



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA
Online ISSN: 2477-328X
Akreditasi RISTEKDIKTI No. 200/M/KPT/2020
<http://oldi.lipi.go.id>



Status Kontaminasi Fisik dan Kimia di Teluk Jakarta periode 2015-2021

**Rachma Puspitasari^{1,6,*}, Christian Maikel Eman^{1,2}, Dwi Aprilliana Pusparany^{1,3},
Nofi Rahmawati Azzah^{1,4}, Solichah Ratnasari^{1,5}, Sri Hayyu Alynda Heryati^{1,4},
Noverita Dian Takarina⁷**

¹Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jl. Salemba Raya, Jakarta Pusat

²Kementerian Kelautan Perikanan, Jl. Medan Merdeka Timur, Jakarta

³Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu, Mall Pelayanan Publik DKI Jakarta

⁴Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta, Jl. Mandala V, Jakarta Timur

⁵Badan Pemeriksa Keuangan, Jl. Jendral Gatot Subroto No.Kav 31, Bendungan Hilir, Tanah Abang, Jakarta Pusat,

⁶Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Pasir putih 1 Ancol Timur, Jakarta Utara

⁷Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

*Email: poespitsari@gmail.com

Submitted 29 November 2021. Reviewed 30 November 2021. Accepted 16 December 2021.

DOI: [10.14203/oldi.2022.v7i1.390](https://doi.org/10.14203/oldi.2022.v7i1.390)

Abstrak

Kawasan pesisir di Indonesia merupakan daerah yang kaya sumberdaya alam dan memiliki daya tarik bagi masyarakat. Tekanan antropogenik di kawasan ini sangat tinggi sebagai konsekuensi dari peningkatan aktivitas industri, pertanian, dan pembangunan di darat. Salah satu kota pesisir yang patut mendapat perhatian adalah Jakarta. Artikel ini bertujuan mengkaji status kontaminasi dari parameter fisika dan kimia air di perairan Teluk Jakarta berdasarkan data penelitian selama lima tahun (2015-2021). Selain itu, data terbaru mengenai parasetamol dan mikroplastik pada tahun 2021 juga ditelaah dan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Data total padatan tersuspensi, oksigen terlarut, nitrat dan fosfat diperoleh dari 11 muara dan 23 titik di perairan Teluk Jakarta dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Karakteristik fisika kimia air saat surut terukur lebih tinggi dibandingkan saat pasang karena faktor masukan dari sungai sangat berperan di daerah muara. Kadar fosfat dan nitrat di muara sudah melebihi batas aman yang ditetapkan yaitu 0,015 dan 0,06 mg/L. Muara Kamal dan Angke memiliki nilai TSS mencapai 186 dan 255 mg/L pada musim timur. Muara BKT, Marunda, Cilincing dan Sunter memiliki nilai oksigen terlarut yang kurang dari 5 mg/L. Semakin jauh jarak dari muara mengakibatkan kadar TSS, oksigen terlarut, fosfat, dan nitrat terukur rendah. Kadar parasetamol di dermaga Angke, Ancol, dan Cengkareng ditemukan sebesar 258,5; 222,77; dan 5,069 ng/L. Penambahan parameter parasetamol dan mikroplastik perlu dipertimbangkan dalam monitoring serta diperlukan regulasi mengenai batas aman kedua parameter tersebut untuk mengurangi ancaman risiko lingkungan.

Kata kunci: kualitas air, Teluk Jakarta, polutan, *emerging contaminant*

Abstract

Status of Nutrients, Dissolved Oxygen, Suspended Total Solids and Emerging Contaminants in Jakarta Bay from 2015 to 2021. Coastal regions in Indonesia are rich in natural resources and have a strong attraction for the local population. As a result of increased industrial, agricultural, and development activities on land, anthropogenic pressures in the region are particularly severe. Jakarta is one of the coastal cities that requires special attention. Based on five years research data, this paper attempts to examine the status of contamination from physical and chemical parameters of water in the seas of Jakarta Bay (2015-2021). Furthermore, the latest data on paracetamol and microplastics in 2021 were also examined and compared to prior studies. The Jakarta Environment Agency data of total suspended solids, dissolved oxygen, nitrates and phosphates from 11 estuaries and 23 sites in the Jakarta Bay were used on the research. The physical characteristics of water chemistry at low tide are higher than at high tide because input factors from the river. The phosphate and nitrate levels have exceeded the 0.015 and 0.06 mg/L, respectively. During the eastern season, TSS in Kamal and Angke estuaries reached 186 and 255 mg/L, respectively. Muara BKT, Marunda, Cilincing, and Sunter have DO levels of less than 5 mg/L. Increased distance from the estuary is related to lower levels of TSS, dissolved oxygen, phosphate, and nitrate. Paracetamol level was measured to be 258.5, 222,77, and 5,069 ng/L at Angke, Ancol, and Cengkareng, respectively. To mitigate the threat of environmental risks, the addition of paracetamol and microplastic parameters must be addressed in monitoring and regulation of the safe limits of both parameters.

Keywords: water quality, Jakarta Bay, pollutant, emerging contaminant

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan 78% wilayahnya terdiri dari lautan dan memiliki garis pantai sekitar 108,000 km (Kemenkomarves, 2018). Konsekuensi yang timbul dari kondisi geografis ini adalah Indonesia memiliki ekosistem laut dan pesisir yang mencerminkan kekayaan khas negara tropis seperti *Coral Reef Triangle*, mangrove dan lamun. Besley & Birch (2021) menyatakan bahwa lebih dari separuh penduduk dunia menempati radius 100 km dari garis pantai dan terus mengalami peningkatan. Kondisi serupa dihadapi Indonesia yang diprediksi akan menerima bonus demografi sebesar 8% sejak 2020 hingga 2035 sehingga timbul konsekuensi adanya urbanisasi termasuk peningkatan populasi sekitar 1 juta penduduk dalam radius 50 km dari garis pantai (Adyasari et al., 2021). Penurunan kualitas lingkungan pesisir diprediksi terjadi seiring peningkatan aktivitas di daratan berupa peningkatan sedimentasi dan peningkatan pencemar dari daratan (*landbased pollution*) (Serrano et al., 2020).

Salah satu kawasan pesisir terpadat di Indonesia adalah Jakarta yang dihuni sekitar 35 juta orang, karena berperan sebagai ibukota negara dan salah satu dari 33 kota metropolitan di dunia (United Nation,

2009). Kawasan pesisir memiliki arti penting dalam sektor kelautan dan sosial ekonomi masyarakat sejalan dengan amanat Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 juncto UU No. 1 tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau Kecil untuk dimanfaatkan dan dikonservasi. Kawasan pesisir diartikan sebagai daerah perbatasan antara darat dan laut, yang di dalamnya terdapat hubungan yang erat antara aktivitas manusia di kedua lokasi dan menjadi perhatian pemerhati lingkungan karena menerima dampak antropogenik secara masif (Meng et al., 2021). Kawasan pesisir menyokong keberlanjutan hidup dari empat ekosistem utama yaitu estuari, terumbu karang, mangrove dan lamun (Earp et al., 2018). Tidak sedikit ekosistem kawasan pesisir mengalami degradasi akibat tekanan ekowisata (Tussadiah et al., 2021).

Ancaman terbesar yang dihadapi oleh kawasan pesisir Indonesia adalah aktivitas antropogenik di darat. Adyasari et al. (2021) melaporkan bahwa kualitas perairan pesisir Indonesia mengalami penurunan yang disebabkan oleh parameter nutrisi, bahan organik, dan logam berat. Selain itu, ancaman lain muncul dari terdeteksinya bakteri *Escherichia coli* pada lingkungan dengan sanitasi yang kurang memadai. Keberadaan *emerging contaminant* yaitu senyawa kontaminan baru

yang belum diatur dalam baku mutu lingkungan seperti parasetamol dan mikroplastik juga akan dibahas pada artikel ini. Hal tersebut menarik karena senyawa *emerging contaminant* dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan organisme (Dimpe & Nomngongi, 2016; Taheran et al., 2018).

Selain mikroplastik, keberadaan parasetamol mulai terdeteksi di Indonesia seperti dilaporkan oleh Koagouw et al. (2021a; 2021b) di Teluk Jakarta. Tingginya konsumsi obat farmasi oleh masyarakat beberapa dekade ini seiring pertambahan populasi dan kemudahan akses memperoleh obat, diduga menjadi salah satu penyebab (Correia et al., 2016).

Pencemaran dapat berdampak pada berbagai sektor seperti lingkungan, sosial ekonomi, kesehatan manusia termasuk penurunan sumber daya laut Teluk Jakarta (Baum et al., 2016). Hal ini terjadi karena eksploitasi manusia melebihi batas atas “teori donat” lingkungan yang digagas oleh Raworth (2020). Teori tersebut menyatakan bahwa ekonomi dapat dinikmati namun tidak melebihi kesejahteraan dasar sosial dan tidak harus melampaui batas atas ekologis, sehingga hanya ruang di antara ruang sosial dan ekologis dapat yang dapat dipergunakan. Perubahan lingkungan estuari yang disebabkan adanya eutrofikasi, kontaminasi, dan polusi menyebabkan hilangnya habitat dan perubahan struktur ekosistem. Hal ini memiliki dampak sosial pada perubahan mata pencaharian dari nelayan penangkap ikan dan hasil laut lainnya menjadi nelayan untuk kegiatan pariwisata (Taylor & Suthers, 2021). Dari sisi kesehatan manusia, konsumsi ikan dan kerang yang terkontaminasi bahan organik maupun logam berat dapat mengancam keamanan pangan (Dwiyitno et al., 2016; Riani et al., 2018). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka artikel ini bertujuan mengkaji status terkini perairan pesisir Jakarta dilihat dari parameter nutrisi (fosfat dan nitrat), total padatan total tersuspensi

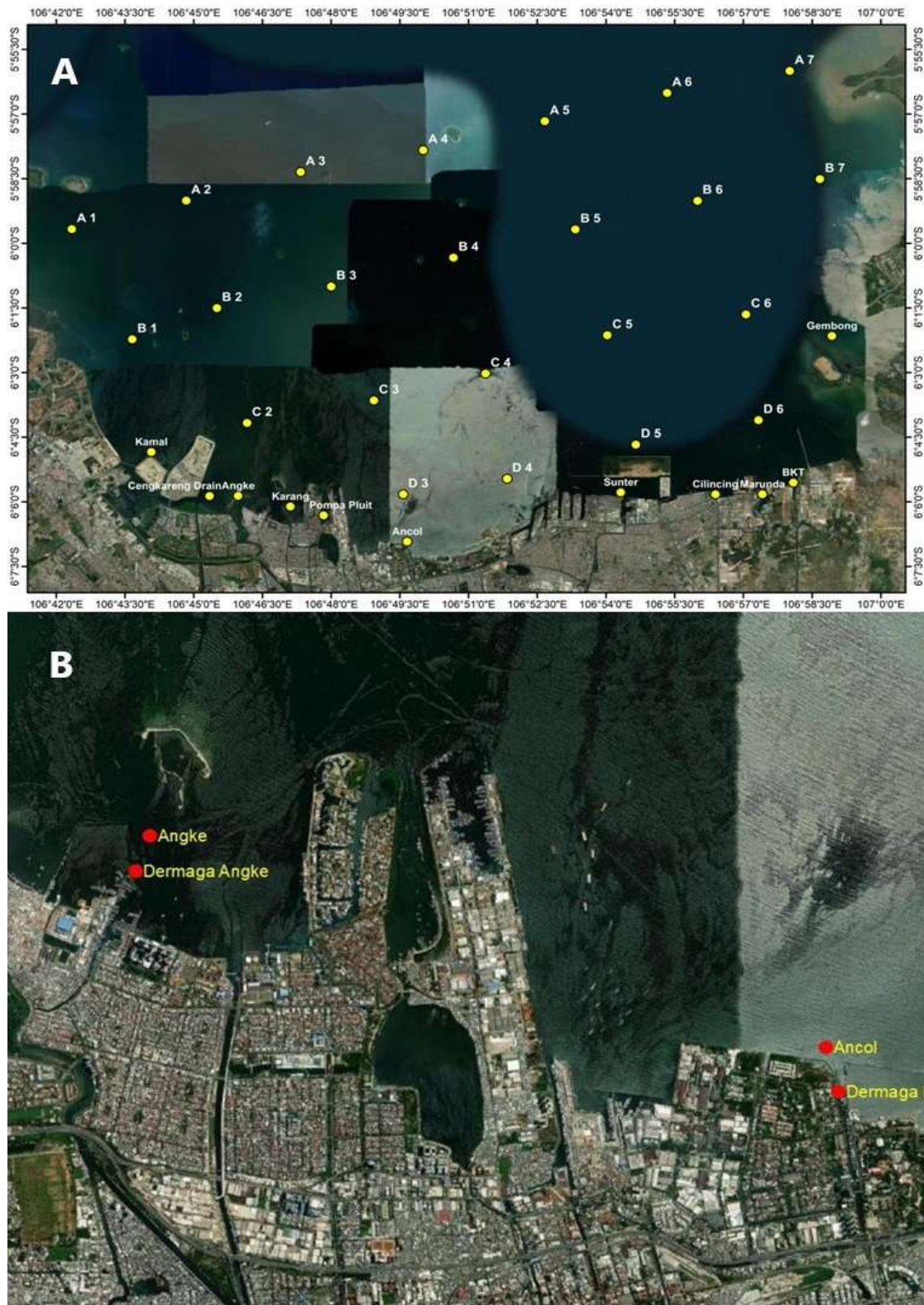
(*total suspended solid/TSS*), oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*), dan *emerging contaminant* (mikroplastik dan parasetamol) kaitannya dalam perlindungan sumber daya pesisir dan laut.

Metodologi

Sumber Data

Riset ini dilakukan dengan menganalisis data sekunder yang bersumber dari Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta dari tahun 2015 hingga 2021. Parameter kualitas air laut yang dianalisis difokuskan pada nutrisi (fosfat dan nitrat), total padatan total tersuspensi (*total suspended solid/TSS*), oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*). Selain itu, analisis data juga dilakukan pada dua jenis *emerging contaminant* di Teluk Jakarta yaitu mikroplastik dan parasetamol. Data parasetamol diperoleh dari data sekunder DLH DKI Jakarta dibandingkan dengan data dari jurnal penelitian yang telah ada. Pengambilan sampel parasetamol dilakukan pada Oktober 2021 di lokasi Angke dan Ancol (Gambar 1), sedangkan data mikroplastik diambil dari penelitian terdahulu.

Lokasi analisis penelitian dibedakan menjadi 11 daerah muara serta 23 titik di perairan Teluk Jakarta (Gambar 1). Data kualitas air di muara diperoleh saat kondisi pasang dan surut. Periode pemantauan di muara sungai dan perairan Teluk Jakarta dilakukan satu kali pada 2015-2017, dan dua kali pada 2018, 2019 dan 2021 dengan pengambilan ke 1 (P1) adalah pada bulan April (musim peralihan 1) dan pengambilan kedua (P2) pada bulan Agustus (musim kemarau) (Gambar 4-6). Data pada tahun 2020 tidak tersedia dikarenakan pandemi Covid-19. Untuk 23 titik di perairan Teluk merupakan data tahun 2021. Titik sampling berjarak 5 km dari muara yaitu D3, D5, D6; 10 km dari muara yaitu C2, C3, C4, C5 dan C6; 15 km dari muara (B1- B7) serta 20 km dari muara (A1-A7).



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel (a) parameter fisika kimia air, (b) parasetamol di muara dan perairan Teluk Jakarta.

Figure 1. Sampling location of (a) physico-chemical parameter, (b) paracetamol in estuary and Jakarta Bay waters.

Analisis data

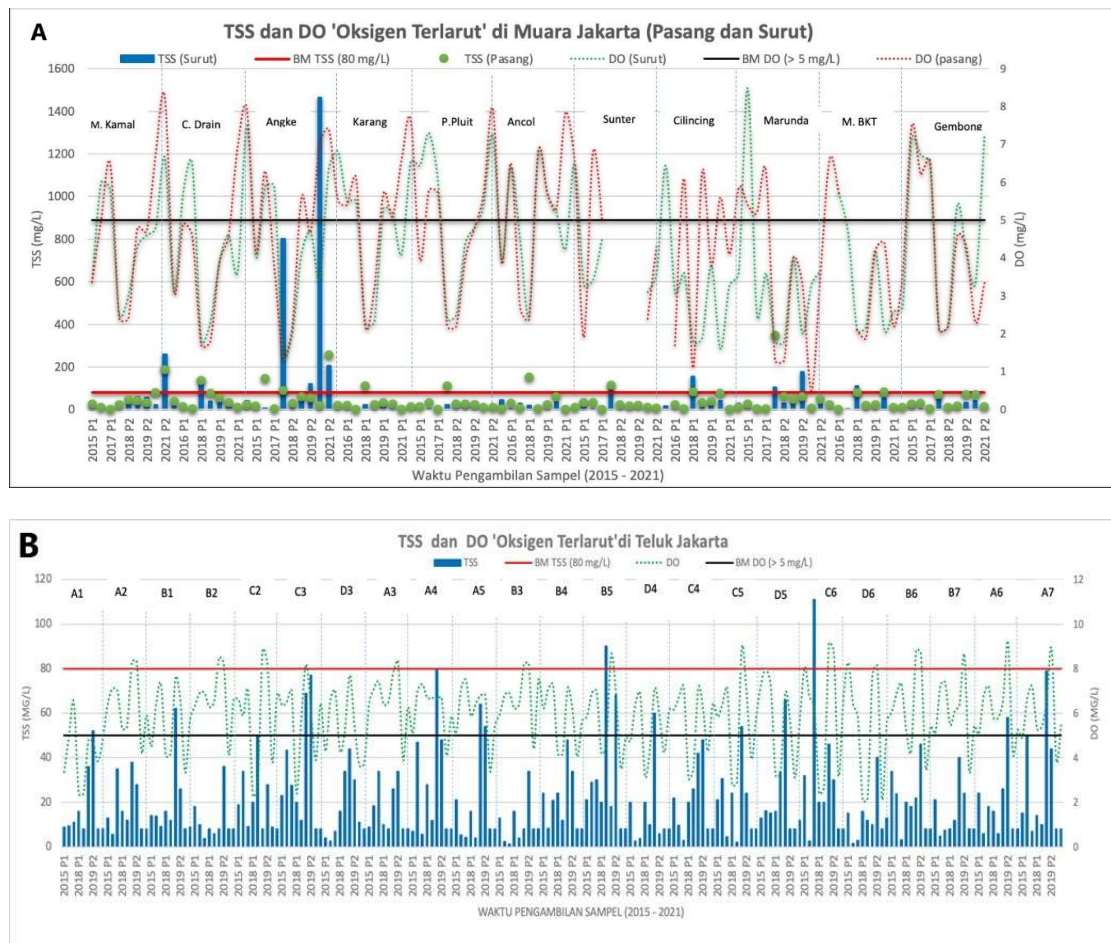
Data parameter lingkungan yang diperoleh divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan bantuan Microsoft Excel 2013. Analisis dilakukan dengan membandingkan data dengan standar acuan baku mutu dari pemerintah yaitu Peraturan Pemerintah RI Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lampiran VIII Baku Mutu Air Laut untuk biota laut). Nilai baku mutu untuk oksigen terlarut, nitrat dan fosfat berturut-turut sebesar >5, 0,06 dan 0,015 mg/L. Adapun batas untuk

padatan total tersuspensi adalah 20 mg/L untuk lamun dan koral sedangkan untuk mangrove sebesar 80 mg/L.

Hasil

Karakteristik fisika dan kimia Teluk Jakarta

Sebaran total padatan total tersuspensi (*total suspended solid/TSS*), oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*) dibedakan antara daerah muara sungai dan daerah perairan Teluk Jakarta (Gambar 2).



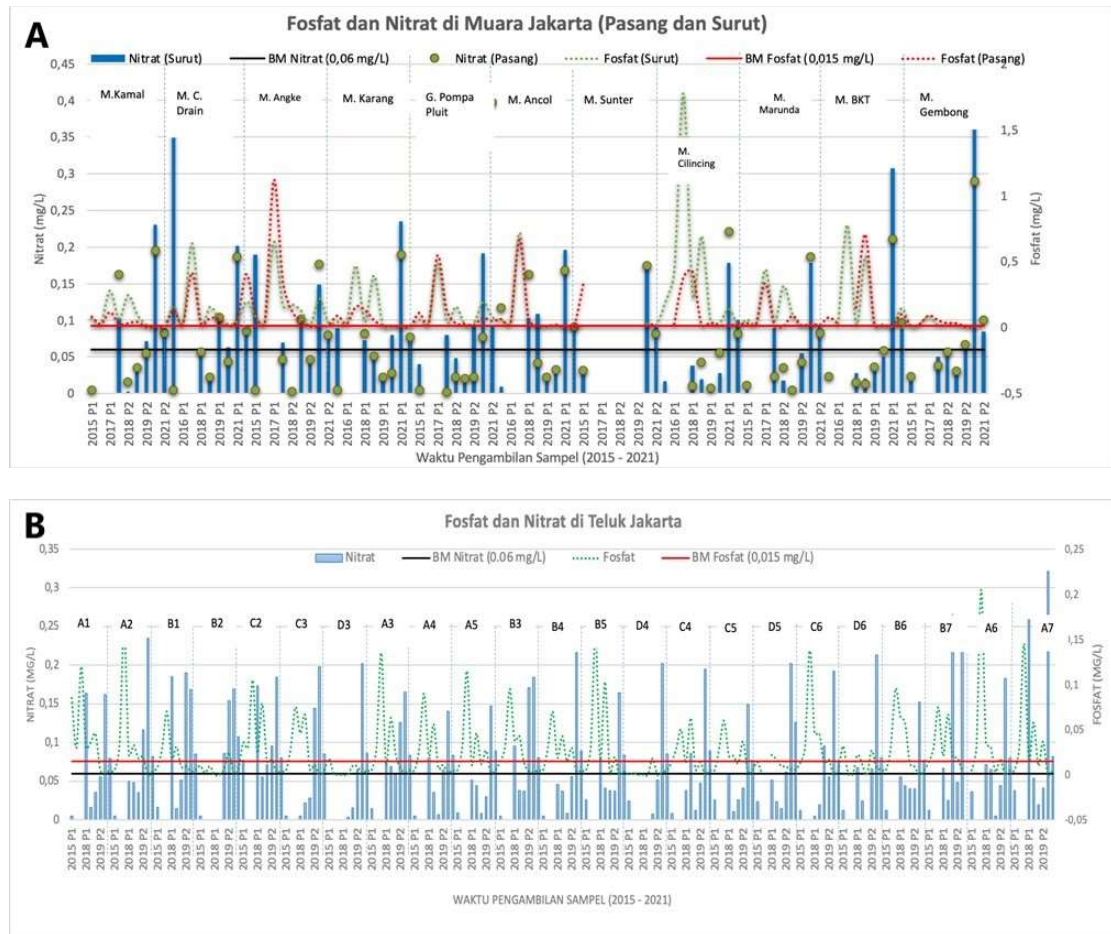
Gambar 2. Konsentrasi TSS dan oksigen terlarut di (a) muara dan (b) perairan di Teluk Jakarta.
Figure 2. TSS and dissolved oxygen level in (a) estuary and (b) waters of Jakarta Bay.

Rata-rata nilai TSS di muara sungai lebih tinggi dibandingkan rata-rata nilai TSS di perairan Teluk Jakarta. Kadar TSS di Muara Kamal dan Muara Angke terukur melebihi baku mutu TSS untuk koral dan lamun yaitu sebesar 186 dan 255 mg/L pada bulan Agustus 2021. Sejak tahun 2018,

sebagian besar muara sungai memiliki nilai TSS yang tidak layak untuk ekosistem koral dan lamun yaitu melebihi ambang 20 mg/L. Rata-rata nilai TSS dan DO di muara sungai saat surut terukur lebih tinggi dibandingkan saat pasang (Gambar 4) sedangkan rata-rata nilai TSS dan DO di perairan teluk relatif

lebih stabil (Gambar 3). Berdasarkan data pengukuran, terlihat bahwa DO di muara sungai (0,5 mg/L – 8,49 mg/L) cenderung lebih rendah dibandingkan dengan perairan

di Teluk Jakarta (2,1 mg/L – 9,2 mg/L). Pada tahun 2021, beberapa muara seperti BKT, Marunda, Cilincing dan Sunter menunjukkan DO di bawah 5 mg/L.



Gambar 3. Konsentrasi fosfat dan nitrat di (a) muara dan (b) perairan Teluk Jakarta
Figure 3. Phosphate and nitrate level in (a) estuary and (b) waters of Jakarta Bay.

Konsentrasi nutrisi (fosfat dan nitrat) di muara dan perairan Teluk Jakarta mempunyai kecenderungan nilai yang tinggi (Gambar 3). Pada daerah muara, kadar fosfat dan nitrat terukur lebih tinggi di saat air kondisi surut. Kadar nitrat pada kondisi surut di muara Jakarta berkisar antara 0,003 – 0,412 mg/L dan saat pasang, nilainya lebih rendah yaitu 0,002 – 0,398 mg/L. Sebagian besar kadar fosfat dan nitrat di muara sudah melebihi nilai ambang sebesar 0,015 dan 0,06 mg/L. Sebagian besar lokasi di perairan teluk, terutama yang memiliki jarak kurang dari 5 km dari daratan, memiliki nitrat dan fosfat melebihi baku mutu yang ditetapkan, bahkan hingga jarak 20 km (titik A), masih terdeteksi kadar fosfat dan nitrat yang tinggi.

Emerging contaminant

Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta melaporkan bahwa pada Oktober 2021, kadar parasetamol pada air laut di dermaga Angke terukur sebesar 258,5 ng/L namun tidak ditemukan di daerah Muara Angke. Adapun di dermaga Ancol terukur sebesar 222,77 ng/L, sedangkan di Muara Ancol tidak terdeteksi. Konsentrasi parasetamol yang tinggi ditemukan pula di Sungai Cengkareng Drain sebesar 15.069, 44 ng/L.

Pembahasan

Karakteristik kimia dan fisika

Secara geografis, Teluk Jakarta terletak di perairan Laut Jawa yang

mendapat masukan dari 13 sungai besar yang melintasi daerah Jakarta dan sekitarnya. Dengan luas sekitar 514 km² dan panjang garis pantai sebesar 72 km, teluk ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman rata-rata mencapai 18 meter (Siregar et al., 2016). Faktor hidrologi sungai yaitu limpasan dari daratan yang membawa nutrisi dari pertanian dan aktivitas manusia menjadi faktor penentu kadar nitrat dan fosfat di muara sungai. Selain itu, faktor musim dan pasang surut juga berpengaruh kuat di daerah muara sungai. Penelitian Damar et al. (2019) mengenai kadar fosfat dan *dissolved inorganic nutrient* (DIN) pada tahun 2003-2013 memperlihatkan adanya pola serupa

bahwa kadar nutrisi di muara pada musim hujan terukur lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau. Pada penelitian ini, sampling dilakukan di musim peralihan 1 dan musim timur sehingga pengaruh musim tidak terlihat dengan jelas. Damar et al. (2012) dan Van der Wulp et al. (2016) mempertegas bahwa sungai adalah faktor utama yang bertanggung jawab pada kadar nutrisi di Teluk Jakarta. Pola serupa diperlihatkan di Surabaya dan Semarang (Tabel 1). Ketiga kota pesisir sudah menunjukkan adanya eutrofikasi ditandai dengan nilai nitrat dan fosfat melebihi baku mutu nasional, dengan kondisi cemaran fosfat tertinggi ada di Surabaya.

Tabel 1. Perbandingan kondisi perairan di Semarang, Jakarta dan Surabaya.

Table 1. Comparison water quality among Semarang, Jakarta and Surabaya.

Location	Nitrate (mg/L)	Phosphate (mg/L)	DO (mg/L)	References
Surabaya (2019)	0.05-0.09	3.84-4.5	3.84-4.5	Mahenda et al., 2021
Semarang (2018)	1.831-2.003	0.24-0.39	5.86-7.1	Suprpto et al., 2021
Jakarta Bay (2021)	0.077-0.412 (muara) 0.14-0.32 (laut)	0.002-0.216 (muara) 0.002-0.008 (laut)	0.5-7.9 (muara) 2.15-4.4 (laut)	This study

Di muara sungai, kondisi pasang surut juga sangat mempengaruhi kadar TSS yaitu saat surut kadar TSS di Teluk Jakarta berkisar antara 1,1 – 1.466 mg/L, sedangkan saat pasang TSS cenderung lebih rendah berkisar antara 1,2–347 mg/L. Saat kondisi pasang, muara sungai menerima pengaruh kuat dari laut sedangkan pada saat surut, muara sungai akan menerima pengaruh dari sungai. Hal ini selaras dengan pernyataan bahwa faktor hidrologi sungai menjadi penentu tingginya kadar nitrat, fosfat dan TSS di muara sungai pada saat surut. Seperti diketahui, sungai membawa sedimentasi dari daratan yang akan meningkatkan TSS dan kekeruhan. Kadar TSS akibat laju sedimentasi yang tinggi mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom air sehingga menurunkan kadar klorofil-a (Fanela et al., 2019). Tanpa klorofil-a, maka fotosintesis tidak dapat berlangsung optimal sehingga mengganggu produktivitas

perairan. Selain itu, kadar TSS akibat limbah organik akan meningkatkan aktivitas mikroba selama degradasi bahan tersebut. Respirasi mikroba pengurai menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut terukur. Dengan demikian, kadar oksigen terlarut dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat polusi oleh bahan organik di suatu perairan (Hu et al., 2021; Wahab et al., 2018). Kadar oksigen terlarut di muara sungai lebih rendah dibandingkan dengan di perairan teluk karena beban pencemar terkonsentrasi di muara. Kadar oksigen di bawah baku mutu sebesar 5 mg/L kerap terukur di Muara Cilincing, Marunda, BKT, Gembong serta Cengkareng Drain dan Angke.

Di perairan teluk, faktor jarak dari daratan lebih berpengaruh pada parameter DO, nitrat, fosfat, dan TSS. Titik sampling terluar (titik A) memiliki pengaruh Laut Jawa yang kuat dikombinasikan dengan

pengaruh limpasan nitrat dan fosfat dari daratan berkurang sehingga kadar nutrisi relatif rendah (Damar et al., 2019). Zhong et al. (2020) menyatakan bahwa kadar nitrat berkorelasi negatif dengan salinitas sehingga diduga pencampuran air laut berperan penting dalam mengontrol kadar nitrat di laut. Semakin menjauhi muara (lokasi A), kadar TSS cenderung menurun dibandingkan lokasi D. Sebaran nitrat, fosfat dan TSS pada tahun 2021 di sisi teluk sebelah timur terukur lebih tinggi dibandingkan teluk bagian tengah dan teluk sebelah barat. Hal ini diperkuat hasil studi dari Van der Wulp et al. (2016), dan Damar et al. (2012) yang menyatakan kadar nitrat dominan di sisi timur teluk dibandingkan bagian tengah dan barat teluk. Kondisi ini disebabkan masukan Sungai Citarum, dan Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) yang membawa limpasan kaya zat hara dari daratan. Kondisi ini dipicu perkembangan pembangunan di sisi timur Jakarta yaitu pembangunan jalan tol Cibitung- Cilincing serta akses transportasi lain yang berdampak pada peningkatan aktivitas penduduk dan peningkatan limpasan yang masuk ke sungai.

Di daerah tropis, tingginya limpasan dari sungai yang menyebabkan peningkatan turbiditas, rendahnya salinitas, dan peningkatan kadar dan waktu simpan nutrisi mempengaruhi produktivitas perairan di kawasan estuari. Peningkatan waktu simpan (*retention time*) nitrat dan fosfat di kolom air akan berdampak pada eutrofikasi yang membawa efek negatif seperti peningkatan kasus marak alga berbahaya/*harmful algal bloom* (HAB), yang diikuti penurunan kadar oksigen terlarut dan penyebab kematian massal ikan (Mourao et al., 2020).

Emerging contaminant

Emerging contaminant yang ditemukan di Teluk Jakarta adalah mikroplastik dan paracetamol. Mikroplastik telah ditemukan di hilir sungai, pesisir, ikan, serta sedimen yang ada di Teluk Jakarta (Cordova et al., 2020; 2021b). Konsentrasi mikroplastik di hilir Sungai Ciliwung sebesar $9,37 \pm 1,37$ partikel/ m^3 , lebih tinggi bila dibandingkan dengan di hilir Sungai Citarum (Sembiring et al., 2020) namun masih lebih rendah dari daerah hilir Sungai Surabaya (Lestari et al., 2020). Kontaminasi mikroplastik berkaitan dengan fakta bahwa Indonesia merupakan penyumbang sampah

plastik terbesar kedua setelah China (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al., 2017). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Cordova & Nurhati (2019), diperkirakan sampah yang masuk ke Teluk Jakarta sekitar $23 \pm 7,1$ ton/hari dan 37%-nya merupakan sampah plastik ($8,32 \pm 2,44$ ton). Indonesia memproduksi sekitar 200.000 ton sampah plastik tiap tahun, dan sekitar 36% dari sampah tersebut berakhir ke laut (Cordova & Nurhati, 2019). Riset terkini menyatakan bahwa mikroplastik telah terdeteksi di perairan sungai, pesisir serta sedimen di Teluk Jakarta, bahkan terdeteksi dalam tubuh ikan (Cordova et al., 2020; 2021a; 2021b). Ukuran mikroplastik yang sangat kecil ($< 5mm$) menyebabkan mikroplastik disalahartikan sebagai makanan oleh biota laut (Browne et al., 2008). Bagi manusia, kontaminasi mikroplastik sangat berbahaya pada kesehatan manusia karena dianggap sebagai benda asing dan memicu reaksi imun lokal (Brown et al., 2001; Barboza et al., 2018).

Pada perairan pesisir pantai Ancol ditemukan mikroplastik sebesar 8,48 partikel/ m^3 lebih tinggi dari negara lain (van der Hal et al., 2017; Gewert et al., 2017), dan 75% dari total sampel ikan panchax biru (*Aplocheilichthys* sp.) terdeteksi mikroplastik dengan rata-rata konsentrasi 1,97 partikel/individu. Sedimen di Muara Angke mengandung mikroplastik yang lebih tinggi dibandingkan dengan di kolom air yaitu sekitar $28,09 \pm 10,28$ partikel/kg sedimen kering. Temuan ini memberi sinyal peringatan mengenai potensi bahaya akumulasi mikroplastik pada sedimen dan manusia melalui rantai makanan.

Kontaminasi paracetamol di Teluk Jakarta pada mulanya dilaporkan oleh Koagouw et al., (2021b) berdasarkan hasil pengukuran pada September 2017 di Angke, Ancol, Priok dan pada tahun 2018 di Cilincing. Hasil pengukuran di Angke adalah 610 ng/L sedangkan di Ancol adalah 420 ng/L. Pengukuran di muara Tanjung Priok dan Cilincing tidak ditemukan kandungan paracetamol. Konsentrasi paracetamol tersebut mencapai 12-18 kali lebih tinggi dibandingkan konsentrasi maksimum yang terukur di pantai Brazil sebesar 34,6 ng/L (Pereira et al., 2016) dan konsentrasi rata-rata di pantai utara Portugis sebesar 95.2 ng/L (Lolić et al., 2015). Pada Oktober 2021, Dinas Lingkungan Hidup DKI melaporkan bahwa sampel air laut di

dermaga Angke mengandung parasetamol sebesar 258,5 ng/L, di dermaga Ancol terukur 222,77 ng/L serta di Cengkareng drain ditemukan sebesar 15,069 ng/L. Hasil ini menunjukkan kadar lebih rendah daripada penelitian Koagouw. Parasetamol menambah panjang daftar ancaman kontaminan farmaseutikal yang dapat terakumulasi pada rantai makanan melalui konsumsi biota konsumsi seperti ikan atau kerang (Ebele et al., 2017). Oleh karena itu, mengingat faktor kunci dari distribusi kontaminan terlarut di muara sangat dipengaruhi oleh masukan dari sungai dan pengaruh musim (Damar et al., 2019) maka pemantauan daerah aliran sungai (DAS) menjadi sangat penting. Kontaminasi parasetamol di lingkungan perairan dapat berasal dari ekskresi melalui urine manusia, buangan limbah industri farmasi maupun fasilitas kesehatan. Riset mengenai dampak parasetamol pada organisme laut masih terbatas. Tidak ditemukan adanya efek signifikan dari paparan parasetamol terhadap *biomarker* penanda stress pada bivalvia, *Mytilus* spp. (Piedade et al., 2020), dan pada *polychaeta*, *Hesdite diversicolor* (Barbosa et al., 2020). Paparan parasetamol sebesar 40 ng/L diketahui dapat menyebabkan atresia pada kerang betina (Koagouw & Ciocan, 2020). Peningkatan penggunaan obat secara bebas serta belum optimalnya sistem pengolahan limbah menjadi salah satu dugaan pemicu kondisi ini. Temuan ini merupakan sinyal peringatan untuk pemantauan sistem pengolahan limbah farmasi. Pemerintah perlu menyikapi kondisi ini dengan mempersiapkan baku mutu terkait *emerging contaminant* bagi upaya perlindungan lingkungan.

Status kontaminasi Teluk Jakarta kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan

Dalam studi kasus Teluk Jakarta ini, pencemaran laut difokuskan sebagai isu kritis yang diperkuat dengan data sebagian parameter fisika kimia yang sudah melewati baku mutu air laut sesuai Lampiran VIII PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Kondisi tersebut tidak selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDG*) No. 14 yaitu “melestarikan dan memanfaatkan secara berkelanjutan sumber daya kelautan dan

samudera untuk pembangunan berkelanjutan”. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pesisir terpadu (*Integrated Coastal Zone Management* = ICZM) perlu dikombinasikan dengan penataan ruang (Puthucherril, 2021) sebagaimana diamanatkan dalam Pasal 18 UU Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja yang mengubah UU Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Kebijakan tersebut terdapat pada Pasal 7A Ayat (1), yaitu melalui integrasi Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil (RZWP3K) ke dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi. Saat studi ini ditulis, penyusunan RTRW Provinsi DKI Jakarta, Provinsi Banten, dan Provinsi Jawa Barat yang terintegrasi dengan RZWP3K sedang dalam tahap penyusunan dan diharapkan dapat menjembatani pengelolaan daratan dan lautan dengan berdasarkan pada batas ekologis.

Sayangnya, RTRW Nasional sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2017 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional sebagai dasar dari penyusunan RTRW Provinsi belum menggunakan pendekatan penataan ruang terintegrasi daratan-lautan yang memperhatikan sistem ekologi. RTRW Nasional berfokus pada pengembangan potensi kelautan dan pesisir melalui pembangunan kota pesisir dalam mendukung ekonomi kelautan, misalnya sebagai pelabuhan dan teknopark. Saran strategi yang dapat diusulkan agar arah pembangunan selaras dengan fungsi lingkungan hidup antara lain:

1. Menginventarisasi kondisi, potensi, dan kualitas lingkungan, baik di hulu maupun di hilir, untuk pemetaan status daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup dan kerentanan lingkungan pesisir.
2. Mewujudkan tata kelola wilayah pesisir yang terpadu melalui peningkatan peran serta masyarakat dan para pemangku kepentingan.
3. Mempertahankan kualitas kawasan konservasi keanekaragaman hayati melalui rehabilitasi kawasan konservasi dan penanggulangan degradasi lingkungan
4. Melaksanakan pengawasan dan penataan hukum dalam rangka perlindungan kawasan pesisir.

5. Peningkatan pengetahuan masyarakat baik secara keilmuan maupun nilai tradisional melalui tradisi yang ada sehingga terwujudnya lingkungan laut berkelanjutan.

Kesimpulan

Dalam studi ini, karakteristik fisika kimia di daerah muara sungai sangat dipengaruhi oleh masukan aliran sungai dan faktor pasang surut, sehingga pengendalian cemaran di DAS sangat diperlukan. Faktor jarak dari daratan merupakan penentu distribusi spasial parameter fisika kimia di perairan Teluk. Monitoring terhadap *emerging contaminant* yaitu mikroplastik dan paracetamol perlu dilakukan secara rutin agar dapat mengantisipasi dampak yang dapat timbul pada lingkungan, dan berpengaruh pada sosial, ekonomi dan kesehatan masyarakat. Penyusunan baku mutu nasional terhadap *emerging contaminant* merupakan tantangan di dalam pengendalian kesehatan ekosistem pesisir. Studi ini diharapkan memberikan informasi untuk perkembangan Teluk Jakarta ke depan serta untuk kawasan pesisir berpenduduk padat di wilayah lain dalam menghadapi tantangan pencemaran lingkungan. Pengelolaan wilayah pesisir terpadu melalui penataan ruang diidentifikasi sebagai salah satu pendekatan dalam menyusun kebijakan pengendalian yang efektif.

Daftar Pustaka

- Adyasari, D., Pratama, M. A., Teguh, N. A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M. A., & Dimova, N. (2021). Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: Current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112689>
- Barbosa, I., Pizzaro, I., Freitas, R. & Nunes, B. (2020). Antioxidative and neurotoxicity effects of acute and chronic exposure of the estuarine polychaete *Hediste diversicolor* to paracetamol *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 77, 103377
- Barboza, L. G. A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B. R. B. O., Lundebye, A. K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- Baum, G., Kusumanti, I., Breckwoldt, A., Ferse, S. C. A., Glaser, M., Dwiyoitno, Adrianto, L., van der Wulp, S., & Kunzmann, A. (2016). Under pressure: Investigating marine resource-based livelihoods in Jakarta Bay and the Thousand Islands. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 778–789. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.032>
- Besley, C. H., & Birch, G. F. (2021). Comparison of mangrove (*Avicennia marina*) metal tissue concentrations to ambient sediment with an extensive range of contaminant levels in a highly-modified estuary (Sydney estuary, Australia). *Marine Pollution Bulletin*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112680>
- Brown, D. M., Wilson, M. R., MacNee, W., Stone, V., & Donaldson, K. (2001). Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: a role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicol Appl Pharmacol*, 175(3), 191–199.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environ. Sci. Technol.*, 42(13), 5026–5031.
- Cordova, M. R., & Nurhati, I. S. (2019). Major sources and monthly variations in the release of land-derived marine debris from the Greater Jakarta area, Indonesia. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55065-2>
- Cordova, M. R., Riani, E., & Shiimoto, A. (2020). Microplastics ingestion by blue panchax fish (*Aplocheilichthys* sp.) from Ciliwung Estuary, Jakarta,

- Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111763>
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y. (2021a). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129360>
- Cordova, M. R., Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., & Shiimoto, A. (2021b). Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke Wildlife Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112012>
- Correia, B., Freitas, R., Figueira, E., Soares, A.M.V.M., Nunes, B., 2016. Oxidative effects of the pharmaceutical drug paracetamol on the edible clam *Ruditapes philippinarum* under different salinities. *Comp. Biochem. Physiol. Part - C Toxicol. Pharmacol.* 179, 116–124. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.09.006>.
- Devlin, M. J., Lyons, B. P., Johnson, J. E., & Hills, J. M. (2021). The tropical Pacific Oceanscape: Current issues, solutions and future possibilities. *Marine Pollution Bulletin*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112181>
- Damar, A., Colijn, F., Hesse, K.J., Wardiatno, Y. (2012). The eutrophication states of Jakarta, Lampung and Semangka Bays: Nutrient and phytoplankton dynamics in Indonesian tropical waters. *J. Trop. Biol. Conserv.* 9 (1), 61–81.
- Damar, A., Hesse, K., Colijn, F., Vitner, Y. (2019). The eutrophication states of the Indonesian sea large marine ecosystem: Jakarta Bay, 2001–2013. *Deep-sea research part II: Tropical Studies in Oceanography*. 163, 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2019.05.012>
- Dimpe, K. M., & Nomngongi, P. N. (2016). Current sample preparation methodologies for analysis of emerging pollutants in different environmental matrices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 82, 199–207.
- Dwiyitno, Dsikowitzky, L., Nordhaus, I., Andarwulan, N., Irianto, H. E., Lioe, H. N., Ariyani, F., Kleinertz, S., & Schwarzbauer, J. (2016). Accumulation patterns of lipophilic organic contaminants in surface sediments and in economic important mussel and fish species from Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 767–777. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.034>
- Earp, H. S., Prinz, N., Cziesielski, M. J., & Andskog, M. (2018). For a World Without Boundaries: Connectivity Between Marine Tropical Ecosystems in Times of Change. In Simon Jungblut & Viola LiebichMaya Bode (Eds.), *Proceedings of the 2017 conference for Young Marine Researchers* (pp. 125–144).
- Ebele, A.J., Abou-Elwafa Abdallah, M., Harrad, S., (2017). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging Contaminants*, 3 (1), 1–16.
- Fanela, M. A. P., Tarina, N. D. & Supriyatna. (2019). Distribution of total suspended solids (TSS) and chlorophyll-a in Kendari Bay, Southeast Sulawesi. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1217 (2019) 012150. doi:10.1088/1742-6596/1217/1/012150
- Gewert, B., Ogonowski, M., Barth, A., & MacLeod, M. (2017). Abundance and composition of near surface microplastics and plastic debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1–2), 292–302. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.062>
- Hu, W., Zhang, D., Chen, B., Liu, X., Ye, X., Jiang, Q., Zheng, X., Du, J., & Chen, S. (2021). Mapping the seagrass

- conservation and restoration priorities: Coupling habitat suitability and anthropogenic pressures. *Ecological Indicator*. 129, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107960>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Lavender Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- Kemenkomarves (2018). Rujukan Nasional Data Kewilayahan. <https://Maritim.Go.Id/Menko-Maritim-Luncurkan-Data-Rujukan-Wilayah-Kelautan-Indonesia/>.
- Koagouw, W., & Ciocan, C. (2020). Effects of short-term exposure of paracetamol in the gonads of blue mussels *Mytilus edulis*. *Challenges in Emerging Environmental Contaminants*, 27, 30933–30944.
- Koagouw, W., Arifin, Z., Olivier, G. W. J., & Ciocan, C. (2021a). High concentrations of paracetamol in effluent dominated waters of Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112558>
- Koagouw, W., Stewart, N. A., & Ciocan, C. (2021b). Long-term exposure of marine mussels to paracetamol: is time a healer or a killer? *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 48823–48836. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14136-6/Published>
- Lebreton, L. C. M., van der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B.A., Yunus, K.A., Firdaus, M., 2020. Distribution of microplastics in Surabaya River, Indonesia. *Sci. Total Environ.* 726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138560>.
- Lolić, A., Paiga, P., Santos, L. H. M. L. M., Ramos, S., Correia, M., & Delerue-Matos, C. (2015). Assessment of non-steroidal anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals in seawaters of North of Portugal: Occurrence and environmental risk. *Science of the Total Environment*, 508, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.097>
- Mahenda, A. A., Wiradana, P. A., Kuncoroningratsusilo, R. J., Soeginato, A., Ansori, A. N.M., & Arindapradisty, N., (2021). Relationship of Water Quality with Phytoplankton abundance in Kenjeran Coastal Waters, Surabaya, Eastjava, Indonesia. *Poll Res.* 40 (2), 515-521,
- Meng, S., Peng, T., Pratush, A., Huang, T., & Hu, Z. (2021). Interactions between heavy metals and bacteria in mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112846>
- Mourão, F. V., Sousa, A. C. S. R., Mendes, R. M da Luz, Castro, K. M, da Silva A. C., El-Robrini, M., Salomão, U. O, Pereira, J. A. R. & Santos, M. L. S. (2020). Water quality and eutrophication in the Curuçá estuary in northern Brazil. *Regional Studies in Marine Sciences*. 39.<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101450>
- Pereira, C. D. S., Maranhão, L. A., Cortez, F. S., Pusceddu, F. H., Santos, A. R., Ribeiro, D. A., Cesara, A., & Guimarães. L. L. (2016). Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a Brazilian coastal zone. *Science of the Total Environment*.
- Piedade, F., Bio, S., & Nunesa, B. (2020). Effects of common pharmaceutical drugs (paracetamol and acetylsalicylic acid) short term exposure on biomarkers of the mussel *Mytilus* spp. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 73. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103276>
- Puthucherril, T. G. (2021). *SDG 14 and Integrated Coastal Zone Management*. 1–12.

- https://doi.org/10.1007/978-3-319-71064-8_156-1
- Raworth, K. (2020). *Doughnut economy*. Bussiness book.
- Riani, E., Cordova, M. R., & Arifin, Z. (2018). Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussels cultured in Muara Kamal waters, Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 664–670. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.029>
- Sembiring, E., Fareza, A.A., Suendo, V., Reza, M., 2020. The presence of microplastics in water, sediment, and milkfish (*Chanos chanos*) at the downstream area of Citarum River, Indonesia. *Water Air Soil Pollut.* 231, 355. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-04710-y>.
- Serrano, O., Lavery, P. S., Bongiovanni, J., & Duarte, C. M. (2020). Impact of seagrass establishment, industrialization and coastal infrastructure on seagrass biogeochemical sinks. *Marine Environmental Research*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104990>
- Suprpto, D., latifahm N., & Suryanti, S. (2021). Spatial distribution of heavy metal content in the water and green mussel (*Perna viridis*) in Semarang Bay, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14 (1), 298-308.
- Siregar, T. H., Priyanto, N., Putri, A. K., Rachmawati, N., Triwibowo, R., Dsikowitzky, L., & Schwarzbauer, J. (2016). Spatial distribution and seasonal variation of the trace hazardous element contamination in Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 634–646. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.008>
- Taheran, M., Naghdi, M., Brar, S. K., Verma, M., & Surampalli, R. Y. (2018). Emerging contaminants: Here today, there tomorrow! *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 10, 122–126). <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.05.010>
- Taylor, M. D. & Suthers, I. M. (2021). The Socio-ecological System of Urban Fisheries in Estuaries. *Estuaries and Coast*, 44, 1744–1751.
- Tussadiah, A., Sujiwo, A. S., Andesta, I., & Daeli, W. (2021). Assessment of coastal ecosystem services and its condition for policy management plan in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101941>
- United Nation. (2009). *World Organization Prospects: The 2018 Revision*.
- Van der Hal, N., Ariel, A., & Angel, D. L. (2017). Exceptionally high abundances of microplastics in the oligotrophic Israeli Mediterranean coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1–2), 151–155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.052>
- Van der Wulp, S. A., Damar, A., Ladwig, N., & Hesse, K. J. (2016). Numerical simulations of river discharges, nutrient flux and nutrient dispersal in Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 110(2), 675–685. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.015>
- Wahab, N. A., Kamrudin, M. K. A., Toriman, M. E., Ata, F. M., Juahir, H., Ghazali, A., & Anuar, A. (2018). The Evaluation of Dissolved Oxygen (DO), Total Suspended Solids (TSS) and Suspended Sediment Concentration (SSC) in Terengganu River, Malaysia. *International Journal Engineering and Technology*. 7, 44-48
- Zhong, X., Yan, M., Ning, X., Yan, Z., & Xin, Y. (2020). Nitrate processing traced by nitrate dual isotopic composition in the early spring in the Changjiang (Yangtze River) Estuary and adjacent shelf areas. *Marine Pollution Bulletin*. 161, 111699. <https://remote-lib.ui.ac.id:2075/10.1016/j.marpolbul.2020.111699>