

KONSENTRASI MERKURI (Hg) DI SEDIMEN PERAIRAN CIREBON, JAWA BARAT PADA MUSIM PERALIHAN TIMUR

MERCURY (Hg) CONCENTRATION IN SEDIMENT WATERS OF CIREBON, WEST JAVA DURING EAST TRANSITIONAL MONSOON

Ani Haryati^{1,2*}, Tri Prartono³, & Dwi Hindarti⁴

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 53122, Indonesia

³Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

⁴Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta, 14430, Indonesia

*E-mail: ani.haryati@unsoed.ac.id

ABSTRACT

Cirebon waters are one of the areas with dense fishing, industrial and human activities can cause heavy metal pollution in these waters. This study aims to analyze the Hg content in sediments and their relationship with environmental characteristics in three research sites on the Cirebon coast: i.e., Bondet, Sukalila, and Kejawan. Nine research points were selected at each location. In situ analysis was carried out for temperature, salinity, pH, and DO variables. In addition, surface sediment samples were taken at variations in water depth between 1–6 m. Grain fraction, organic carbon, and heavy metal Hg were analyzed from each of the sediment samples. The results showed that the surface temperature, salinity, pH, and DO of Cirebon waters ranged from 31.09–32.30 °C; 26.4–30.10‰; 7.66–8.56; and 4.50–6.87 mg/L. Cirebon waters are dominated by silt and clay about 1% organic carbon. Mercury in sediments is still considered safe for aquatic life with a concentration of 29.36–68.55 µg/kg-dw. Principal Component Analysis shows that the three study sites have different water characteristics and hence, influence the Hg deposition. Overall, although Hg accumulation occurs, it is ecologically safe for biota life. Sedimentary accumulation of Hg was probably due to the terrestrial input and the condition of environmental deposition such as riverine flow and coastal current.

Keywords: Cirebon waters, heavy metals, mercury, sediments

ABSTRAK

Perairan Cirebon merupakan salah satu wilayah dengan aktivitas perikanan, industri, dan manusia yang padat, sehingga dapat menyebabkan pencemaran logam berat di perairan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan Hg di sedimen dan hubungannya dengan karakteristik lingkungan di beberapa lokasi penelitian pada beberapa wilayah pesisir Cirebon: Bondet, Sukalila, dan Kejawan. Sembilan titik penelitian dipilih pada setiap lokasi. Analisis *in situ* dilakukan untuk variabel suhu, salinitas, pH, dan DO. Selain itu, sampel sedimen permukaan diambil pada variasi kedalaman perairan antara 1-6 m. Fraksi butir, karbon organik, serta logam berat Hg dianalisis dari setiap sampel sedimen. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa suhu permukaan, salinitas, pH, dan DO Perairan Cirebon berkisar 31,09–32,30 °C; 26,4–30,10‰; 7,66–8,56; dan 4,50–6,87 mg/L. Sedimen Perairan Cirebon didominasi oleh lanau lempungan serta karbon organik sekitar 1%. Kandungan merkuri pada sedimen masih tergolong aman untuk kehidupan akuatik dengan konsentrasi 29,36–68,55 µg/kg-bk. Analisis komponen utama menunjukkan bahwa ketiga lokasi penelitian memiliki karakteristik perairan berbeda dan selanjutnya memengaruhi pola akumulasi Hg di sedimen. Secara keseluruhan, walaupun terdapat akumulasi Hg di sedimen, namun kondisi masih tergolong aman untuk kehidupan biota. Akumulasi diduga dipengaruhi oleh sumber dari daratan dan kondisi lingkungan pengendapan seperti aliran air sungai dan arus pantai.

Kata Kunci: logam berat, merkuri, Perairan Cirebon, sedimen

I. PENDAHULUAN

Kegiatan sekitar Perairan Cirebon beragam dan dinamis, meliputi aktivitas pelabuhan, perikanan tangkap, budidaya, industri, PLTU, dan sebagainya. Tahun 2011 kunjungan kapal di Pelabuhan Cirebon mencapai 1728 unit, meliputi: 1636 unit pelayaran dalam negeri, 50 unit pelayaran luar negeri, 30 unit pelayaran rakyat, dan 12 unit pelayaran lainnya (Ismail, 2014). Pesatnya perkembangan di kawasan pesisir Cirebon dapat memberikan pengaruh pada kualitas Perairan Cirebon, termasuk potensi pencemaran logam berat merkuri (Hg). Pencemaran logam ini sangat berbahaya, karena memiliki tingkat toksisitas tinggi walaupun dalam kadar rendah serta dapat terakumulasi dalam sistem biologis (Hajeb *et al.*, 2009; Muto *et al.*, 2014; Ziyaadini *et al.*, 2017). Akumulasi Hg dalam bahan pangan dari laut telah diketahui menyebabkan berbagai kasus penyakit yang dapat menyebabkan keracunan hingga kematian, seperti yang terjadi di Teluk Minamata Jepang dan Teluk Buyat Sulawesi Utara (Minamata Disease Municipal Museum, 2007; Lutfillah, 2011).

Logam berat Hg dapat masuk ke perairan melalui atmosfer yang terdeposisi ke perairan dan terestrial melalui limpasan air sungai (Benoit *et al.*, 2003; Braune *et al.*, 2015). Logam berat Hg bersifat persisten dan di perairan dapat terlarut maupun terikat membentuk senyawa yang kemudian mengendap di dasar sedimen (Riley & Chester, 1976; Darmono, 2001; Sanusi, 2006). Konsentrasi Hg pada sedimen di wilayah pesisir Indonesia cukup bervariasi, seperti: konsentrasi Hg di sedimen Muara Angke dan Muara Kamal berkisar 0,02–420 µg/kg, Teluk Kao Halmahera 14–151 µg/kg, Muara Sungai Poboyo 10,3–185 µg/kg, dan Teluk Palu 17–287 µg/kg (Arifin, 2008; Edward, 2008; Purnawan *et al.*, 2013; Paundanan *et al.*, 2015).

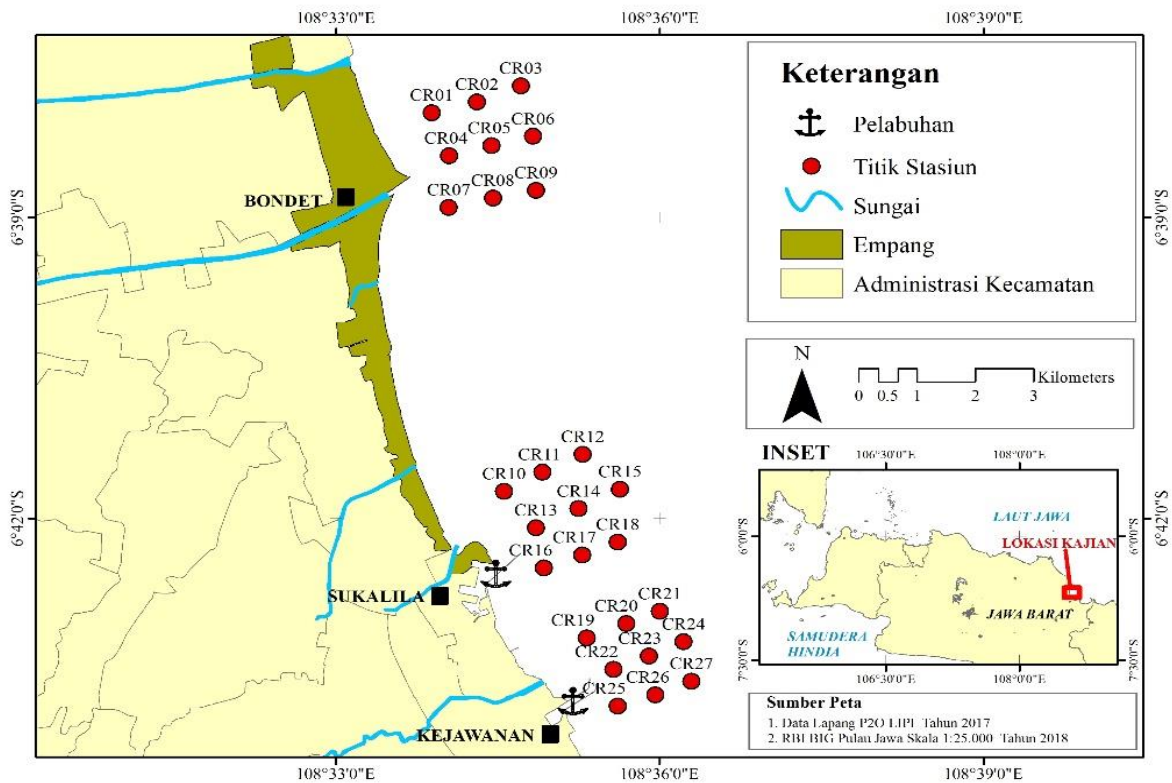
Akumulasi logam berat Pb, Cd, dan Cu, pada sedimen Perairan Cirebon menunjukkan kadar yang tinggi, yaitu logam

Cu berada pada rentang 16,03–28,05 mg/kg–bk (berat kering) dan Cd, Cu, Pb, dan Zn di estuari Cisanggarung sebesar 0,73; 31,4; 23,9; dan 143 mg/kg–bk (Puspitasari, 2011; Budiyanto & Lestari, 2014). Informasi pencemaran logam Hg di Perairan Cirebon masih sangat terbatas. Oleh karena itu, kajian kandungan Hg di sedimen sangat penting untuk dapat mengetahui kondisi pencemaran yang dapat terakumulasi pada biota ekonomis di wilayah pesisir. Riset ini bertujuan untuk menganalisis potensi asal sumber Hg di sedimen Perairan Cirebon dan kaitannya dengan karakteristik kimia air dan komposisi sedimen, sehingga diharapkan dapat menunjukkan tingkat akumulasi Hg di Perairan Cirebon.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Jenis Sampel

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di depan pantai (*foreshore*) Perairan Cirebon pada April 2017. Lokasi pengambilan sampel terbagi atas tiga stasiun, yaitu Bondet di sisi utara, Sukalila di sisi tengah, dan Kejawan di sisi selatan dengan jarak ± 500 m (Gambar 1) antar titik pengambilan sampel di setiap lokasi stasiun. Setiap stasiun memiliki 9 titik pengambilan sampel yang dicatat pada GPS Garmin ETrex 10. Penentuan titik stasiun dilakukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan keterkaitan aktivitas manusia yang diduga sebagai sumber masuknya bahan pencemar Hg dari daratan. Sampel yang diambil terdiri dari parameter fisika kimia perairan dan sedimen permukaan di ketiga perairan tersebut. Pengambilan sampel sedimen permukaan dilakukan dengan menggunakan *Smith-McIntyre*. Sampel sedimen dibagi menjadi tiga bagian masing-masing untuk analisis fraksi butir sedimen, karbon organik, dan logam berat Hg. Sampel sedimen untuk karbon organik dan Hg disimpan dalam HDPE Nalgene 1 L dan diawetkan pada suhu 4 °C untuk menjaga sampel agar tidak teroksidasi.



Gambar 1. Peta lokasi dan titik stasiun pengambilan data kualitas air dan kimia sedimen di Pantai Cirebon.

2.2. Parameter Air

Pengukuran air permukaan *in situ* meliputi suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) dengan menggunakan alat kualitas air jinjing/portabel Horiba U50.

2.3. Fraksi Butir Sedimen

Distribusi ukuran butir menggunakan metode Granulometri (Hubbard & Pocock, 1972; Hsieh, 1995; Rzasa & Owczarzak, 2013; Bayhaqi & Dungga, 2015; Purnawan *et al.*, 2015). Klasifikasi ukuran butir sedimen berdasarkan pada skala *Wentworth* (Wentworth, 1922; Flemming, 2011; Putra & Nugroho, 2017). Analisis fraksi butir sedimen dilakukan di Laboratorium Geologi Laut Pusat Riset Oseanografi Badan Riset dan Inovasi Nasional. Pemisahan ukuran butir sedimen menggunakan ayakan bertingkat (*sieve analysis*) dengan ukuran, yaitu: 1; 0,5; 0,25; 0,125; dan 0,063 mm. Jenis sedimen ditentukan dengan menggunakan diagram *Shepard* 1954 (Dyer,

1986; Felmming, 2011; Nugroho & Basit, 2014). Persentase ukuran sedimen diperoleh dari hasil perbandingan antara berat sedimen yang tertahan pada setiap ukuran ayakan dengan berat awal sedimen (Shepard, 1954; Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

2.4. Karbon Organik Sedimen

Sedimen terlebih dahulu dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam (Marchio *et al.*, 2016), kemudian ditimbang setelah sebelumnya disimpan di dalam desikator selama kurang lebih 1 jam. Sebanyak 1 g sampel diambil untuk dilakukan pengasaman dengan penambahan HCl 1 N sebanyak 1 mL. Penambahan HCl dilakukan untuk menghilangkan karbonat yang berada di dalam sampel sedimen (Schummacer, 2002; Burone *et al.*, 2003; Howard *et al.*, 2014; DelVecchia *et al.*, 2014; Suratman *et al.*, 2017). Pengukuran karbon organik dilakukan dengan alat *LECO CNS analyzer*. Sampel dibakar pada tabung pembakaran dengan suhu 900–1000 °C. *Output* yang dihasilkan

berupa grafik dengan satuan persen karbon (%C). Penjaminan mutu dan akurasi pengukuran menggunakan *CRM SOIL Calibration Sample CHNS LECO 1016*.

2.5. Merkuri di Sedimen

Preparasi sampel sedimen permukaan dilakukan dengan terlebih dahulu mengeringkan sampel sedimen pada suhu 60 °C selama 24 jam. Sedimen kering dihomogenkan dengan cara digerus dengan menggunakan cawan dan mortar, kemudian dicuplik 10–20 mg untuk selanjutnya dilakukan pengukuran Hg dengan instrumen *Mercury Analyzer 3000 (MA-3000)*. Metode yang digunakan adalah *thermal vaporization atomic absorption spectrophotometry* mengacu pada USEPA 7473, ASTM D-6722-01, dan D 7623-10 dengan deteksi minimum (*detection limit*) hingga 0,002 ng (NIC, 2015). Nilai konsentrasi Hg didasarkan pada kurva kalibrasi dari nilai larutan standar Hg. L-sistein ditambahkan pada larutan standar Hg untuk mengontrol perubahan konsentrasi Hg. Satuan konsentrasi Hg yang terukur dinyatakan dalam µg/kg berat kering (bk). Pengukuran dilakukan dengan tiga kali ulangan pada setiap sampel. Penjaminan kualitas pengukuran Hg dilakukan dengan melakukan pengukuran Hg pada CRM PACS-3.

2.6. Pengolahan Data

Analysis of Variance (ANOVA) digunakan untuk mengetahui perbedaan

konsentrasi akumulasi Hg sedimen dari ketiga lokasi penelitian. *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk menemukan relasi antara akumulasi Hg dengan parameter air dan komposisi sedimen.

2.7. Perbandingan dengan *Sediment Quality Guidelines*

Hasil pengukuran konsentrasi Hg dibandingkan dengan beberapa standar mutu yang digunakan di beberapa negara (Tabel 1).

Nilai baku mutu Hg sedimen dari ANZECC & ARMCANZ terbagi ke dalam dua kategori yaitu *low* yang menunjukkan efek toksisitas rendah tetapi perlu adanya perhatian lebih lanjut dan *high* menunjukkan nilai acuan sebagai evaluasi dampak buruk yang dialami oleh setengah populasi paparan (ANZECC & ARMCANZ, 2000). Standar baku mutu di Kanada dalam CCME juga menunjukkan nilai *Interim Sediment Quality Guideline* (ISGQ) sebagai batas efek negatif yang dialami oleh biota dan *Probable Effect Level* (PEL) sebagai efek biologis merugikan yang dialami biota akibat paparan bahan pencemar (CCME, 2001). *National Oceanic and Atmospheric Administration* menetapkan baku mutu berdasarkan nilai *Effect Range Low* (ERL) dan *Effect Range Medium* (ERM) yang menunjukkan kriteria hubungan antara konsentrasi bahan kimia pada sedimen dengan indikator kerusakan biologis yang ditimbulkan (NOAA, 2004).

Tabel 1. Standar baku mutu Hg sedimen di beberapa negara.

Standar Baku Mutu	Konsentrasi Hg (µg/kg-bk)	Sumber
Australia dan New Zealand	<i>Low</i> : 150 <i>High</i> : 1000	ANZECC & ARMCANZ, 2000
Kanada	ISQG: 130 PEL: 700	CCME, 2001; Simpson <i>et al.</i> , 2013
<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (NOAA)	ERL: 150 ERM: 710	NOAA, 2004

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

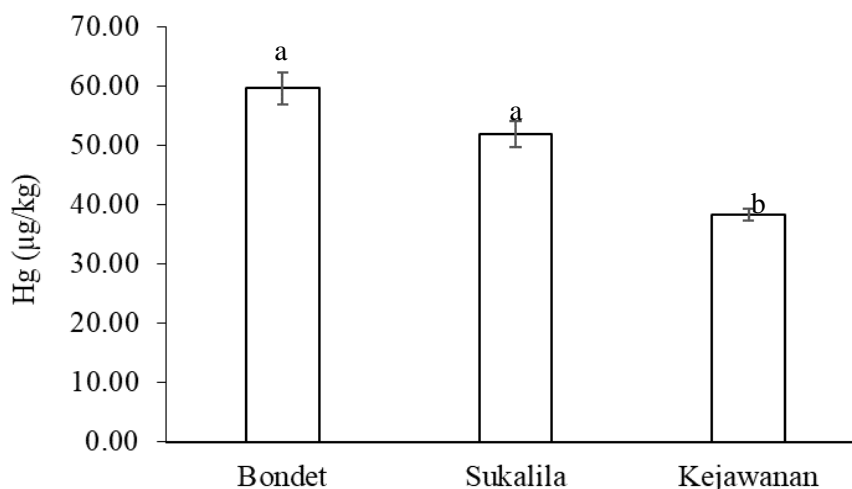
3.1. Konsentrasi Hg di Sedimen Pantai dan Potensi Bahayanya

Konsentrasi Hg di sedimen pantai Perairan Cirebon bervariasi dan mengindikasikan gradasi konsentrasi dari wilayah Perairan Bondet, Sukalila menuju Kejawan (Gambar 2). Konsentrasi Hg di sedimen Perairan Bondet tertinggi dengan konsentrasi 50,33–68,55 $\mu\text{g/kg-bk}$ dan rata-rata 59,57 $\mu\text{g/kg-bk}$, dan cenderung menurun di sedimen Perairan Sukalila berkisar 36,25–68,11 $\mu\text{g/kg-bk}$ dengan rata-rata 51,86 $\mu\text{g/kg-bk}$, serta di sedimen Perairan Kejawan dengan nilai 29,36–44,96 $\mu\text{g/kg-bk}$ dan rata-rata 38,32 $\mu\text{g/kg-bk}$. Uji statistika ANOVA menunjukkan bahwa konsentrasi Hg di sedimen Perairan Bondet dan Sukalila berbeda nyata dengan konsentrasi Hg di Perairan Kejawan ($p < 0,05$).

Konsentrasi Hg pada sedimen Perairan Cirebon secara umum termasuk relatif rendah jika dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan di lokasi lain, seperti sedimen di Perairan Gresik, Perairan Lombok, dan Teluk Kao. Lestari dan Budiyo (2013; 2016) menunjukkan bahwa Hg sedimen di Perairan Gresik berkisar 440–330 $\mu\text{g/kg-bk}$ dan di sedimen Perairan Lombok 70–240 $\mu\text{g/kg-bk}$,

serta terjadi variasi kandungan Hg di sedimen perairan Teluk Kao pada 2008 hingga 2013. Hasil penelitian Hg sedimen di Teluk Kao Halmahera Utara menunjukkan bahwa pada tahun 2008 konsentrasi Hg berkisar 14–151 $\mu\text{g/kg-bk}$, 2011 meningkat menjadi 830–1320 $\mu\text{g/kg-bk}$, dan 2013 menurun dengan rata-rata 120 $\mu\text{g/kg-bk}$ (Edward, 2008; Samman, 2014). Nurhayati & Putri (2018) juga melaporkan konsentrasi Hg sedimen perairan Bondet berkisar 3–6 $\mu\text{g/kg-bk}$, nampak lebih rendah dari hasil penelitian ini.

Secara umum, kandungan Hg di sedimen Perairan Cirebon masih di bawah nilai yang ditetapkan oleh ANZECC/ARMCANZ, CCME serta NOAA. *National Oceanic and Atmospheric Administration* (1999; 2004) menunjukkan bahwa Hg sebesar 150 $\mu\text{g/kg}$ akan memberikan efek rendah (ERL) dan 710 $\mu\text{g/kg}$ akan memberikan efek tinggi (ERM) pada biota. Liu *et al.* (2012) menyebutkan bahwa dengan penambahan 20 mg/L Hg^{2+} dapat menyebabkan perubahan profil metabolik dan respons kerang *Ruditapes philippinarum*. Mengacu pada nilai ISQG dan PELs pada CCME serta ERL dan ERM pada NOAA dengan konsentrasi rata-rata Hg sedimen Perairan Cirebon yang rata-rata berkisar 38,32–59,57 $\mu\text{g/kg-bk}$ kemungkinan



Gambar 2. Rata-rata konsentrasi Hg di sedimen Perairan Bondet, Sukalila, dan Kejawan (a: tidak berbeda nyata; b: berbeda nyata; sdev = 6,82; n = 27 sampel).

belum memberikan efek terhadap biota perairan. Walaupun terdapat peningkatan Hg sedimen dari Perairan Kejawan, Sukalila, ke Perairan Bondet, sedimen di perairan ini masih tergolong aman secara ekologis dari cemaran Hg.

3.2. Potensi Aliran Sungai terhadap Konsentrasi Hg di Sedimen

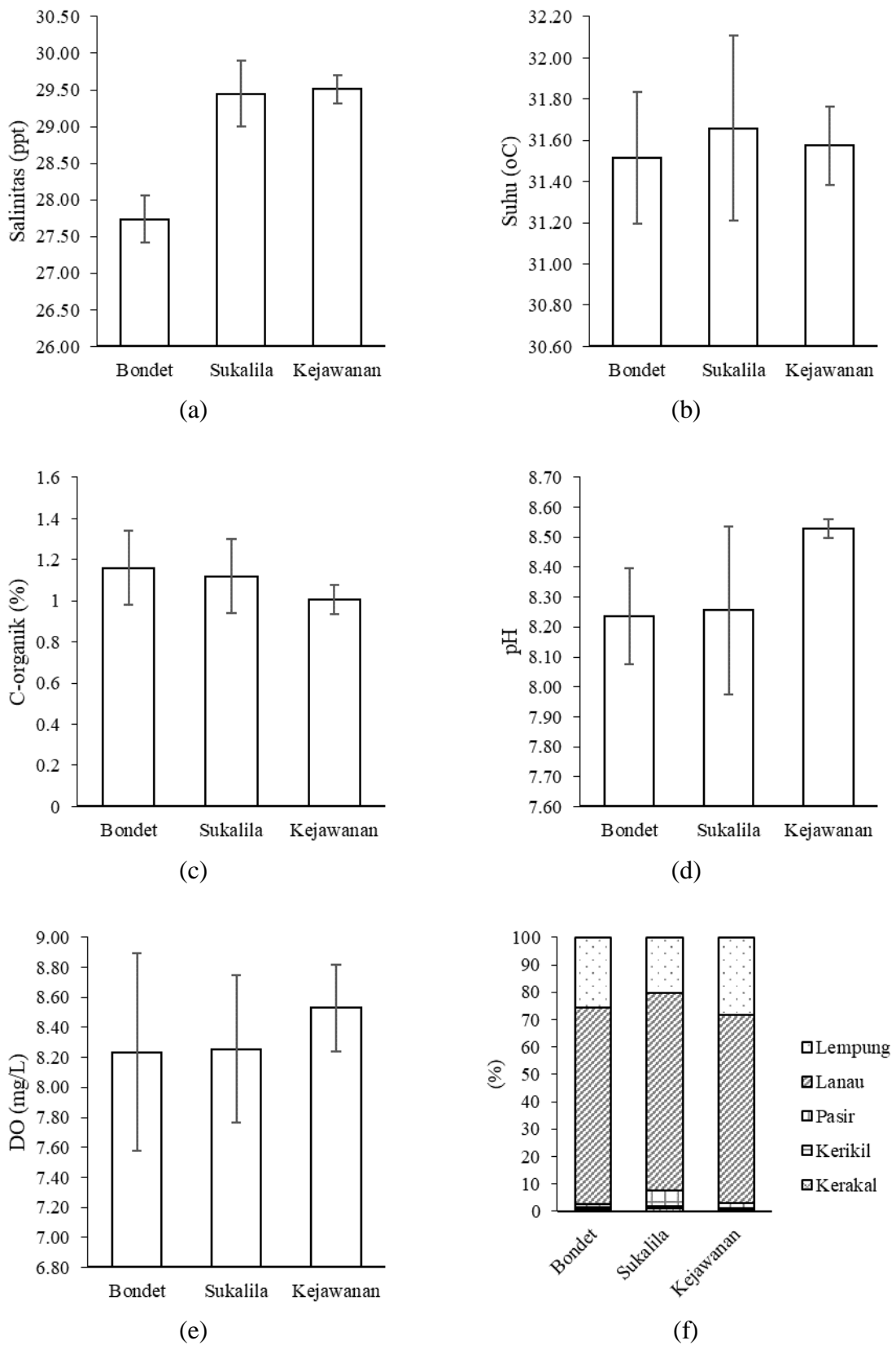
Informasi di atas jelas menunjukkan keberadaan konsentrasi Hg pada sedimen di Perairan Cirebon. Berbagai penelitian disampaikan bahwa konsentrasi Hg di sedimen termasuk rendah, seperti: di Teluk Perairan Gresik (440–330 µg/kg-bk), perairan Lombok (70–240 µg/kg-bk), Teluk Kao (3–80 µg/kg-bk), dan rata-rata 300 µg/kg-bk di perairan dalam Norwegia (Lestari & Budiyanto, 2013; Samman, 2014; Letari & Budiyanto, 2016; Azad *et al.*, 2019). Sebaliknya, beberapa aktivitas industri sangat berkontribusi ke lingkungan melalui buangan, karena Hg banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam suatu produksi kegiatan industri obat-obatan kimia, peralatan listrik, cat, serta produk pertanian seperti pupuk dan pestisida (Pirrone *et al.*, 2010; Hoseini *et al.*, 2011; Driscoll *et al.*, 2013). Pada kasus perairan pesisir Cirebon, kegiatan di wilayah pesisir sangat bervariasi dan kompleks, mulai dari kegiatan budidaya kerang, tambak udang, pelabuhan, pemukiman padat penduduk, PLTU, hingga kegiatan industri. Diantara kegiatan tersebut, yang berpotensi mengandung Hg adalah limbah yang berasal dari industri obat-obatan, kedokteran, dan pestisida (Puspitasari, 2011; Zhou *et al.*, 2018; Azad *et al.*, 2019).

Hg masuk ke perairan laut Cirebon dapat melalui aliran sungai atau atmosfer. Besar kecilnya peran dan potensi aliran sungai dalam sebaran Hg di perairan laut dapat didekati dengan menganalisis karakter kimia perairan, seperti: salinitas, bahan organik, pH, dan DO. Hal ini diasumsikan bahwa proses pada sistem pelagik dan sistem bentik dalam penelitian ini sama, yaitu pada kondisi aerobik dan ditandai dengan kadar

DO perairan yang baik. Ketiga lokasi penelitian ini dilalui sungai besar yang bermuara ke laut, seperti Sungai Bondet, Sungai Sukalila, dan Sungai Kasunean di wilayah Kejawan (BPPD, 2015; Triharto, 2018). Ciri kontribusi fluks sungai dapat ditunjukkan dengan beberapa parameter terutama salinitas, yang pengaruhnya akan ditandai dengan penurunan salinitas air laut dimulut sungai. Pengukuran secara *in situ* memperlihatkan bahwa salinitas di Perairan Cirebon sekitar 26,4–28,4‰ di perairan mulut Sungai Bondet dan salinitas ini lebih rendah daripada di perairan mulut sungai lainnya (Gambar 3a). Penurunan ini menjadi indikasi peran aliran Sungai Bondet, dan karenanya aliran sungai sangat potensial sebagai transport polutan termasuk logam Hg dari daratan daripada sungai lainnya. Hasil penelitian Sudirman & Husrin (2014) menunjukkan kisaran salinitas yang rendah di pesisir Perairan Cirebon 25,2–29,0‰.

Pengaruh dari Sungai Bondet juga dapat dilihat dari kondisi bahan organik dan pH. Hasil pengamatan menunjukkan rata-rata karbon organik di sedimen pantai depan mulut Sungai Bondet yang relatif lebih tinggi yaitu 1,16% dibandingkan dengan Sukalila dan Kejawan berturut-turut yaitu 1,12% dan 1,01% (Gambar 3c). Wilayah pesisir Bondet sebagian besar merupakan wilayah pembudidayaan kerang, tambak udang, serta memiliki area persawahan yang lebih luas dibandingkan dua lokasi penelitian lainnya (BPPPPD, 2009). Keberadaan bahan organik dapat menstimulasi peran dekomposisi yang berdampak pada penurunan pH dan DO relatif di sungai yang tinggi bahan organik. Peningkatan bahan organik umumnya diikuti dengan intensitas dekomposisi yang mengakibatkan penurunan pH dan oksigen terlarut karena pemanfaatannya oleh bakteri pendekomposisi. Hasil pengamatan di depan mulut sungai Bondet nampak sejalan dengan teori tersebut walaupun masih relatif baik (Gambar 3d dan 3e).

Faktor lain yang mungkin dapat menunjukkan potensi pasokan daratan adalah tipe sedimen perairan. Komposisi sedimen



Gambar 3. Rata-rata nilai salinitas (a), suhu perairan (b), total organik karbon (c), pH (d), DO (e), dan persentase fraksi sedimen (f) di Perairan Pantai Cirebon (n=27 sampel).

hasil analisis fraksi butir menunjukkan adanya lima fraksi besar sedimen, yaitu kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung (Gambar 3f). Secara umum, sedimen Perairan Cirebon didominasi oleh jenis lanau lempungan dan lanau. Walaupun komposisi ukuran butiran sedimen di ketiga wilayah penelitian kurang ada perbedaan, analisis diskriminan menunjukkan bahwa Perairan Bondet memiliki persentase komposisi pasir yang relatif lebih rendah dibandingkan Sukalila dan Kejawan.

Dinamika fisik oseanografi seperti arus dan gelombang sangat berpengaruh pada pendistribusian selama transport dan deposisi sedimen (Wachecka–Kotkowska & Kotkowski, 2011; Neopane & Surandra, 2013). Venkatramanan *et al.* (2011) serta Nugroho & Basit (2014) menyatakan bahwa fluktuasi energi dan arus akan menyeleksi ukuran butir yang ditransportasikan pada proses sedimentasi, sehingga memberikan variasi pada ukuran butiran sedimen dasar perairan. Dominasi lanau pada sedimen pesisir Cirebon menunjukkan bahwa fluktuasi energi dan arus di wilayah pesisir Perairan Cirebon tergolong lemah. Musim barat arus Perairan Cirebon berkisar 0,04–0,35 m/s dan rata-rata 0,19 m/s (Astjario, 2006; Leksono *et al.*, 2013).

Uraian di atas menggambarkan bahwa Sungai Bondet nampak memberikan pengaruh penting sebagai penyebaran material dari daratan daripada Sungai Sukalila dan Kesunean. Hal ini berakibat jika dalam aliran Sungai Bondet terdapat bahan yang mengandung Hg dengan sendirinya akan mengalir ke laut, kemudian terdeposisi karena faktor hidrodinamika dan pada akhirnya mengalami pengendapan dan akumulasi.

3.3. Karakteristik Kimia Lingkungan dan Pengaruhnya terhadap Akumulasi Hg di Sedimen

Konsentrasi Hg sedimen pada tiga wilayah menunjukkan nilai yang berbeda dengan konsentrasi Hg tertinggi yang berada di depan mulut Sungai Bondet. Hal ini

menunjukkan bahwa potensi pasokan air sungai menjadi faktor penting terhadap konsentrasi Hg di sedimen. Deposisi Hg di sedimen sangat dipengaruhi oleh pasokan sumber logam dan proses pantai, dan potensi sumber yang diduga melalui sungai Bondet. Bagian ini menjelaskan mekanisme peran lingkungan terhadap pengendapan (akumulasi) Hg di sedimen. Proses absorpsi dan desorpsi Hg berperan dalam distribusi Hg, transformasi, penyerapan pada organisme, dan tingkat toksisitas Hg (Boszke *et al.*, 2003; Batrakova *et al.*, 2014; Gworek *et al.*, 2016). Adsorpsi logam terlarut ke dalam partikel sangat penting dalam proses pengendapan logam berat, dan adsorpsi ini ditentukan oleh beban partikel, salinitas, pH, bahan organik dan konsentrasi oksigen terlarut. Kandungan partikel suspensi dari sungai yang tinggi akan memudahkan proses adsorpsi, terutama partikel yang terlapis bahan organik. Salinitas dan pH tinggi akan juga mampu meningkatkan adsorpsi logam, tetapi sebaliknya oksigen terlarut tinggi mungkin berpengaruh secara tidak langsung terhadap pengendapan logam berat.

Analisis PCA (Gambar 4) menunjukkan informasi penting terhadap sumbu utama F1 dan F2 dengan kontribusi masing-masing sumbu sebesar 36,29% untuk sumbu F1 dan 26,85% untuk sumbu F2 dari ragam total sebesar 63,14%. Sumbu F1 dicirikan oleh variabel salinitas, pH, DO, C-organik dan Hg sedimen. Variabel lanau dan lempung berkontribusi dalam pembentukan sumbu F2. Gambar 4 menunjukkan bahwa parameter Hg sedimen cukup kuat dengan parameter lanau dan C-organik.

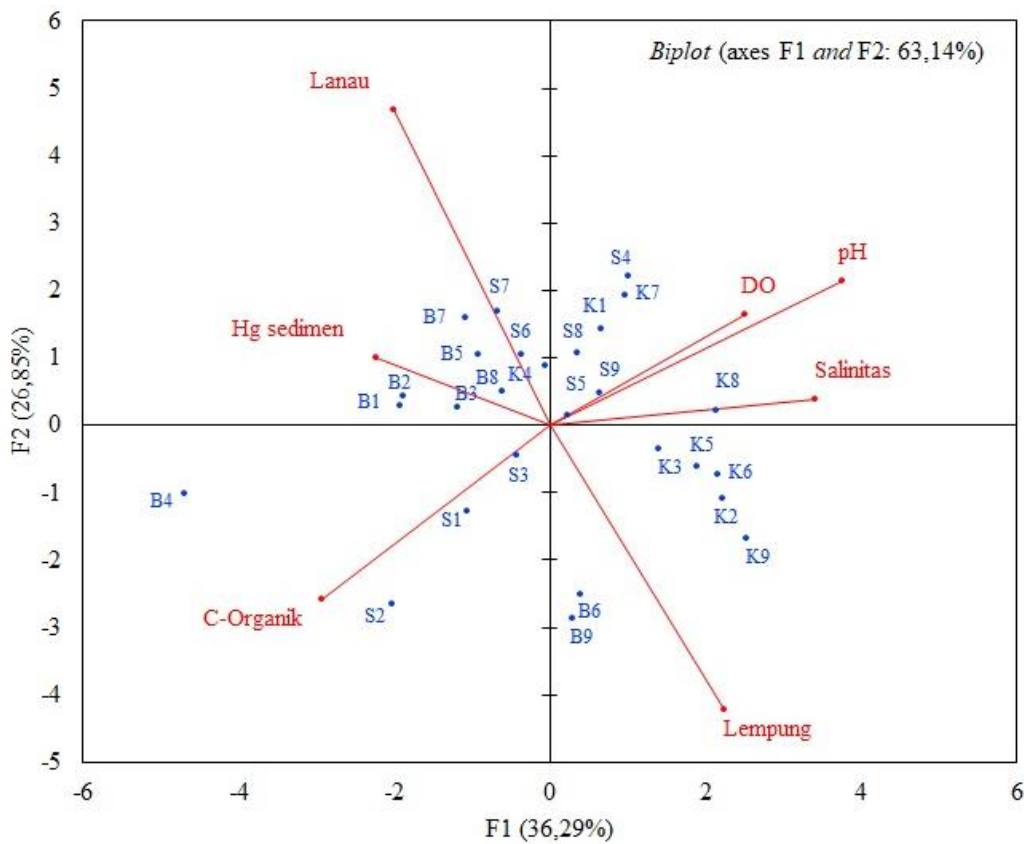
Karakteristik utama dari parameter air di tiap lokasi adalah kadar salinitas yang lebih rendah di depan pantai (*foreshore*) Sungai Bondet, jika dibandingkan dengan kedua lokasi lainnya. Rendahnya salinitas di wilayah Bondet selaras dengan konsentrasi Hg di sedimen relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perairan bersalinitas rendah di depan Pantai Sukalila dan Kejawan.

Seperti disajikan pada Gambar 3a dan 3c, parameter seperti salinitas dan pH menunjukkan nilai yang sangat mendukung adsorpsi logam ke dalam materi tersuspensi. Peningkatan salinitas akan diikuti dengan adsorpsi logam karena interaksi dengan kandungan garam yang meningkat dengan salinitas. Pada salinitas logam terlarut akan mengalami penurunan dari salinitas 5 sampai 36‰ yang menunjukkan adanya penyerapan (Chester & Jickells, 2012). Demikian pula dengan pH tinggi, logam akan mudah terikat dalam partikel pada pH di atas 7.8 (Hatje *et al.*, 2003). Materi yang mengadsorpsi adalah partikel tersuspensi seperti lempung dan lanau, dan pengikatan semakin baik dengan adanya kandungan bahan organik. Semakin tinggi kandungan partikel semakin banyak logam terlarut teradsorpsi (Hatje *et al.*, 2003; Chester Jickells, 2012).

Dominasi ukuran butiran halus (lanau lempungan dan lanau) mengindikasikan

bahwa sedimen tidak hanya mendapatkan pasokan partikel halus, tetapi juga proses pantai yang relatif lamban (Gambar 3e). Gambar 4 menunjukkan Hg memiliki korelasi tinggi dengan lanau yang berukuran halus dan mendominasi jenis ukuran butir sedimen di Perairan Cirebon dibandingkan dengan lempung. Partikel halus sangat menunjang penyerapan logam terlarut, dan keberadaanya di sedimen menunjukkan deposisi arus lemah. Ukuran butiran partikel lumpur (lempung dan lanau, <0,0625 mm) dapat terendapkan pada kecepatan aliran maksimum 0,5 cm/det atau 12 m/jam (Sherman *et al.*, 2013). Hal ini mengindikasikan arus yang terjadi di wilayah perairan nampak sangat lambat.

Partikel tersuspensi yang telah menyerap Hg terlarut akan diendapkan dan pengendapan ini dipengaruhi oleh proses pantai seperti gelombang dan arus pasut. Pengendapan partikel halus seperti lumpur



Gambar 4. Analisis PCA berdasarkan variabel fisik-kimia perairan, Hg sedimen, dan titik pengambilan sampel.

(lanau dan lempung) mengandung Hg terdistribusi sesuai dengan kecepatan arus. Arus relatif kuat dapat mengendapkan partikel yang relatif kasar, sedangkan arus lemah akan mengendapkan partikel berukuran lebih halus. Pada kasus wilayah penelitian ini, pengendapan diperkirakan dalam kondisi arus yang relatif sama, hal tersebut diindikasikan dari komposisi sedimen halus relatif sama pada ketiga wilayah. Gradasi konsentrasi Hg dari depan Pantai Bondet ke arah Kejawan mengindikasikan bahwa sebagian lumpur yang mengandung Hg banyak terdeposisi di Pantai Bondet. Sebagian material lainnya kemudian terdeposisi di Pantai Sukalila dan Pantai Kejawan.

IV. KESIMPULAN

Sedimen di wilayah penelitian ini telah terkontaminasi dengan Hg, namun masih dapat dikategorikan aman secara ekologis. Sumber pencemaran ini diduga berasal dari daratan baik karena proses alami maupun pengaruh aktivitas antropogenik. Akumulasi Hg di sedimen kemungkinan terjadi melalui proses adsorpsi-desorpsi selama proses transport material tersuspensi. Partikel yang mengandung sedimen selanjutnya diendapkan secara gradual dari potensi masuknya sumber dan bergerak menjauh akibat adanya arus pantai yang relatif lamban. Pola pengaturan dan pengelolaan sistem buangan limbah domestik dan industri yang berpotensi mengandung logam berat khususnya Hg perlu memperhatikan karakteristik fisik Perairan Cirebon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian Pengembangan Kualitas Sedimen yang dibiaya oleh DIPA Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (P2O LIPI) tahun anggaran 2017. Terima kasih penulis ucapkan untuk Dr. Hedi Indra Januar;

Triyoni Purbonegoro, M.Si.; M. Reza Cordova, PhD.; Lestari, M.Si.; Fitri Budiyanto M.Sc.; Abdul Rozak, A.Md.; Taufik Kaisupy; dan Eston Matondang, A.Md. (Alm) atas bantuan yang diberikan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Z. 2008. Kajian Perubahan Ekologis Perairan Teluk Jakarta. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. LIPI-Press. Jakarta. 211-228 pp.
- Astjario, P. 2006. Penelitian lingkungan pantai wilayah pesisir Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. *JSDG*, 16(1): 41-49.
<https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v16i1.352>
- Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand (ANZECC-ARMCANZ). 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Volume 1. ANZECC ARMCANZ. New South Wales. 314 p.
- Azad, A.M., S. Frantzen, M.S. Bank, I.A. Johnsen, E. Tessier, D. Amouroux, L. Madsen, & A. Maage. 2019. Spatial distribution of mercury in seawater, sediment, and seafood from the Hardangerfjord ecosystem, Norway. *Sci. Total Environ.*, 667: 622-637.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.352>
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Cirebon (BPPD). 2015. Profil Kota Cirebon. Pemerintah Kota Cirebon. Cirebon. 24 p.
- Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah (BPPPPD). 2009. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Cirebon Tahun 2005–2025. BPPPPD Kabupaten Cirebon. Cirebon. 105 p.

- Batrakova, N., O. Travnikov, & O. Rozovskaya. 2014. Chemical and physical transformations of mercury in the ocean: a review. *Ocean Sci.*, 10: 1047–1063.
<https://doi.org/10.5194/os-10-1047-2014>
- Bayhaqi, A. & C.M.A. Dunga. 2015. Distribusi butiran sedimen di Pantai Dalegan, Gresik, Jawa Timur. *J. Depik*, 4(3): 153–159.
<https://doi.org/10.13170/depik.4.3.3054>
- Benoit, J.M., C.C. Gilmour, A. Heyes, R.P. Mason, & C.L. Miller. 2003. Geochemical and biological controls over methylmercury production and degradation in aquatic system. *in Biochemistry of Environmentally Important Trace Elements*. Yong C, Braids OC, editor. American Chemical Society. Washington. 262–297 pp.
- Boszke, L., A. Kowalski, G. Closinska, R. Szarek, & J. Siepak. 2003. Environmental factors affecting speciation of mercury in the bottom sediments: an overview. *Pol. J Environ. Stud.*, 12(1): 5–13.
<http://www.pjoes.com/Environmental-Factors-Affecting-the-Speciation-of-Mercury-in-the-Bottom-Sediments,87519,0,2.html>
- Braune, B., J. Chetelat, M. Amyot, T. Brown, M. Clayden, M. Evans, A. Fisk, A. Gaden, C. Girard, A. Hare, J. Kirk, I. Lehnher, R. Letcher, L. Loseto, R. Macdonald, E. Mann, B. McMeans, D. Muir, N. O'Driscoll, A. Poulain, K. Reimer, & G. Stern. 2015. Mercury in the marine environment of the Canadian Arctic: review of recent findings. *Sci Total Environ*, 509–510: 67–90.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.133>
- Budiyanto, F. & Lestari. 2014. Distribution of metals in Cisanggarung Estuary sediment, West Java, Indonesia. *Mar. Res. Indonesia*, 39(1): 23–30.
<https://doi.org/10.14203/mri.v39i1.90>
- Burone, L., P. Muniz, M.S. Pires–Vanin, & Rodrigues. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern–Brazil). *An Acad Bras Cienc*, 75(1): 77–90.
<https://doi.org/10.1590/S0001-37652003000100009>
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2001. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. CCME. Winnipeg. 1–5 pp.
- Chester, R. & T. Jickells. 2012. *Marine Geochemistry*. Third Edition. London (UK): Willey-Blackwell. 438 p.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan Dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press. Depok. 140 p.
- DelVecchia, A.G., J.F. Bruno, L. Benninger, M. Alperin, O. Banerjee, & J.D. Morales. 2014. Organic carbon inventories in natural and resort Ecuadorian mangrove forests. *Peer J*, 2: 1–18.
<https://doi.org/10.7717/peerj.388>
- Driscoll, C.T., R.P. Mason, H.M. Chan, D.J. Jacob, & N. Pirrone. 2013. Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects. *Environ. Sci. Technol.*, 47: 4967–4983.
<https://doi.org/10.1021/es305071v>
- Dyer, K.R. 1986. Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley and Sons. Chichester. 342 p.
- Edward. 2008. Pengamatan kadar merkuri di Teluk Kao dan perairan Anggai Maluku Utara. *Makara Sains*, 12: 97–101.
<https://doi.org/10.7454/mss.v12i2.500>
- Flemming, B.W. 2011. Geology, morphology, and sedimentology of estuaries and coasts. Di dalam: Wolanski E. & McLusky D.S., (eds).

- Treatise on Estuarine and Coastal Science*. Volume ke-3. Academic Pr. Waltham. 7–38 pp.
- Gworek, J., O. Bemowska-Kalabun, M. Kijenska, & J. Wrosek-Jakubowska. 2016. Mercury in marine and oceanic waters-a review. *Water Air Soil Pollut.*, 227: 371.
<https://doi.org/10.1007/s11270-16-3060-3>
- Hajeb, P., S. Jinap, A. Ismail, A.B. Fatimah, B. Jamilah, & M.A. Rahim. 2009. Assessment of mercury level in commonly consumed marine fishes in Malaysia. *Food Control*, 20(1): 79–84.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.02.012>
- Hatje, V., T.E. Payne, D.M. Hill, G. McOrist, G.F. Birch, & R. Szymczak. 2003. Kinetics of trace element uptake and release by particles in estuarine waters: effects of pH, salinity, and particle loading. *Environ Int.*, 29(5): 619-629.
[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00049-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00049-7)
- Hosseini, S.M., N. Mirghaffari, N. Mahboobi-Soofiani, & L. Khodakarami. 2011. Evaluation of mercury contamination in the Caspian Sea's sediment by GIS and geostatistic. *Iranian J. of Natural Resources*, 64(2): 169–183.
<https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=219234>
- Howard, J, S. Hoyt, K. Isensee, E. Pidgeon, & M. Telszewski. 2014. *Coastal Blue Carbon: Methods for Assessing Carbon Stocks and Emissions Factors in Mangroves, Tidal Salt Marshes, and Seagrass Meadows*. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington Virginia. 180 p.
- Hsieh, H.L. 1995. Spatial and temporal patterns of polychaete communities in a subtropical mangrove swamp: influences of sediment and microhabitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 127: 157-167.
<https://doi.org/10.3354/meps127157>
- Hubbard, J.E.B. & Y. Pocock. 1972. Sediment rejection by recent scleractinian corals: a key to palaeo-environmental. *Geol Rundsch*, 61(2): 598–626.
<https://doi.org/10.1007/BF01896337>
- Ismail, M.F.A. 2014. Dinamika batimetri alur pelayaran Pelabuhan Cirebon Provinsi Jawa Barat. *J. Depik*, 3(1): 74-82.
<https://doi.org/10.13170/depik.3.1.1356>
- Leksono, A, W. Atmodjo, & L. Maslukah. 2013. Studi arus laut musim barat di perairan Pantai Kota Cirebon. *J-Oce*, 2(3): 206-213.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/joce/article/view/4554>
- Lestari, & F. Budiyanto. 2013. Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen di Perairan Gresik. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1): 182-291.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v5i1.7764>
- Lestari & F. Budiyanto. 2016. Konsentrasi logam berat dalam sedimen di Perairan Lombok Barat. Di dalam: *Kualitas Lingkungan untuk Menunjang Budi Daya Biota Laut di Perairan Lombok Barat*. Puspitasari R. & Natsir S. M. (eds). LIPI Pr. Jakarta. 81–96 pp.
- Liu, G., Y. Li, & Y. Cai. 2012. Adsorption of mercury on solids in the aquatic environment. Di dalam: *Environment Chemistry and toxicology of Mercury*. Edisi ke-1. Liu G., Cai Y., & O'Driscoll N. (eds). John Wiley and Sons Inc. Chichester. 367–387 pp.
- Luthfillah, K. 2011. Kasus Newmont: pencemaran di Teluk Buyat. *J. Kybernan*, 2(1): 17-19.

- <http://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/kybernan/article/view/662>
- Marchio, D.A., M. Savarese, B. Bovard, & W.J. Mitsch. 2016. Carbon sequestration and sedimentation in mangrove swamps influenced by hydrogeomorphic conditions and urbanization in Southwest Florida. *Forests*, 7(6): 116. <https://doi.org/10.3390/f7060116>
- Minamata Disease Municipal Museum. 2007. Minamata Disease: Its History and Lessons. Minamata City Planning Division. Minamata. 20 p.
- Muto, E.Y., L.S.H. Soares, J.E.S. Sarkis, M.A. Hortellani, M.V. Petti, & T.N. Corbisier. 2014. Biomagnification of mercury through the food web of the Santos continental shelf, subtropical Brazil. *Mar Ecol Prog Ser*, 512: 55–69. <https://doi.org/10.3354/meps10892>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 1999. Screening Quick Quality Guidelines Developed for the National Status and Trends Program. NOAA. Washington. 1-12 pp.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). 2004. Screening Quick Reference Tables: Hazmat Reports. NOAA. Washington. 1-12 pp.
- Neopane, H.P. & S. Surandra. 2013. Particle size distribution and mineral analysis of sediments in Nepalese hydropower plant: a case study of Jhimruk hydropower plant. *Kathmandu University J. of Science, Engineering and Technology*, 9(1): 29–36. http://old.ku.edu.np/kuset/index.php?go=vol14_no2
- Nippon Instruments Corporation (NIC). 2015. *Fully-automatic Thermal Vaporization Mercury Analysis Sistem Mercury/MA-3000 Instruction Manual*. NIC. Osaka. 104 p.
- Nugroho, S.H. & A. Basit. 2014. Sebaran sedimen berdasarkan analisis ukuran butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1): 229–240. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalalikt/article/view/8644/6763>
- Nurhayati, D. & D.A. Putri. 2018. Bioakumulasi logam berat merkuri (Hg) di musim hujan pada budidaya kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Cirebon, Jawa Barat. *J. of Aquaculture Science*, 3(1): 38-45. <https://doi.org/10.31093/joas.v3i1.39>
- Paundanan, M., E. Riani, & S. Anwar. 2015. Kontaminasi logam berat merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada air, sedimen dan ikan selar tetengkek (*Megalaspis cordyla* L) di Teluk Palu, Sulawesi Tengah. *J. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(2): 161-168. <https://doi.org/10.29244/jpsl.5.2.161>
- Pirrone, N., S. Cinnirella, X. Feng, R.B. Finkelman, H.R. Friedli, J. Leaner, R. Mason, A.B. Mukherjee, G.B. Stracher, D.G. Streets, & K. Telmer. 2010. Global mercury emission to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. *Atoms Chem. Phys.*, 10: 5951–5964. <https://doi.org/10.5194/acp-10-5951-2010>
- Poerbandono & Djunarsjah, E. 2005. Survey Hidrografi. Herlina R. (ed). Refika Aditama. Bandung. 133-136 pp.
- Purnawan, S., R. Sikanna, & Prismawiryanti. 2013. Distribusi logam merkuri pada sedimen laut di sekitar muara Sungai Poboyo. *J. of Natural Science*, 2(1): 18-24. <https://bestjournal.untad.ac.id/index.php/ejurnalfmipa/article/view/1580>
- Purnawan, S., A. Haridhi, I. Setiawan, & Marwantim. 2015. Parameter statistik ukuran butir pada sedimen berpasir Muara Kuala Gigeng, Kabupaten Aceh Besar. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1): 15–21. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v7i1.9739>

- Puspitasari, R. 2011. Aspek toksisitas sedimen pesisir Cirebon terhadap abnormalitas larva kerang hijau, *Perna viridis*. *J. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 37(2): 235-245. <http://lipi.go.id/publikasi/aspek-toksisitas-sedimen-pesisir-cirebon-terhadap-abnormalitas-larva-kerang-hijau-perna-viridis/23073>
- Putra, P.S. & S.H. Nugroho. 2017. Distribusi sedimen permukaan dasar laut Perairan Sumba, Nusa Tenggara Timur. *J. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(3): 49–63. <https://doi.org/10.14203/oldi.2017.v2i3.118>
- Rzasa, S. & W. Owczarzak. 2013. Methods for the granulometric analysis of soil for science and practice. *Pol. J. Soil. Sci.*, 46(1): 1–50. <https://doi.org/10.17951/pjss.2013.46.1.1>
- Riley, J.P. & R. Chester. 1976. Chemical Oceanography. Edisi ke-2. Academic Press Inc. London. 414 p.
- Samman, A. 2014. Konsentrasi merkuri dan hubungannya dengan indeks kepadatan keong popaco (*Telescopium Telescopium*) di Kao Teluk, Halmahera Utara. *J. DEPIK*, 3(2): 128–136. <https://doi.org/10.13170/depik.3.2.1471>
- Sanusi, H.S. 2006. Kimia Laut dan Pencemaran: Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB. Bogor. 188 p.
- Sherman, D.J., L. Davis, & S.L. Namikas. 2013. Sediments and Sediment Transport. Di dalam: John FS, editor. *Treats on Geomorphology*. Volume 1. San Diego (US): Academic Pr. 233-256 pp.
- Schumacher, B.A. 2002. Methods for The Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments. Ecological Risk Assessment Support Center Office of Research and Development. Cincinnati (US): Environmental Protection Agency. 23 p.
- Simpson, S.L, G.B. Batley, & A.A. Chariton. 2013. Revision of ANZECC/ARMCANZ Sediment Quality Guidelines. CSIRO Land and Water Science report 08/07. Canberra (AU): CSIRO Land and Water. 132 p.
- Sudirman N. & S. Husrin. 2014. Status baku mutu air laut untuk kehidupan biota dan indeks pencemaran perairan di Pesisir Cirebon pada musim kemarau. *J. Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2): 149-154. <https://doi.org/10.20473/jipk.v6i2.11300>
- Suratman, S., N.H.C. Zan, A.B. Aziz, & N.M. Tahir. 2017. Spatial and seasonal variations of organic carbon–base nutrients in Setiu Wetland, Malaysia. *Sains Malays.*, 16(6): 859–865. <https://doi.org/10.17576/jsm-2017-4606-04>
- Triharto, W. 2018. Reklamasi pesisir Kota Cirebon. *F. Exac*, 11(4): 385–398. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v11i4.2838>
- Venkatramanan, S., T. Ramkumar, I. Anithamary, & G. Ramesh. 2011. Variations in texture of beach sediments in the vicinity of the Tirumalairajanar river mouth of India. *International J. of Sediment Research*, 26(4): 460–470. [https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(12\)60005-5](https://doi.org/10.1016/S1001-6279(12)60005-5)
- Wachecka–Kotkowska, L. & P. Kotkowski. 2011. Grain-size distribution analysis of quaternary sediments from the southern part of the Lodz region in Poland: a computational methods approach. *Geologos*, 17(4): 205-219. <https://doi.org/10.2478/v10118-011-0012-7>
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J.*

- Geo.*, 30(5): 377–390. <https://www.jstor.org/stable/30063207>
- Ziyaadini, M., Z. Yousefiyanpour, J. Ghasemzadeh, & M.M. Zahedi. 2017. Biota-sediment accumulation factor and concentration of heavy metals (Hg, Cd, As, Ni, Pb and Cu) in sediments and tissue of *Chiton lamyi* (Mollusca: Polyplacophora: Chitonidae) in Chabahar Bay, Iran. *Iran J.*, 16(4): 1123-1134. <http://jifro.ir/article-1-2952-en.html>
- Zhou, J., Z. Wang, & X. Zhang. 2018. Deposition and fate mercury in litterfall, litter, and soil in coniferous and broad-leaved forest. *J. Geophys. Res. Biogeosci.*, 123(8): 2590-2603. <https://doi.org/10.1029/2018JG004415>
- Submitted : 17 December 2020
Reviewed : 01 March 2021
Accepted : 17 December 2022

FIGURE AND TABLE TITLE

- Figure 1. Map of the location and sampling points for collecting water and sediment chemical data at the beach in front of Cirebon waters.
- Figure 2. Average Hg concentration ($\mu\text{g}/\text{kg}-\text{bk}$) in water sediments at Bondet, Sukalila, and Kejawanan (a: no significant differences, b: considerable difference, and $sdev=9$).
- Figure 3. Averages salinity (a), water temperature (b), total organic carbon in sediment (c), pH (d), DO (e), and percentage of sediment grain fractions (f) in Cirebon Coastal waters ($sdev=9$).
- Figure 4. Principal Component Analysis based on water physical chemical variables, Hg of sediment and sampling station points.
- Table 1. Hg quality standards in various countries.

