cemaran logam

Tabel 1. Kandungan Logam Berat Cu dalam Jaringan Lunak Kerang *Anadara granosa*

Bulan	Konsentrasi Logam Berat Cu (mg/kg)	Standar Baku Mutu
Maret	0,705	20 mg/kg (SK Depkes RI No.03725/B/SK/1989)
April	1,628	
Juni	2,209	
Juli	1,149	
Rata-rata	1,423	

berat dari limbah industri dan rumah tangga melalui drainase perkotaan dan perindustrian, sehingga konsentrasinya cenderung tinggi. Berdasarkan Tabel 1, meskipun kandungan logam berat Cu yang ditemukan pada jaringan lunak *A. granosa* masih berada di bawah standar baku mutu, namun tetap ditemukan adanya logam berat Cu dengan rata-rata konsentrasi 1,423 mg/kg. Hal tersebut menjelaskan bahwa perairan Tambak Lorok Semarang telah tercemar logam berat Cu mengingat adanya bioakumulasi pada kerang *A. granosa* dimana terjadi peningkatan konsentrasi logam berat yang diikuti perpindahan dari lingkungan ke organisme (Rahmah *et al.*, 2019). Sumber pencemaran di wilayah ini diduga bersumber dari limbah industri dari pelabuhan Semarang serta limbah domestik yang berasal dari kegiatan masyarakat. Secara spesifik sumber cemaran logam berat Cu berasal dari pelabuhan dimana logam berat ini banyak dimanfaatkan dalam industri cat sebagai *antifouling* yang digunakan pada kapal di perairan tersebut.

Analisis logam berat Cu dilakukan dengan menggunakan sampel biota laut jenis moluska. Organisme ini dapat mengakumulasi partikel logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas lingkungan perairan seperti tingkat cemaran dan perubahan dari cemaran tersebut. Logam berat yang terkandung dalam jaringan lunak kerang ini disebabkan oleh adanya logam berat dan bahan kimia yang masuk ke perairan yang kemudian tersuspensi di dasar perairan sehingga partikel logam berat terserap oleh kerang tersebut. Pemilihan jenis kerang *A. granosa* diduga karena habitatnya di dasar perairan dan cenderung hidup dengan cara membenamkan diri di substrat (Khalil, 2016). Menurut Hutagalung (1991), kandungan logam berat pada sedimen cenderung lebih tinggi yang disebabkan adanya pengendapan karena berat jenis logam berat lebih besar dibandingkan berat jenis air. Hal itu dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2017) bahwa konsentrasi logam berat Cu pada sedimen di Perairan Tambak Lorok mencapai 41,225 mg/kg yang tergolong tinggi dan melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh NOAA yaitu 38 mg/kg.

Estimasi asupan harian pada Tabel 2. dihitung dengan ketentuan untuk orang dewasa dengan berat badan rata-rata 60 kg yang mengkonsumsi jaringan lunak *A. granosa* sebanyak 140 g per hari selama kurun waktu 30

tahun (Soegianto *et al.*, 2020). Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa asupan harian maksimum logam Cu yang dapat dikonsumsi oleh manusia dengan rata-rata berat badan 60 kg berada di kisaran 1,65-5.15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$. Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 2. dapat dikatakan bahwa nilai EDI atau estimasi asupan harian untuk logam Cu oleh manusia tidak melebihi nilai PMTDI (*Provisional Maximum Tolerable Daily Intake*) atau asupan harian maksimum sementara yang dapat ditoleransi yang disarankan oleh FAO/WHO (2011) yaitu 500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$. Meskipun nilai EDI berada jauh di bawah batas toleransi, sebaiknya konsumen yang mengkonsumsi jaringan lunak *A. granosa* yang diperoleh dari Perairan Tambak Lorok Semarang tetap memperhatikan jumlah jaringan lunak *A. granosa* yang dikonsumsi setiap harinya. Hal tersebut diduga karena konsentrasi logam berat yang terkandung dalam jaringan tubuh kerang dapat berbeda-beda dimana sesuai dengan teori Handayani *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa setiap kerang memiliki kemampuan akumulasi berbeda-beda yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu umur dan ukuran kerang, dimana semakin besar atau semakin tua umur kerang maka semakin baik kemampuannya dalam menyerap partikel yang masuk ke dalam tubuhnya termasuk logam berat.

Perhitungan pada Tabel 3. diperoleh berdasarkan Soegianto *et al.* (2020) dimana rata-rata berat-badan manusia dewasa yaitu 60 kg yang mengkonsumsi jaringan lunak *A. granosa* sebanyak 140 g/hari selama 30 tahun dengan frekuensi konsumsi 365 hari/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 3., diketahui bahwa nilai THQ pada semua sampel jaringan lunak *A. granosa* yang diperoleh pada 4 bulan pengambilan sampel di Perairan Tambak Lorok Semarang menunjukkan nilai di bawah 1. Hal tersebut dapat diartikan konsumsi jaringan lunak *A. granosa* tersebut tidak memberikan dampak non-karsinogen (Tu *et al.*, 2011).

Tabel 2. Estimasi Asupan Harian (EDI) Logam Berat Cu dalam Kerang *A. granosa*

Bulan	EDI ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$)	PMTDI
Maret	1.65	
April	3.80	500 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{hari}$
Juni	5.15	(FAO/WHO, 2011)
Juli	2.68	

Tabel 3. Nilai *Target Hazard Quotient* (THQ) Logam Berat Cu

Bulan	THQ	Nilai Rujukan
Maret	0.02	THQ < 1 (Tu <i>et al.</i> , 2011)
April	0.04	
Juni	0.06	
Juli	0.03	

Penelitian yang telah dilakukan oleh Sudsandee *et al.* (2017) mengenai risiko terhadap kesehatan manusia dari mengkonsumsi kerang *A. granosa* di Teluk Thailand dilakukan dengan menghitung nilai THQ dari logam berat Cu dan logam berat lainnya seperti Hg dan Cd. Hasil dari penelitian tersebut menjelaskan bahwa nilai THQ masih berada pada batas aman yaitu kurang dari 1. Meskipun nilai THQ yang didapatkan dari penelitian ini masih berada di bawah batas aman, perlu diketahui bahwa logam berat Cu sebenarnya tergolong logam berat esensial yang dibutuhkan tubuh dalam berbagai proses metabolisme seperti pembentukan zat besi yang berguna untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan pada anak, perkembangan fungsi otak, meningkatkan kekuatan tulang, dan fungsi imun (Taylor *et al.*, 2020). Namun apabila mengkonsumsi makanan mengandung logam berat Cu secara berlebihan tentu dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti anemia, *immunotoxicity* dan kerusakan pada hati dan ginjal (Sudsandee *et al.*, 2017). Hal tersebut telah dijelaskan oleh Ismarti (2016) bahwa efek toksik dari logam berat dapat mengurangi kinerja enzim sehingga metabolisme tubuh dapat terganggu dan dapat menghambat mekanisme tubuh seperti pembentukan hemoglobin dalam darah dan dapat menimbulkan efek toksik dalam tubuh. Mekanisme timbulnya efek toksik tersebut dijelaskan oleh Rahmah *et al.* (2019) bahwa logam berat yang tersaring ke dalam tubuh kerang akan masuk melalui insang dan terserap melalui proses endosistosis oleh lapisan lipid di dinding sel. Logam berat Cu yang terkandung dalam sel kemudian akan terikat oleh protein metalionin yang berfungsi dalam mengurangi efek toksisitas. Logam berat Cu yang berikatan dengan protein tersebut akan disimpan dalam ginjal, sehingga apabila hal ini terjadi terus menerus dapat terakumulasi dan bersifat toksik.

KESIMPULAN

Kandungan logam berat tembaga (Cu) pada jaringan lunak *A. granosa* yang diperoleh di Perairan Semarang tidak melebihi ambang batas dengan rata-rata konsentrasi sebesar 1,423 mg/kg. Batas aman maksimum dalam konsumsi logam berat Cu pada jaringan lunak kerang *A. granosa* untuk orang dewasa berkisar 1,65-5,15 µg/kg/hari. Penilaian risiko kesehatan dengan menghitung nilai THQ menunjukkan hasil lebih kecil dari satu dengan nilai rata-rata sebesar 0,03 sehingga dapat dikatakan tidak berpotensi memberikan dampak non-karsinogen pada tubuh manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- [FAO/WHO] Food and Agricultural Organization of the United Nations/World Health Organization. 2011. *Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee Contaminants in Foods*. The Hague, The Netherlands.
- Badan Pusat Statistik Kota Semarang. 2020. *Statistik Daerah Kota Semarang*. Badan Pusat Statistik Kota Semarang, 173 hlm.
- Barik, F., Afiati, N. & Widyorini, N. 2014. Kajian Kandungan Natrium (Na) dan Logam Berat Timbal (Pb) pada Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granosa* (L.)) dari Perairan Tanjung Emas Semarang dan Perairan Wedung Demak. *Journal of Maquares*, 3(1):151-159.
- Cahyani, M. D., Azizah, R. & Yulianto, B. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 1(2):73-79.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Dewi, M. A., Suprpto, D. & Rudiyananti, S. 2017. Kadar Logam Berat Tembaga (Cu), Kromium (Cr) Pada Sedimen dan Jaringan Lunak *Anadara granosa* di Perairan Tambak Lorok Semarang. *Journal of Maquares*, 6(3):197-204.
- Firmansyaf, D., Yulianto, B. & Sedjati, S. 2013. Studi Kandungan Logam Berat Besi (Fe) dalam Air, Sedimen dan Jaringan Lunak

- Kerang Darah (*Anadara granosa* Linn) di Sungai Morosari dan Sungai Gonjol Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 2(2):45-54.
- Fransisca, A. 2011. Tingkat Pencemaran Perairan ditinjau dari Pemanfaatan Ruang di Wilayah Pesisir Kota Cilegon. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 22(2):145-160.
- Handayani, P., Kurniawan, K. & Adibrata, S. 2020. Kandungan Logam Berat Pb Pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Pantai Sampur Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal IPTEK Terapan Perikanan dan Kelautan*, 1(2):97-105.
- Hutagalung, H. P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. Puslitbang Oceanografi-LIPI, Jakarta.
- Ismarti, I. 2016. Pencemaran Logam Berat di Perairan dan Efeknya Pada Kesehatan Manusia. *Opini*, 1(4):1-11.
- Khalil, M. 2016. *Bioekologi Kerang Genus Anadara (Bivalvia:Archidae)*. Sefa Bumi Persada, Aceh.
- Nurdin, J., N. Marusin, I. Izmiarti, A. Asmara, R. Deswandi dan J. Marzuki. 2006. Kepadatan Populasi dan Pertumbuhan Kerang Darah *Anadara antiquate* L. (Bivalvia: Arcidae) di Teluk Sungai Pisang, Kota Padang, Sumatera Barat. *Makara Sains*, 10(2):96-101.
- Rahmah, S., Maharani, H. W. & Efendi, E. 2019. Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu Pada Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa* Linn, 1758) di Prairan Pulau Pasaran, Kota Bandar Lampung. *Aquatic Sciences Journal*, 6(1):22-27.
- Selpiani, L., Umroh, U. & Rosalina, D. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cu) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Kawasan Pantai Keranji Bangka Tengah dan Pantai Teluk Kelabat Bangka Barat. *Jurnal Oseotek*, 9(1):1-14.
- Soegianto, A., Putranto, T.W.C., Lutfi, W., Almiranti, F.N., Hidayat, A. R., Muhammad, A., Firdaus, R.A., Rahmadhani, Y.S., Fadila, D.A.N. & Hidayati, D. 2020. Concentrations of Metals in Tissues of Cockle *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758) from East Java Coast, Indonesia, and Potential Risks to Human Health. *Hindawi International Journal of Food Science*, 1-9.
- Sudsandee, S., Tantrakarnapa, K., Tharnpoophasiam, P., Limpanont, Y., Mingkhwan, R. & Worakhunpiset, S. 2017. Evaluating Health Risk Posed by Heavy Metals to Humans Consuming Blood Cockles (*Anadara granosa*) from the Upper Gulf of Thailand. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17):14605-14615.
- Supriyantini, E. dan Soenardjo, N. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2):96-108.
- Taylor, A.A., Tsuji, J.C., Garry, M.R., McArdle, M.E., Goodfellow Jr, W.L., Adams, W.J. & Menzie, C.A. 2020. Critical Review of Exposure and Effects: Implications for Setting Regulatory Health Criteria for Ingested Copper. *Environmental Management*, 65:131-159.
- Tu, N.P.C., Ha, N.N., Agusa, T., Ikemoto, T., Tuyen, B.C., Tanabe, S. & Takeuchi, I. 2011. Trace Elements in *Anadara* spp. (Mollusca: Bivalvia) Collected along the Coast of Vietnam, with Emphasis on Regional Differences and Human Health Risk Assessment. *Fisheries Science*, 77:1033-1043.
- Widowati, W., Jusuf, R., Sastiono, A. & Rosari, R. W. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi, Yogyakarta.
- Yulianto, B., Oetari, P.S., Februhardi, S., Putranto, T.W.C. & Soegianto, A. 2019. Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Zn) Concentrations in Edible Bivalves Harvested from Northern Coast of Central Java, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 259:1-10.