

**KONSENTRASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)
DALAM RAJUNGAN (*Portunus pelagicus*) DAN DI PERAIRAN TAMBAK
MANGUNHARJO, SEMARANG**

***CONCENTRATION OF HEAVY METAL CADMIUM (Cd) IN BLUE SWIMMING CRAB
(Portunus pelagicus) AND IN THE BRACKISHWATER PONDS OF MANGUNHARJO,
SEMARANG***

Ria Azizah Tri Nuraini, Adi Santoso, Ahmad Faras Indrawan & Delianis Pringgenies*

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan,
Universitas Diponegoro, Semarang, 50275, Indonesia
*E-mail: delianispringgenies@lecturer.undip.ac.id

ABSTRACT

*Cadmium (Cd) in the waters considered as one of the pollutants that potentially pollute the waters and contaminating the aquatic biota. The heavy metal cadmium commonly comes from the industrial waste, agriculture, and also other human activities as found around the pond waters of Mangunharjo, Semarang. The purpose of this study was to analyze the cadmium content in sediment and water as well as the Blue swimming crabs (*Portunus pelagicus*) found in Mangunharjo pond waters. This research was held from December 2020 to January 2021. Measurement of Cadmium concentration was analyzed by the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) method. The results showed the contamination of heavy metal Cadmium in water measured at <0.001-0.395 mg/l which has exceeded the quality standards for marine biota. The concentration of Cadmium in bottom sediments and blue swimming crab was measured at <0.001 mg/kg and 0.028-1.96 mg/kg. The Bio-concentration factor (BCF) was obtained between 60 - 1655 in December and 0.5 - 1014 in January, which categorized as low to very high. The concentration of cadmium in crab samples had exceeded the quality standard set in BPOM Regulation No. 23/2017, which has a maximum value of 0.1 mg/kg. The calculation of the maximum weekly intake of cadmium-contaminated crabs in this study is 0.0065 kg of meat/week for children weighing 15 kg and 0.21 kg of meat/week for adults weighing 50 kg. Aquatic environmental parameters such as temperature, pH, salinity and dissolved oxygen had various numbers between research stations and also between research periods. Crabs from Mangunharjo waters are contaminated with the heavy metal Cadmium, so it requires special attention to keep them safe for consumption.*

Keywords: *Cadmium (Cd), Mangunharjo, Portunus pelagicus, maximum weekly intake*

ABSTRAK

Kadmium (Cd) dalam suatu perairan tergolong sebagai salah satu bahan pencemar pada air dan terkontaminasi ke dalam biota air. Logam berat Cd umumnya berasal dari limbah industri, pertanian, serta aktivitas manusia lainnya, seperti yang ditemukan di sekitar perairan tambak Mangunharjo, Semarang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kandungan Cd yang terdapat dalam sedimen dan air serta rajungan (*Portunus pelagicus*) yang ditangkap di perairan tambak Mangunharjo. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020 - Januari 2021. Pengukuran konsentrasi Cd dilakukan dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Kontaminasi logam berat Cd dalam air terukur sebesar <0,001-0,395 mg/l yang telah melebihi baku mutu untuk biota laut. Konsentrasi Cd dalam sedimen dasar perairan dan rajungan diperoleh secara berurutan, yaitu <0,001 mg/kg dan 0,028-1,96 mg/kg. Faktor biokonsentrasi (BCF) didapatkan berkisar antara 60 – 1655 (Desember) dan 0,5 – 1014 (Januari), nilai tersebut termasuk kategori rendah hingga sangat tinggi. Konsentrasi Cd pada sampel rajungan diketahui telah melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan BPOM No. 23 tahun 2017 yaitu maksimum 0,1 mg/kg. Perhitungan batas aman konsumsi rajungan yang telah terkontaminasi Cd dalam kasus ini yaitu 0,0065 kg daging/minggu untuk anak-anak dengan bobot 15 kg dan 0,21 kg daging/minggu untuk dewasa dengan bobot 50 kg. Parameter lingkungan perairan seperti suhu, pH, salinitas dan DO memiliki nilai yang bervariasi antar stasiun penelitian dan juga antar waktu penelitian. Rajungan dari perairan Mangunharjo sudah tercemar logam berat Cd, sehingga dibutuhkan upaya khusus agar tetap aman untuk dikonsumsi.

Kata kunci: *Kadmium (Cd), Mangunharjo, Portunus pelagicus, batas aman konsumsi*

I. PENDAHULUAN

Rajungan merupakan sumber pangan bergizi karena mengandung protein, asam amino esensial, asam lemak tak jenuh dan mineral (Viswam, 2015), sehingga memiliki nilai ekonomi bagi petani tambak. Hewan ini masuk ke dalam tambak melalui air pasang. Sebagai produk pangan, kandungan gizi saja tidak cukup, tetapi harus aman untuk dikonsumsi. Salah satu faktor penyebab ketidakamannya produk pangan untuk dikonsumsi adalah adanya senyawa kimia yang jumlahnya melebihi ketentuan yang telah ditetapkan. Senyawa kimia ini dapat masuk ke dalam produk pangan melalui lingkungan yang telah terkontaminasi (Irianto & Purnomo, 2000).

Rajungan merupakan produk ikutan pada budidaya tambak bandeng di Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Kawasan industri yang terdapat di sekitar Kelurahan Mangunharjo, menjadi salah satu penyebab adanya potensi kontaminasi sumber perairan tambak oleh air limbah kegiatan industri, termasuk diantaranya adalah logam berat Kadmium (Cd). Kadmium termasuk salah satu logam berat yang sangat beracun, tidak hanya bagi ikan tetapi juga mamalia (Okocha & Adedeji, 2011). Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme akuatik. Akumulasi dapat terjadi secara langsung melalui konsumsi air dan makanan yang terkontaminasi dan secara tidak langsung melalui kulit dan insang (Yousif *et al.*, 2021). Beberapa penelitian telah membuktikan terjadinya akumulasi logam berat pada kelompok kepiting (Kamaruzzaman *et al.*, 2012; Ayas, 2013; Baki *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2019; Adeleke *et al.*, 2020; Tunde *et al.*, 2021). Demikian juga beberapa penelitian di pantai utara Semarang menunjukkan bahwa perairan dan produk lautnya telah terkontaminasi dengan logam berat (Purba *et al.*, 2014; Mirawati *et al.*, 2016; Prihati *et al.*, 2020). Salah satu logam berat, yaitu Cd diduga telah mengakibatkan rajungan betina

matang gonad dan memiliki ukuran lebih kecil di perairan Teluk Jakarta, dibandingkan perairan Madura (Prabawa *et al.* 2014). Kandungan logam berat Cd apabila masuk ke dalam tubuh biota akan sulit untuk diregulasi, akan tetapi pada tubuh rajungan cenderung lebih sedikit dibandingkan akumulasi logam berat Cd pada tubuh udang (Rahman, 2006). Ikan bandeng dan ikan yang dibudidayakan di tambak daerah Tapak, Kota Semarang telah terkontaminasi Cd dengan konsentrasi yang melebihi baku mutu (Sanjivanie *et al.*, 2017). Oleh karena itu, menarik dilakukan penelitian untuk menilai keamanan pangan dari rajungan yang hidup di tambak Mangunharjo. Kajian dilakukan berdasarkan konsentrasi Cd dalam air dan sedimen tambak serta rajungan yang hidup di tambak. Selain itu juga, dilakukan pengukuran kualitas air tambak, karena berpengaruh terhadap akumulasi logam berat (Jeziarska, & Witeska, 2006).

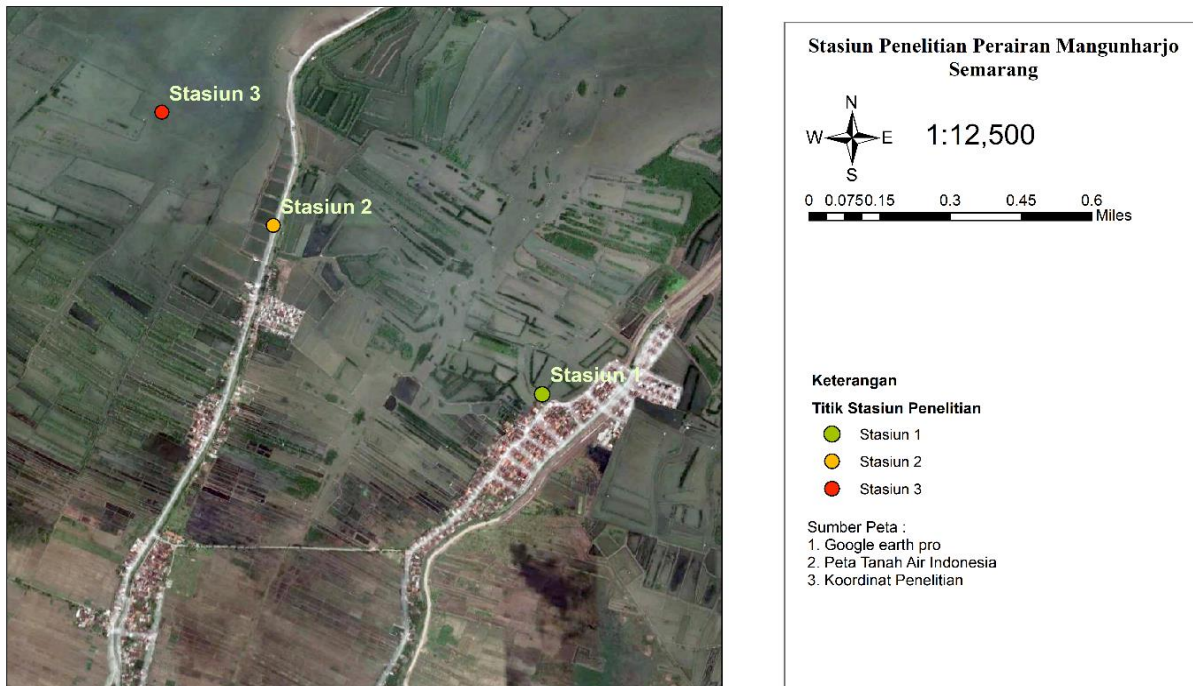
II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Materi penelitian berupa sampel air dan sedimen tambak serta rajungan yang ditangkap di tambak yang dilakukan pada bulan Desember 2020 dan Januari 2021. Lokasi penelitian berada di area pertambakan di Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang (Gambar 1). Pengambilan contoh dilakukan di 3 stasiun yang ditentukan berdasarkan pertimbangan ragam faktor yang berpengaruh. Stasiun 1 diperkirakan terpengaruh oleh aktivitas industri karena berada di dekat Kawasan Industri Wijayakusuma (KIW), stasiun 2 diperkirakan dipengaruhi oleh kualitas air sungai karena berada di dekat sungai dan stasiun 3 terpengaruh langsung dari kualitas air laut karena berhadapan dengan bibir pantai.

2.2. Pengambilan Contoh

Contoh air diambil menggunakan botol sampel berukuran 600 ml, kemudian



Gambar 1. Lokasi stasiun penelitian di Perairan Tambak Mangunharjo, Semarang.

botol ditutup rapat dan disimpan pada *cool box* (Rianda *et al.*, 2019). Contoh sedimen diambil hingga kedalaman 30 cm menggunakan *sediment core* berukuran panjang 70 cm, diameter 15 cm. Sedimen diambil seberat 500 g dan dimasukkan pada *ziplock* kemudian disimpan di dalam *cool box*. Sedangkan contoh rajungan diambil menggunakan bubu lipat berukuran 50 – 115 g. Contoh rajungan dimasukkan pada *ziplock* bertanda kemudian disimpan pada *cool box* (Rianda *et al.*, 2019), Pengambilan contoh air dan sedimen dilakukan 2 kali pengulangan. Semua contoh selanjutnya dibawa ke Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro untuk ditentukan konsentrasi Cdnya.

2.3. Pengukuran Parameter Perairan Tambak Mangunharjo

Parameter lingkungan dilakukan secara *in situ* dengan 3 kali pengulangan. Konsentrasi oksigen terlarut dan suhu diukur menggunakan *Water Quality Checker* (WQC), pH diukur menggunakan pH meter, salinitas diukur menggunakan refraktometer,

dan kecerahan diukur menggunakan *secchi disk*. Data curah hujan diperoleh dari Data BMKG Stasiun Klimatologi Kelas 1 Kota Semarang.

2.4. Penentuan Konsentrasi Cd dalam Air, Sedimen dan Rajungan

Penentuan konsentrasi Cd pada contoh air, sedimen dan rajungan dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan metode SNI 6989.8 (2009). Pengukuran dilakukan oleh Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.

2.5. Analisis Data

Data konsentrasi Cd pada contoh air, sedimen dan rajungan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat kontaminasinya dengan membandingkan baku mutu air laut (Lampiran VIII PP. No. 21 tahun 2022), ANZECC/ARMCANZ 2000 dan Peraturan BPOM No. 23 tahun 2017 Tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat Dalam Pangan Olahan. Selanjutnya dilakukan penghitungan batas aman konsumsi rajungan

yang berasal dari tambak contoh per minggu atau *Maximum Weekly Intake* (MWI) dan nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) berdasarkan data konsentrasi Cd pada contoh rajungan. Penghitungan MWI dilakukan dengan rumus menurut Cahyani *et al.* (2016):

$$MWI (g) = BB \times PTWI \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan : *BB* = Rerata berat orang dewasa adalah 50 kg sedangkan anak-anak adalah 15 kg; *PTWI* = Ambang batas toleransi.

$$MTI = \frac{MWI}{C_t} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan : *MWI* = Nilai *Maximum Weekly Intake* yang didapat; *C_t* = Konsentrasi yang ditemukan dalam daging.

Selain itu juga dianalisis nilai faktor konsentrasi dan faktor biokonsentrasi Cd. Faktor konsentrasi (FK) dihitung menggunakan rumus menurut Siregar & Edward (2010), sebagai berikut:

$$K = \frac{a \times b}{c} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan : *K* = Konsentrasi Cd dalam contoh; *a* = Konsentrasi Cd pada contoh yang terbaca di AAS; *b* = Volume akhir dari larutan; *c* = Berat contoh.

Faktor Biokonsentrasi Cd (*Bioaccumulation Concentration Factor*, BCF) dihitung dengan rumus menurut Viswanathan *et al.* (2013), sebagai berikut:

$$BCF = \frac{C_{org}}{C_w} \times 10^3 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan : *C_{org}* = Konsentrasi logam berat pada organisme; *C_w* = Konsentrasi logam berat pada air atau sedimen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsentrasi Cd dalam Air dan Sedimen Tambak Mangunharjo

Hasil penentuan konsentrasi Cd dalam air tambak di 3 lokasi Tambak Mangunharjo pada bulan Desember 2020 menunjukkan stasiun 2 dan 3 terukur konsentrasi Cd sebesar 0,005 mg/L dan 0,0235 mg/L, sedangkan pada bulan Januari 2021 terukur sebesar 0,323 mg/L; 0,144 mg/L dan 0,189 mg/L berturut-turut pada stasiun 1,2 dan 3. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa sudah melebihi baku mutu air laut untuk biota laut (Lamp. VIII PP No 22 tahun 2021) yang ditetapkan maksimum 0,001 mg/L. Secara lengkap hasil penentuan konsentrasi Cd dalam air dan sedimen tambak ditunjukkan pada Tabel 1. Kadmium merupakan salah satu polutan logam berat yang paling umum di lingkungan perairan (Cheng *et al.*, 2021). Kadmium merupakan logam berat yang memiliki toksisitas yang tinggi terhadap organisme (Hepp *et al.*, 2017). Hasil percobaan Wang *et al.* (2022) menunjukkan bahwa paparan Cd dengan konsentrasi 50 ug/L atau 0,05 mg/L menginduksi stres osmotik sehingga menyebabkan gangguan regulasi osmotik dan konsumsi energi pada juvenil *Portunus trituberculatus*. Oleh karena itu, perairan

Tabel 1. Konsentrasi Cd dalam air dan sedimen di Perairan Tambak Mangunharjo.

Contoh	Desember 2020				Januari 2021				Baku Mutu*
	Stasiun				Stasiun				
	I	II	III	rerata	I	II	III	rerata	
Air (mg/L)	0,001	0,005	0,0235	0,0098	0,323	0,144	0,189	0,2187	0,001
Sedimen (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	1,5

*baku mutu air laut untuk biota laut (Lampiran VIII PP No. 22 tahun 2021)

tambak Mangunharjo yang terukur konsentrasi Cd > 0,1 mg/L pada bulan Januari 2021 potensial memberikan efek stress osmotik pada rajungan yang hidup di dalamnya.

Pada penelitian ini, selain penentuan konsentrasi Cd juga dilakukan pengukuran kualitas air (Tabel 3). Hasil pengukuran menunjukkan ada variasi nilai suhu, pH dan salinitas. Variasi ini potensial memengaruhi konsentrasi dan toksisitas Cd dalam air. Hasil penelitian Piazza *et al.* (2016) menunjukkan bahwa toksisitas Cd menurun dengan adanya kenaikan salinitas, dan akan meningkat seiring peningkatan suhu. Sedangkan hasil penelitian Shi *et al.* (2016) menunjukkan bahwa, kelarutan Cd meningkat dengan penurunan pH. Menurut Ivanina & Sokolova (2015) pengasaman perairan dapat memengaruhi kelarutan, spesiasi dan distribusi logam berat dalam sedimen dan air, berpotensi memengaruhi toksisitas logam terhadap organisme laut.

Hasil penentuan konsentrasi Cd dalam sedimen tambak menunjukkan nilai <0,001 mg/kg. Di Indonesia, belum ada peraturan yang mengatur batas maksimum logam berat dalam sedimen perairan. Oleh karena untuk mengetahui potensi efeknya terhadap biota digunakan baku mutu menurut ANZECC/ARMACANZ (2000). Diketahui bahwa konsentrasi Cd < 0,001 mg/kg dalam sedimen masuk kategori memenuhi baku mutu. Hasil perhitungan faktor konsentrasi Cd (Tabel 2) menunjukkan nilai yang

bervariasi, Pada bulan Desember 2020 berkisar antara 0,0426 – 1. Sedangkan pada bulan Januari 2021 berkisar antara 0,0031 – 0,0069. Nilai ini masuk kategori yang rendah (Siregar & Edward, 2010).

Tabel 2. Faktor Konsentrasi (FK) logam berat Kadmium (Cd) di Tambak Mangunharjo.

Stasiun Penelitian	Waktu	
	Desember 2020	Januari 2021
I	1	0,0031
II	0,2	0,0069
III	0,0426	0,0053

3.2. Konsentrasi Cd dalam Rajungan Tambak Mangunharjo dan Batas Aman Konsumsi

Hasil penentuan konsentrasi Cd di dalam jaringan rajungan menunjukkan semua contoh rajungan telah terkontaminasi dengan Cd. Banyak penelitian yang juga membuktikan bahwa rajungan mampu mengakumulasi Cd (McPherson & Brown, 2001; Fatemi & Khoramnejadian, 2016; Karar *et al.*, 2019). Pada penelitian ini dihitung faktor biokonsentrasi (BCF) Cd dari perairan tambak dan sedimen dasar tambak Mangunharjo yang tersaji dalam Tabel 4.

Hasil perhitungan menunjukkan nilai yang bervariasi pada sampel air yaitu 1.590, 331 dan 60 masing-masing pada stasiun 1, 2 dan 3 pada bulan Desember 2020, sedangkan pada bulan Januari 2021 sebesar 0,75, 1,014

Tabel 3. Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air di Perairan Tambak Mangunharjo.

Parameter	Desember 2020				Januari 2021			
	Stasiun			Rerata	Stasiun			Rerata
	I	II	III		I	II	III	
Suhu (°C)	33	34	33	33,3	31	31	30	30,7
pH	7,5	7,8	7,8	7,7	7,6	8	7,8	7,8
Salinitas (ppt)	35	36	35	35,3	33	29	35	32,3
DO (mg/l)	4,1	6,4	6	5,5	2,26	5,1	4,6	4,0
Kecerahan (m)	0,2	0,18	0,15	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3
Kedalaman (m)	1	0,5	1	0,8	0,5	1	1	0,8
Arus (m/s)	0	0	0,06	0,02	0,05	0,05	0,09	0,1
Curah Hujan (mm)	240	240	240	240	386	386	386	386

Tabel 4. Faktor Biokonsentrasi (BCF) Cd pada Air dan Sedimen di Tambak Mangunharjo.

Stasiun Penelitian	Desember 2020		Januari 2021	
	Air	Sedimen Dasar	Air	Sedimen Dasar
I	1.590	1.590	0,75	242
II	331	1.655	1,014	146
III	60	1.410	0,5	94

Tabel 5. Konsentrasi Cd dalam Rajungan (mg/kg) di Perairan Tambak Mangunharjo.

Waktu pengambilan contoh	Stasiun			Rerata	Baku mutu *
	I	II	III		
Desember 2020	1,59	1,655	1,41	1,552	0,1
Januari 2021	0,242	0,146	0,094	0,161	0,1

*Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan No. 23 tahun 2017

dan 0,5 masing-masing pada stasiun 1, 2 dan 3. Nilai BCF pada sampel sedimen dasar lebih tinggi dibandingkan nilai BCF dari sampel air dari stasiun 1,2 dan 3 secara berurutan yaitu 1.590, 1.655 dan 1.410 pada bulan Desember 2020 dan sebesar 242, 146 dan 94 pada bulan Januari 2021. Berdasarkan hasil perhitungan BCF yang diperoleh termasuk dalam kategori rendah hingga tinggi, sesuai dengan pernyataan Potipat *et al.* (2015) yang menyatakan nilai biokonsentrasi <100 menunjukkan nilai yang rendah, sedangkan antara 100 – 1.000 dan >1.000 berturut-turut adalah sedang dan tinggi. Penyerapan Cd dari air oleh organisme akuatik bervariasi, diantaranya dipengaruhi oleh kualitas lingkungan seperti kesadahan air (terutama ion kalsium), salinitas, suhu, pH, dan kandungan bahan organik (WHO, 1992). Nilai konsentrasi BCF yang didapatkan pada bulan Januari 2021 lebih rendah dibandingkan pada bulan Desember 2020. Kondisi tersebut diduga disebabkan oleh adanya variasi nilai parameter lingkungan seperti suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut dan curah hujan yang berbeda dan berpotensi memengaruhi kadar akumulasi Cd pada air maupun sedimen. Kandungan Cd dalam air dan sedimen dasar tambak yang berbeda, besar kemungkinan akan berpengaruh pada konsentrasi Cd yang terdapat di dalam

jaringan tubuh rajungan (Tabel 5).

Konsentrasi Cd terukur dalam jaringan rajungan pada bulan Desember 2020 rata-rata $1,552 \pm 0,127$ mg/kg dan pada bulan Januari 2021 rata-rata $0,161 \pm 0,075$ mg/kg. Nilai yang didapatkan tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) No. 23 tahun 2017 dengan nilai maksimum 0,1 mg/kg. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi Cd dalam jaringan rajungan, maka rajungan yang tertangkap di sekitar tambak Mangunharjo terindikasi tidak aman untuk dikonsumsi. Menurut Bernard (2008) dalam reviewnya mengenai efek buruk Cd bagi kesehatan manusia disebutkan bahwa Cd yang terserap akan disimpan dalam tubuh manusia dan terakumulasi sepanjang hidup. Cd berpotensi bersifat racun terutama bagi ginjal, yaitu pada sel tubulus proksimal sebagai tempat utama akumulasi. Cd juga dapat menyebabkan demineralisasi tulang, baik melalui kerusakan tulang secara langsung maupun tidak langsung sebagai akibat dari disfungsi ginjal. Rajungan yang telah terkontaminasi Cd tetap akan bisa untuk dikonsumsi oleh manusia, tetapi diperlukan perhitungan batas aman konsumsi atau *Maximum Weekly Intake (MWI)*. Hasil perhitungan MWI menunjukkan bahwa batas aman konsumsi rajungan dari Tambak Mangunharjo yang

telah terkontaminasi Cd sebesar $1,552 \pm 0,127$ mg/L berdasarkan sampel bulan Desember 2020 adalah 0,0065 kg daging/minggu untuk anak-anak dan 0,21 kg daging/minggu untuk orang dewasa. Sedangkan batas aman konsumsi rajungan yang mengandung Cd sebesar $0,161 \pm 0,075$ mg/L berdasarkan sampel bulan Januari 2021 adalah 1,117 kg daging/minggu untuk anak-anak dan 3,75 kg daging/minggu untuk orang dewasa.

IV. KESIMPULAN

Kadmium yang terdapat dalam perairan tambak Mangunharjo terindikasi berasal dari masukan limbah aktivitas industri dan aktivitas manusia disekitarnya. Konsentrasi Cd dalam air ditemukan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan nilai Cd dalam sedimen dasar tambak yang berarti logam berat Cd cenderung banyak terdapat di kolom air. Kandungan Cd yang ditemukan dalam jaringan tubuh rajungan yang tertangkap di perairan tambak Mangunharjo telah melebihi batas baku mutu dalam Peraturan BPOM No. 23 tahun 2017. Sehingga, untuk mengkonsumsi rajungan yang berasal dari perairan tambak Mangunharjo harus disesuaikan dengan perhitungan batas aman konsumsi atau *Maximum Weekly Intake* (MWI) yang diperoleh sebesar 0,0065 kg daging/minggu untuk anak-anak dan 0,21 kg daging/minggu untuk orang dewasa berdasarkan sampel bulan Desember 2020, dan sebesar 1,117 kg daging/minggu untuk anak-anak dan 3,75 kg daging/minggu untuk orang dewasa berdasarkan sampel bulan Januari 2021.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan kegiatan penelitian mandiri dosen dan mahasiswa dari Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang. Penulis

mengucapkan terima kasih atas kontribusi dari para anggota peneliti yang menjadi *author* yang telah menyelesaikan dan bekerjasama sehingga dapat menghasilkan publikasi ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, B., D. Robertson-Andersson, & G. Moodley. 2020. Comparative analysis of trace metal levels in the crab *Dotilla fenestrata*, sediments and water in Durban Bay harbour, Richards Bay harbour and Mlalazi estuary, Kwazulu-Natal, South Africa. *Heliyon*, 6(8): e04725. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04725>
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC). 2000. ANZECC interim sediment quality guidelines. Report for the Environmental Research Institute of the Supervising Scientist. Sydney. Australia. 314 p.
- Ayas, D. 2013. Effects of gender and season on potentially toxic metal levels in muscles of adult blue swimmer crabs (*Portunus pelagicus*) from the Northeastern Mediterranean Sea. *J. Marine Biology & Oceanography*, 2(2): 1-4. <https://doi.org/10.4172/2324-8661.1000110>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia Nomor 23. 2017 Tentang Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan olahan. Jakarta. 7 pp.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan. Jakarta.
- Baki, M.A., M. Hossain, J. Akter, S.B. Quraishi, F.H. Shojib, A. Ullah, & F. Khan. 2018. Concentration of heavy

- metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159: 153-163. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.035>
- Bernard, A. 2008. Cadmium and its adverse effects on human health. *Indian J. Medical Research*, 128(4): 557-640. PMID: 19106447.
- Cahyani, N., D.T.F.L. Batu, & Sulistiono. 2016. Kandungan logam berat Pb, Hg, Cd, dan Cu pada daging ikan rejang (*Silago sihama*) di estuari Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3): 267-276. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v19i3.14533>
- Cheng, C.H, H.L. Ma, Y.Q. Deng, J. Feng, Y.K. Jie, & Z.X. Guo. 2021. Oxidative stress, cell cycle arrest, DNA damage and apoptosis in the mud crab (*Scylla paramamosain*) induced by cadmium exposure. *Chemosphere*, 263: 128277. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128277>
- Fatemi, F. & S. Khoramnejadian. 2016. Investigation of Cadmium and Arsenic Accumulation in *Portunus pelagicus* along the Asalouyeh Coast, Iran. *J. Earth, Environment and Health Science*, 2(1) :34-38. <https://doi.org/10.4103/2423-7752.181805>
- Hepp, L.U., J.A.M.S. Pratas, & M.A.S. Graça. 2017. Arsenic in stream waters is bioaccumulated but neither biomagnified through food webs nor biodispersed to land. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 139: 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.01.035>
- Irianto, H.E. & A. Purnomo. 2000. Keamanan Konsumsi Produk Pangan. *Warta*, 6(2): 2-8.
- Ivanina, A.V. & I.M. Sokolova. 2015. Interactive effects of metal pollution and ocean acidification on physiology of marine organisms. *Current Zoology*, 61(4): 653-668. <https://doi.org/10.1093/czoolo/61.4.653>
- Jeziarska, B. & M. Witeska. 2006. The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. in: Twardowska, I., Allen, H.E., Häggblom, M.M., Stefaniak, S. (eds) Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation. *NATO Science Series*, 69: 3-23. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4728-2_6
- Kamaruzzaman, B.Y., B.A. Akbar John, B.Z. Maryam, K.C.A. Jalal, & S. Shahbuddin. 2012. Bioaccumulation of heavy metals (Cd, Pb, Cu and Zn) in *Scylla serrata* (Forsskal 1775) collected from Sungai Penor, Pahang, Malaysia. *Pertanika J. Tropical Agricultural Science*, 35(1): 183 – 190. <https://core.ac.uk/download/pdf/153832681.pdf#page=194>
- Karar, S., S. Hazra, & S. Das. 2019. Assessment of the heavy metal accumulation in the Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*), northern Bay of Bengal: Role of salinity. *Marine Pollution Bulletin*, 143: 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.033>
- McPherson, R. & K. Brown. 2001. The bioaccumulation of cadmium by the Blue Swimmer Crab *Portunus pelagicus* L. *Science of The Total Environment*, 279(1–3): 223-230. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00799-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00799-9)

- Mirawati, F., E. Supriyantini, & R.A.T. Nuraini. 2016. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2): 121-126. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i2.15731>
- Okocha, R.C. & O.B. Adedeji. 2011. Overview of cadmium toxicity in fish. *J. of Applied Sciences Research*, 7(7): 1195-1207. <https://www.researchgate.net/publication/279602220>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Lampiran VIII Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Mengenai Baku Mutu Air Laut. Jakarta.
- Piazza, V., C. Gambardella, S. Canepa, E. Costa, M. Faimali, & F. Garaventa. 2016. Temperature and salinity effects on cadmium toxicity on lethal and sublethal responses of *Amphibalanus amphitrite* nauplii. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 123: 8-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.023>
- Potipat, J., N. Tangkrockolan, & H.F. Helander. 2015. Bioconcentration factor (BCF) and depuration of heavy metals of oysters (*Saccostrea Cucullata*) and mussels (*Perna Viridis*) in the river basins of coastal area of Chanthaburi Province, Gulf Thailand. *Environment Asia*, 8(2): 118-128. <https://www.tshe.org/ea/pdf/vol8no2-14.pdf>
- Prabawa, A., E. Riani. & Y. Wardianto. 2014. Pengaruh pencemaran logam berat terhadap struktur populasi dan organ tubuh rajungan (*Portunus pelagicus*, Linn). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 4(1): 17-23. <https://doi.org/10.29244/jpsl.4.1.17>
- Prihati, S.R., D. Suprpto. & S. Rudiyaniti. 2020. Kadar logam berat Pb, Fe, dan Cd yang terkandung dalam jaringan lunak kerang batik (*Paphia undulata*) dari Perairan Tambak Lorok, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4(2): 116-123. <https://doi.org/10.14710/pasirlaut.2020.33692>
- Purba, C., A. Ridlo, & J. Suprijanto. 2014. Kandungan logam berat Cd pada air, sedimen dan daging kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Tanjung Mas Semarang Utara. *Journal of Marine Research*, 3(3): 285-293. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i3.6000>
- Rahman, A. 2006. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada beberapa jenis krustasea di pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *BIOSCENTIAE*, 3(2): 93-101. <https://doi.org/10.20527/b.v3i2.155>
- Rianda, B., R.A.T. Nuraini, & Sunaryo. 2019. Konsentrasi logam Pb di *Enhalus acoroides* LF. Royle 1839 (Angiosperms: Hydrocharitaceae) dan lingkungannya di perairan Kartini dan Teluk Awur, Jepara. *Journal of Marine Research*, 8(2): 141-148. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i2.25092>
- Sanjivanie, H.A., N.K.T. Martuti, & S. Ngabekti. 2017. Bioakumulasi kadmium pada Ikan Bandeng di Tambak Wilayah Tapak Semarang. *Life Science*, 6(1): 18-23. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci/article/view/25337>
- Shi, W., X. Zhao, Y. Han, Z. Che, X. Chai, & G. Liu. 2016. Ocean acidification increases cadmium accumulation in marine bivalves: a potential threat to

- seafood safety. *Scientific Reports*, 6: 20197.
<https://doi.org/10.1038/srep20197>
- Siregar, Y.I., & J. Edward. 2010. Faktor konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam sedimen perairan pesisir Kota Dumai. *Maspari Journal*, 1(1): 1-10.
<https://doi.org/10.36706/maspari.v1i1.1007>
- Tunde, O.S., E.C. Abigail, F.O. Kehinde, B.W. Abolore, O.A. Temidayo, & O.M. Olubunmi. 2021, Bioaccumulation of Heavy Metals in Crab and Prawn Tissue from Ojo River, Ojo-Lagos. *Advances in Analytical Chemistry*, 11(1): 9-12.
<https://doi.org/10.5923/j.aac.20211101.02>
- Viswam, D. 2015. Investigation of nutritive value of crabs along kerala coast. Final Report of Minor Research Project. University Grants Commission. New Delhi. 13 p.
- Viswanathan, C., R. Azhaguraj, M. Selvanayagam, & S.M. Raffi. 2013. Heavy metal levels in different tissues of the blue swimming crab (*Portunus pelagicus*, Portunidae) collected from Ennore Estuary. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 3(1): 1-6.
<https://www.researchgate.net/publication/235006145>
- Wang, W., C. Ji, F. Li, & H. Wu. 2022. Toxicological responses of juvenile Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* and swimming crab *Portunus trituberculatus* exposed to cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 234: 113416.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113416>
- World Health Organization (WHO). 1992. Cadmium - environmental aspects. EHC. Geneva. 135p.
- Yousif, R.A., M.I. Choudhary, S. Ahmed, & Q. Ahmed. 2021. Review: Bioaccumulation of heavy metals in fish and other aquatic organisms from Karachi Coast, Pakistan. *Nusantara Bioscience*, 13(1): 73-84.
<https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n130111>
- Zhang, Z., Z. Fang, J. Li, T. Sui, L. Lin, & X. Xu. 2019. Copper, zinc, manganese, cadmium and chromium in crabs from the mangrove wetlands in Qi'ao Island, South China: Levels, bioaccumulation and dietary exposure. *Watershed Ecology and the Environment*, 1: 26-32.
<https://doi.org/10.1016/j.wsee.2019.09.001>
- Submitted : 24 June 2022*
Reviewed : 01 September 2022
Accepted : 17 December 2022

FIGURE AND TABLE TITLES

- Figure 1. Location of the research station in Tambak Mangunharjo Waters, Semarang*
- Table 1. Cd Concentration in water and sediment from Mangunharjo Pond waters*
- Table 2. Concentration Factor (CF) of Heavy metal Cadmium (Cd) in Mangunharjo pond*
- Table 3. Measurement Result of Water Quality Parameters in Mangunharjo Pond waters*
- Table 4. Bioconcentration Factor (BCF) of Cd in water and sediment from Mangunharjo pond*
- Table 5. Cd Concentration in Blue Swimming Crabs (mg/kg) from Mangunharjo Pond waters.*