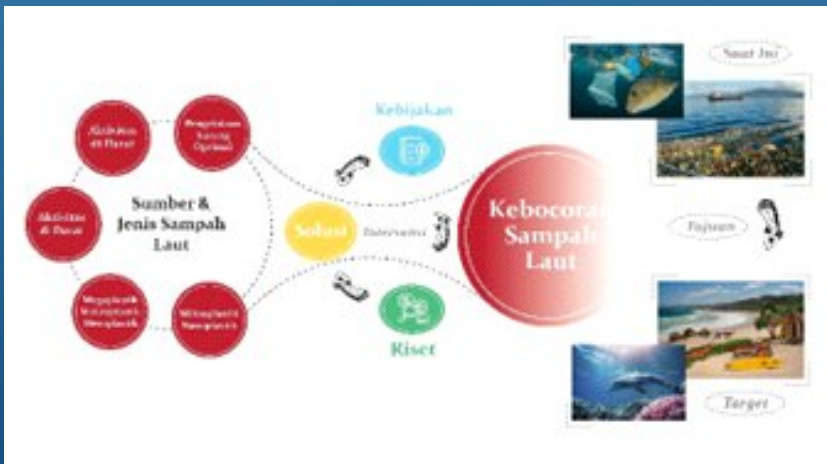


URGENSI PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK DALAM Mendukung MITIGASI PENCEMARAN LINGKUNGAN LAUT

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET BIDANG PENCEMARAN LAUT



OLEH:
MUHAMMAD REZA CORDOVA

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

Buku ini tidak diperjualbelikan.

**URGENSI PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK
DALAM MENDUKUNG MITIGASI
PENCEMARAN LINGKUNGAN LAUT**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2024 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



URGENSI PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK DALAM MENDUKUNG MITIGASI PENCEMARAN LINGKUNGAN LAUT

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET BIDANG PENCEMARAN LAUT

**OLEH:
MUHAMMAD REZA CORDOVA**

Reviewer:

Prof. Dr. Ir. Augy Syahailatua, M. Sc.

Prof. Dr. Cynthia Henny, M.Sc.a

Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi.,DEA

Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani

Prof. Ir. Wimpie Agoeng Nugroho Aspar, MSCE., Ph.D.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2024 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Pusat Riset Oseanografi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Urgensi Pengelolaan Sampah Plastik dalam Mendukung Mitigasi Pencemaran Lingkungan Laut/
Muhammad Reza Cordova–Jakarta: Penerbit BRIN, 2024.

v + 115 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN (cetak)
(*e-book*)




- | | |
|--------------------------|---------|
| 1. Sampah plastik | 2. Laut |
| 3. Pencemaran lingkungan | |

363.73

Copy editor : Risma Soliha Nita
Proofreader : Ayu Tya Farany dan Rahma Hilma Taslima
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul : Rahma Hilma Taslima

Terbitan pertama : April 2024



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id
 PenerbitBRIN
 @Penerbit_BRIN
 @penerbit.brin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	1
PRAKATA PENGUKUHAN	5
I. PENDAHULUAN.....	7
II. PERKEMBANGAN, TANTANGAN, DAN PELUANG RISET PENCEMAR SAMPAH PLASTIK DAN IMPLIKASINYA UNTUK PESISIR DAN LAUT INDONESIA.....	13
A. Tren perkembangan riset sampah plastik laut Indonesia.....	14
B. Tantangan dan peluang riset sampah plastik laut Indonesia.....	20
III. TEMUAN SIGNIFIKAN TENTANG SAMPAH PLASTIK.....	23
A. Kebocoran sampah laut dari aktivitas penduduk Indonesia	23
B. Dampak sampah laut pada ekosistem pesisir dan laut Indonesia.....	32
IV. PRIORITAS TINDAK LANJUT UNTUK MITIGASI BENCANA SAMPAH PLASTIK	37
A. Strategi pengelolaan sampah berdasarkan aktivitas dan area terdampak.....	38
B. Ekspansi industri daur ulang untuk pengelolaan sampah plastik.....	44
V. KESIMPULAN	53
VI. PENUTUP	55
VII. UCAPAN TERIMA KASIH	57
DAFTAR PUSTAKA.....	61
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	79
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	93
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	95

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BIODATA RINGKAS



Muhammad Reza Cordova, lahir di Bogor pada 3 November 1986, adalah anak pertama dari Bapak Harsono Hadisumardjo dan Ibu Etty Riani. Menikah dengan Yuyu Alitalia, S. P. dan dikaruniai dua orang anak, yaitu Airyu Althaf Cordova dan Arrayyan Syafiq Cordova.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 38/M Tahun 2023 tanggal 18 September 2023 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai 10 Oktober 2023.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 84/I/HK/2024 tanggal 1 Maret 2024 yang bersangkutan dapat melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan sekolah dasar di SDN Bangka III Bogor tahun 1998, sekolah menengah pertama di SMPN IV Bogor tahun 2001, dan sekolah menengah atas di SMAN 3 Bogor tahun 2004. Memperoleh gelar Sarjana Perikanan dari Institut Pertanian Bogor tahun 2008, gelar Magister Sains dari Institut Pertanian Bogor tahun 2011, dan gelar doktor bidang *Aquatic Biosciences* dari Tokyo University of Agriculture (Jepang) tahun 2021.

Mengikuti berbagai pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain: pelatihan selam dari CMAS di Jakarta (2007), pelatihan analisis mengenai dampak lingkungan di Bogor (2008), *Training on Respiration, activity and*

behaviour of marine organisms di Bogor (2009), *Training on R-stat program* di Kiel, Germany (2011), *Marine Science and Technology Training Course* di Bogor (2012), *Genome Sequencing for environmental sample* di Tangerang (2013), *Training on Identification and detection of microplastic particles in marine environment* di Jepang (2017), *Marine Plastic Litter Monitoring Data Sharing* di Jepang (2018), *Harmonization methods on microplastic training* di Jepang (2018), *Training for trainer: marine plastic debris* di Jakarta (2019), *Plastic leakage training using SACFOR Approach methods* di Jakarta (2021).

Perjalanan karier yang pernah ditempuh adalah sebagai asisten dosen di Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2008–2009, asisten dosen dan peneliti di Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, pada tahun 2009–2013, menjadi *research fellow* pada *Global Approach by Modular Experiments* program di Leibniz Institut für Meereswissenschaften IFM-GEOMAR, Kiel, Germany (2010–2011), menjadi dosen pada Jurusan Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta (2012–2013), dosen pada Jurusan Teknik Lingkungan serta peneliti *Center for Oceanography & Marine Technology*, Universitas Surya, (2013–2015). Pada tahun 2015 bergabung menjadi peneliti di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sampai saat ini menjadi Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Selama berkarier sebagai peneliti di LIPI dan BRIN, menjadi koordinator penelitian pada Pusat Penelitian Oseanografi dengan tema besar pencemaran laut dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

sampah plastik, bekerja sama dengan pihak eksternal dalam negeri dan luar negeri sejak tahun 2018.

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Muda tahun 2017, Peneliti Ahli Madya tahun 2022, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama bidang Pencemaran Laut tahun 2023.

Menghasilkan 87 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 60 KTI ditulis dalam bahasa Inggris. Serta telah menghasilkan 2 paten terdaftar.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti pada tingkat peneliti ahli pertama dan peneliti ahli muda, pembimbing skripsi (S-1) pada Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Sriwijaya, Universitas Brawijaya; pembimbing tesis (S-2) pada Institut Pertanian Bogor dan Institut Teknologi Bandung; pembimbing disertasi (S-3) pada Institut Pertanian Bogor dan Universitas Diponegoro; serta penguji disertasi (S-3) pada Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Bandung, Universitas Udayana, dan Universitas Indonesia.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (2009–saat ini), anggota Forum Komunikasi Pelanggan Air Minum Nasional (2013–2015), anggota Himpunan Editor Berkala Ilmiah Indonesia (2019–saat ini), anggota *Association of International Research Initiative for Microplastics* (2019–saat ini), anggota *Council of Asian Science Editor* (2019–saat ini), anggota Persatuan Pelajar Indonesia di Jepang Korda Hokkaido (2019–2021), anggota Himpunan Peneliti Indonesia (2015–2021), anggota

The Regional Knowledge Centre for Marine Plastic Debris (2021–saat ini), dan anggota Perhimpunan Periset Indonesia (2022–saat ini).

Menerima tanda penghargaan *103 Indonesian Most Prospective Innovation* in 2011 (2011), Peserta Diklat Fungsional Tingkat Pertama Terbaik ke-2 (2016), *Best Innovation Award The Hitachi Global Foundation Asia Innovation Award* (2020), *BeritaSatu People and Inspiration Award 2020: Science and Technology* (2020), *The Future Leader LIPI* dari Kedeputan Bidang Ilmu Kebumian (2021), *Outstanding Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture [SEARCA] Scholar* (2021).

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillahirrahmanirrahim.

Assalaamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional yang mulia, dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama, marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya, pada tanggal 25 April 2024 menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“URGENSI PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK
DALAM Mendukung MITIGASI
PENCEMARAN LINGKUNGAN LAUT”

Pada orasi ini, akan disampaikan *state of the art* tentang perkembangan, peluang dan tantangan penelitian sampah plastik laut yang telah dilakukan, serta gambaran strategi dalam

Buku ini tidak diperjualbelikan.

penanggulangan pencemaran sampah plastik di ekosistem pesisir dan laut Indonesia.

Orasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman implikasi, harmonisasi riset, dan mitigasi dampaknya pada skala nasional, regional dan global, serta penguatan kerangka pengelolaan ekosistem laut dengan melakukan integrasi penilaian dampak secara holistik yang dapat memastikan bahwa intervensi untuk mengurangi polusi plastik selaras dengan tujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati laut dalam rangka mendukung kesejahteraan masyarakat.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas laut lebih dari 6,4 juta km² (BIG & Pushidros TNI AL, 2018), dan terletak pada wilayah dengan biodiversitas laut tertinggi di dunia (Omeyer et al., 2022). Sumber daya hayati laut yang sangat banyak tersebut memberi manfaat langsung dan tidak langsung pada lebih dari 270 juta penduduk Indonesia serta pada pertumbuhan ekonomi Indonesia. Namun, pertumbuhan ekonomi mendorong terjadinya urbanisasi, terutama menuju kota besar di wilayah pesisir (Rangkuti et al., 2022). Tingginya urbanisasi tersebut sejalan dengan proyeksi dari BPS (2013), bahwa pada tahun 2035 pertumbuhan penduduk kota pesisir akan bertambah 1 juta orang, sehingga tekanan pada lingkungan, khususnya di wilayah pesisir dan laut, diperkirakan akan terus meningkat (Cordova et al., 2017; Harmesa & Cordova, 2020; Koropitan & Cordova, 2017). Hal tersebut sejalan dengan The Asian Development Bank (2016) yang melaporkan terjadinya penurunan kualitas pesisir Indonesia, khususnya di kota-kota pesisir yang padat penduduk. Adapun salah satu penyebabnya berasal dari terjadinya pencemaran di wilayah pesisir Indonesia, dengan sumber pencemar yang berasal dari nutrien yang berlebih, senyawa organik, logam berat dari berbagai kegiatan terutama dari air limbah industri, pertambangan, pertanian, akuakultur, dan domestik (Cordova, 2011). Selain itu juga berasal dari limbah padat (sampah), yang sangat didominasi oleh sampah plastik (Nurhasanah et al., 2023; Riani et al., 2018; Riani & Cordova, 2021; Sulistyowati et al., 2023; Suteja et al., 2021).

Oleh karena itu, untuk menghindari pencemaran tersebut harus dilakukan pengelolaan mulai dari sumber hingga ekosistem yang menerima dampaknya.

Pengelolaan sumber daya alam dan pembangunan di Indonesia memiliki prinsip kekayaan alam untuk kesejahteraan rakyat. Namun, realitasnya pembangunan dan pemanfaatan sumber daya alam sering berlebihan, sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran dan degradasi lingkungan yang berakibat terjadinya kesenjangan ekonomi, sosial, dan budaya (Riani & Cordova, 2021). Pada dekade terakhir, ternyata isu yang mengancam keanekaragaman hayati di tingkat global sudah beralih dari pencemaran ke *double trouble*, yakni perubahan iklim dan pencemaran sampah plastik (Ford et al., 2022), bahkan untuk saat ini, paling banyak dikaitkan dengan pencemaran sampah plastik.

Penggunaan plastik pada beberapa dekade terakhir meningkat sangat pesat, sehingga terjadi penumpukan sampah plastik di lingkungan, yakni di daratan, sungai, dan menjadi sangat banyak di pesisir dan lautan (UNEP, 2016). Adapun yang dimaksud sampah plastik pesisir dan laut adalah material plastik yang ditemukan di sepanjang wilayah estuari, muara, pesisir perairan laut dan perairan terbuka (Cordova, 2021). Berdasarkan penelitian terakhir, setiap tahun jutaan ton bahan plastik masuk ke ekosistem pesisir dan lautan, dan lebih dari 80% dari total sampah plastik yang masuk ke ekosistem pesisir dan laut berasal dari kegiatan antropogenik di darat (Lebreton et al., 2017, 2018). Sungai menjadi salah satu jalur utama yang membawa sampah plastik dari aktivitas di daratan untuk memasuki ekosistem pesisir dan laut (Cordova, et al., 2023; Cordova & Nurhati, 2019;

Tramoy et al., 2022). Aktivitas maritim, seperti penangkapan ikan, budidaya perairan, dan transportasi laut, juga merupakan sumber sampah plastik di ekosistem pesisir dan laut. Sampah plastik yang ada di lingkungan pesisir dan laut selanjutnya dapat terbawa oleh gelombang, dan angin dalam jarak yang sangat jauh hingga lintas batas negara, dan selanjutnya akan terakumulasi di berbagai ekosistem pesisir dan laut yang berbeda (Cordova et al., 2021; Winardi et al., 2021). Sampah plastik dapat terapung di permukaan air, mengambang di kolom air, hingga berada di bawah sedimen karena proses erosi atau akresi yang terjadi pada ekosistem ini (Camacho et al., 2019; Falahudin et al., 2020; Veettil et al., 2022). Akibat sifat plastik yang mudah menyebar, sampah plastik dapat ditemukan mulai dari daerah tropis hingga Arktik dan Antartika, di muara sungai, di permukaan laut, dan di laut dalam (Cordova et al., 2024). Adapun wilayah yang menjadi tempat utama terakumulasinya sampah plastik laut di dunia adalah ekosistem laut dalam, ekosistem vegetasi laut seperti lamun dan mangrove, serta ekosistem pantai (Cordova et al., 2023). Namun demikian, lokasi akumulasi sampah plastik yang harus mendapat perhatian lebih adalah pulau tanpa penghuni, pulau terpencil, dan kawasan konservasi laut (Cordova et al., 2024; Cordova, et al., 2020), karena kawasan tersebut umumnya merupakan tempat berkembangbiakan biota laut baik yang umum maupun yang dilindungi. Ketiga kawasan tersebut jumlahnya cukup besar di Indonesia, sehingga dikhawatirkan menjadi *hotspot* akumulasi sampah plastik (Iskandar et al., 2022). Disisi lain, pencemaran sampah plastik akan memengaruhi ekonomi, mengingat plastik sangat membahayakan ekosistem. Hal ini dikarenakan sampah plastik memiliki usia sangat panjang dan relatif tidak hilang dari lingkungan, sehingga pembersihan dan

pemulihannya membutuhkan dana yang sangat tinggi. Dengan demikian, sampah plastik sangat membebani sektor ekonomi negara, yang membuat dana pembangunan menjadi minim (Cordova et al., 2024; Cordova, et al., 2020).

Sampah plastik yang telah berada di lingkungan laut dapat menimbulkan bahaya bagi biota laut (Roman et al., 2021). Dampak langsung terjadi melalui salah makan, tertelan, serta terbelit dan terjerat oleh sampah plastik (Kühn & van Franeker, 2020; Omeyer et al., 2023). Selain itu, sampah plastik juga akan terakumulasi di lingkungan pesisir dan laut sehingga tidak hanya memberikan dampak buruk bagi biota laut, tetapi juga hingga tingkat ekosistem. Masuknya sampah plastik berbagai ukuran ke dalam rantai makanan dapat menyebabkan bioakumulasi dan biomagnifikasi (Cordova et al., 2020). Selain itu, sampah plastik dapat berperan sebagai vektor pembawa dan penyebar spesies invasif seperti bryozoa, polichaeta, annelida dan cnidaria (Rech et al., 2016). Hal ini dapat memengaruhi dan mengubah komposisi spesies pada suatu ekosistem (García-Gómez et al., 2021; Mghili et al., 2023). Sampah plastik juga dapat menjadi media pembawa dan vektor kontaminan dan bahan kimia berbahaya dan beracun, seperti logam berat dan *persistent organic pollutants* yang sebelumnya sudah ada di lingkungan pesisir dan laut (Miranda et al., 2022; Purwiyanto et al., 2020; Tumwesigye et al., 2023).

Sampah plastik di alam akan terdegradasi menjadi ukuran yang makin lama makin kecil, namun dengan makin kecil ukurannya, masalahnya menjadi makin pelik karena makin sulit terlihat dan makin sulit dihilangkan (Cordova et al., 2023). Makin kecil ukurannya, plastik menjadi jauh lebih berbahaya

untuk kesehatan organisme dan ekosistem karena makin mudah mengontaminasi dan masuk ke dalam organ tubuh, bahkan pada tingkat seluler. Selain itu, konglomerasi plastik dengan tumbuhan laut, seperti lamun dan rumput laut, juga menjadi ancaman karena plastik ukuran kecil sulit dipantau dan akhirnya akan terakumulasi di dasar laut (Plee & Pomory, 2020; Riani & Cordova, 2022).

Hasil penelitian yang dilakukan juga memperlihatkan bahwa permasalahan sampah plastik secara global semakin nyata dalam 20 tahun terakhir. Hal ini yang kemudian membuat Tim Penelitian Sampah Laut, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, yang selanjutnya bertransformasi menjadi Pusat Riset Oseanografi BRIN, hampir satu dekade terakhir ini melakukan penelitian secara komprehensif, baik dilakukan sendiri, maupun menggandeng mitra dari dalam dan luar negeri serta para akademisi. Dalam kurun waktu 8 tahun, Tim Penelitian Sampah Laut, Pusat Riset Oseanografi BRIN, sejauh ini paling produktif melakukan riset terkait sampah laut. Se jauh ini riset yang sudah dilakukan meliputi lebih dari 15 kegiatan penelitian kolaborasi dan menghasilkan lebih dari 50 publikasi ilmiah serta naskah akademik terkait dengan sampah plastik di laut. Riset tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis sampah plastik dari berbagai aspek dan berbagai sudut pandang, baik makroplastik maupun mikroplastik di hampir seluruh provinsi di Indonesia; mulai dari sumbernya di daratan hingga di pesisir dan lautan. Selain itu, tim ini juga mencari strategi untuk menanggulangi pencemaran sampah plastik melalui inovasi sistem penanganannya yang efisien dan efektif serta mencari berbagai inovasi pemanfaatan kembali sampah plastik laut dalam rangka menyukseskan sirkuler ekonomi sampah plastik.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Oleh karena itu, dalam orasi ini akan disampaikan *state of the art* tentang perkembangan, peluang, dan tantangan penelitian sampah plastik laut yang telah dilakukan, serta gambaran strategi dalam penanggulangan pencemaran sampah plastik di ekosistem pesisir dan laut Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

II. PERKEMBANGAN, TANTANGAN, DAN PELUANG RISET PENCEMAR SAMPAH PLASTIK DAN IMPLIKASINYA UNTUK PESISIR DAN LAUT INDONESIA

Polusi plastik memberikan contoh pengaruh aktivitas manusia yang tidak terkendali yang berdampak pada organisme, habitat, jaring makanan, dan ekosistem secara keseluruhan. Kajian polusi sampah plastik telah dimulai beberapa dekade yang lalu, dengan laporan adanya plastik ukuran mikroskopis pada penelitian terkait plankton, udang, dan perikanan lain, serta pengamatan terhadap sampah plastik yang mengapung dan terakumulasi di pantai (Omeyer et al., 2022). Namun, baru sekitar 20 tahun belakangan sampah plastik diakui sebagai masalah global. Di Indonesia sendiri, berdasarkan data *index Scopus* dan *Web of Science*, penelitian terkait sampah laut disinggung secara tidak langsung pada publikasi tahun 1983 dan secara spesifik riset pencemaran plastik baru dimulai tahun 1986, dengan tren yang meningkat dari tahun 2014 hingga sekarang, seperti terlihat pada Gambar 1 (Vriend et al., 2021).

Peningkatan penelitian ini juga didukung adanya Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut yang secara spesifik dituangkan pada strategi penelitian dan pengembangan (Cordova et al., 2019). Strategi penelitian dan pengembangan tersebut diharapkan menjadi pendukung dalam pengelolaan dan penanganan permasalahan sampah di Indonesia.

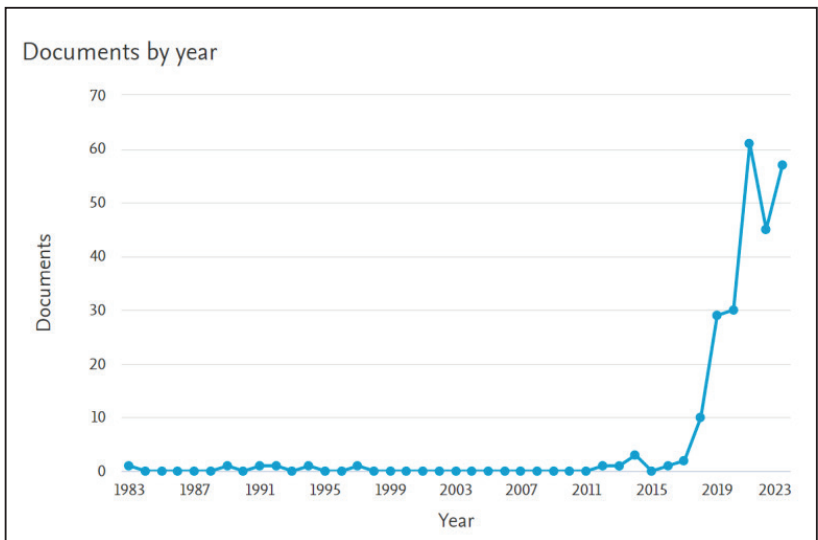
Sejalan dengan rencana aksi penanganan sampah laut yang dicanangkan oleh pemerintah, Tim Penelitian Sampah Laut,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pada Pusat Riset Oseanografi BRIN, telah banyak melakukan berbagai penelitian mulai dari sumbernya di daratan, kondisinya di TPA; jenis sebaran, distribusi dan dampak ekologi di ekosistem sungai; serta sebaran, distribusi, dampak ekologi dan rencana pengelolaan terkait sampah plastik di laut Indonesia. Berikut merupakan tren, saripati riset, tantangan, dan peluang untuk dapat dikembangkan oleh seluruh pemangku kebijakan.

A. Tren perkembangan riset sampah plastik laut Indonesia

Berdasarkan data dari Scopus dan Web of Science, terdapat 246 publikasi ilmiah di Indonesia yang terkait sampah plastik dan mikroplastik di laut dari 1983 hingga Desember 2023 (Gambar 1



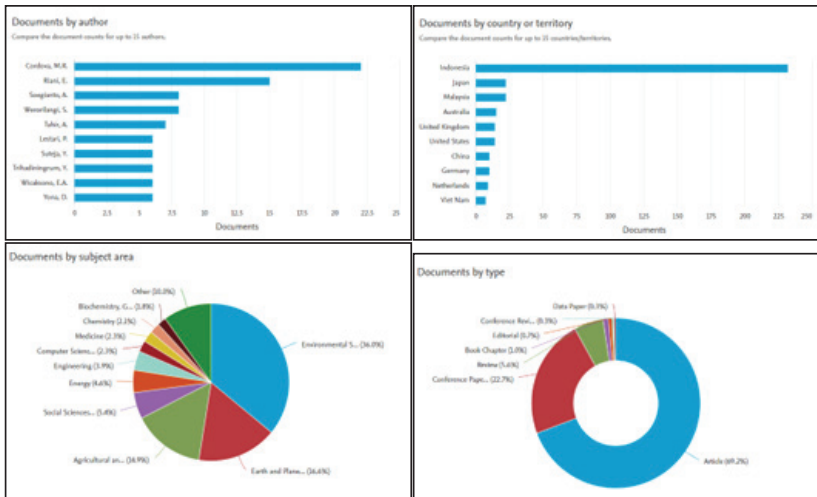
Sumber: Diolah dari Scopus Index (2023)

Gambar 1. Perkembangan Publikasi Terkait Sampah Plastik di Laut Indonesia dari 1983 hingga Desember 2023 Dilihat dari Data Scopus Indeks

Buku ini tidak diperjualbelikan.

dan Gambar 2). Publikasi yang dilakukan di Indonesia cenderung *stagnan* hingga tahun 2014 dan meningkat secara eksponensial dari tahun 2015 hingga akhir 2023. Publikasi ilmiah yang terkait dengan sampah plastik di Indonesia dari tahun 1983 hingga 2014 hanya berjumlah 9 publikasi. Sedangkan dari 2015 hingga Desember 2023, terdapat 235 publikasi terkait. Tim penelitian Sampah Plastik Pusat Riset Oseanografi BRIN memprediksi jumlah riset dan publikasi akan meningkat mengingat target Pemerintah Indonesia untuk mengurangi sampah plastik dalam rangka mendukung *legally binding The Global Plastic Treaty*.

Data hasil riset yang dapat dilihat pada Marine Plastic Research Inventory (t.t., lihat Gambar 3) menggambarkan sebagian besar publikasi terkait dengan isu sains, diikuti yang



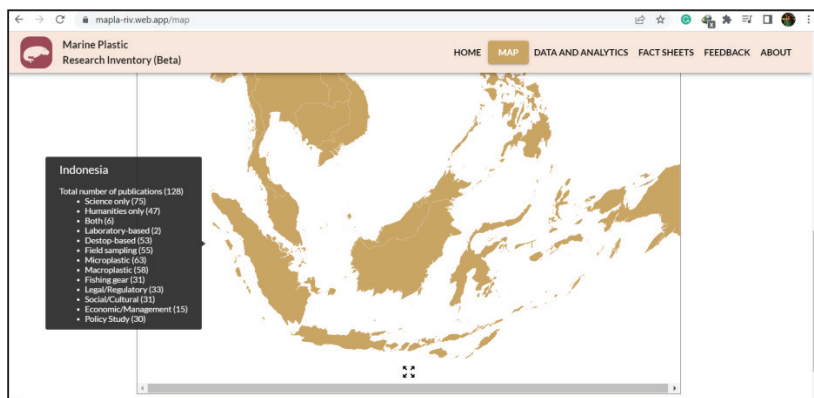
Sumber: Diolah dari Scopus Index (2023)

Gambar 2. Analisa Mendalam Publikasi Terkait Sampah Plastik di Laut Indonesia dari 1983 hingga Desember 2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

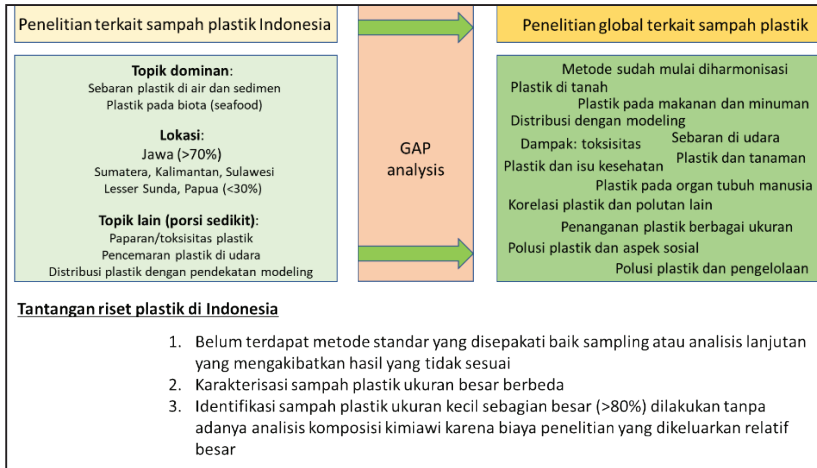
terkait humaniora dan keduanya. Penelitian dengan tema sains mikroplastik lebih banyak dilakukan daripada makroplastik, seperti penelitian lapangan dan *desk study* jauh lebih banyak dibandingkan penelitian skala laboratorium. Adapun penelitian dengan tema humaniora terkait regulasi dan kebijakan lebih banyak dibandingkan tema sosial dan ekonomi. Berdasarkan perbandingan dengan hasil penelitian ASEAN plus Tiongkok, Korea, dan Jepang, jumlah publikasi ilmiah terkait sampah plastik di laut yang ditulis oleh akademisi dan peneliti Indonesia menempati posisi kedua setelah publikasi dari akademisi dan peneliti di Tiongkok. Namun demikian, riset terkait sampah plastik perlu mengejar gap kurangnya riset sampah plastik yang belum dilakukan oleh akademisi dan peneliti Indonesia (lihat Gambar 4).

Penelitian sampah plastik di laut yang dilakukan di Indonesia meliputi aliran sampah plastik laut dari daratan, sampah plastik



Sumber: Marine Plastic Research Inventory (t.t.)

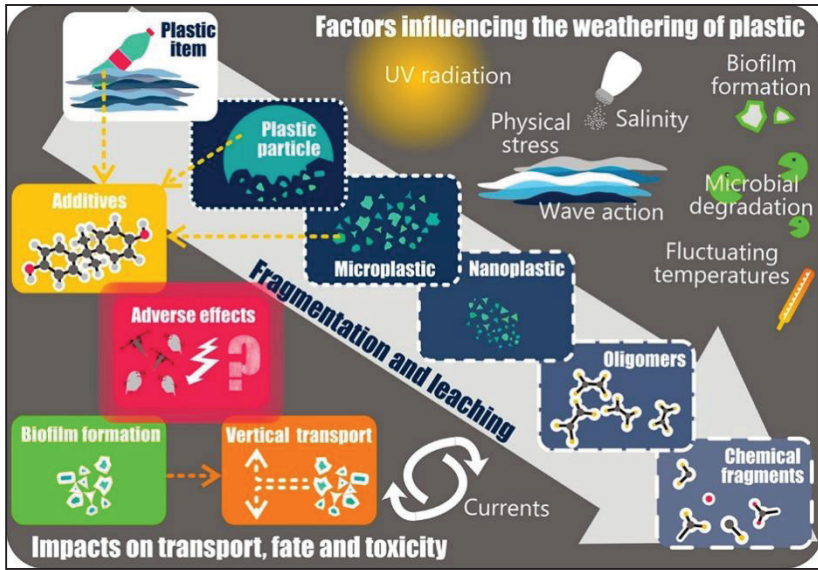
Gambar 3. Tema Penelitian terkait Sampah Plastik di Laut Indonesia dari Marine Plastic Research Inventory



Gambar 4. *Gap Analysis* Penelitian Sampah Plastik Laut Indonesia dan Global

yang terakumulasi di pesisir, dan sedimen laut dalam, hingga kajian lintas batas (*transboundary*). Kajian sampah plastik juga dilakukan berdasarkan kategori ukuran yang secara umum dibagi sebagai berikut: megaplastik (>100 cm), makroplastik (>2.5 cm), mesoplastik (>0.5 cm), mikroplastik (<0.5 cm), dan nanoplastik (<1 μm) (Cordova, 2020; GESAMP, 2015). Kategori ukuran tersebut ada karena sifat sampah plastik yang akan terfragmentasi akibat terpapar sinar matahari, terkena arus, hembasan angin, dan menjadi tempat koloni mikroba (Gambar 5).

Di sisi lain, plastik yang ada di lingkungan sifatnya sangat sulit hilang, hanya makin kecil dan tidak terlihat dengan ancaman yang makin besar. Sampah plastik pada akhirnya akan berakhir



Sumber: Jahnke et al. (2017)

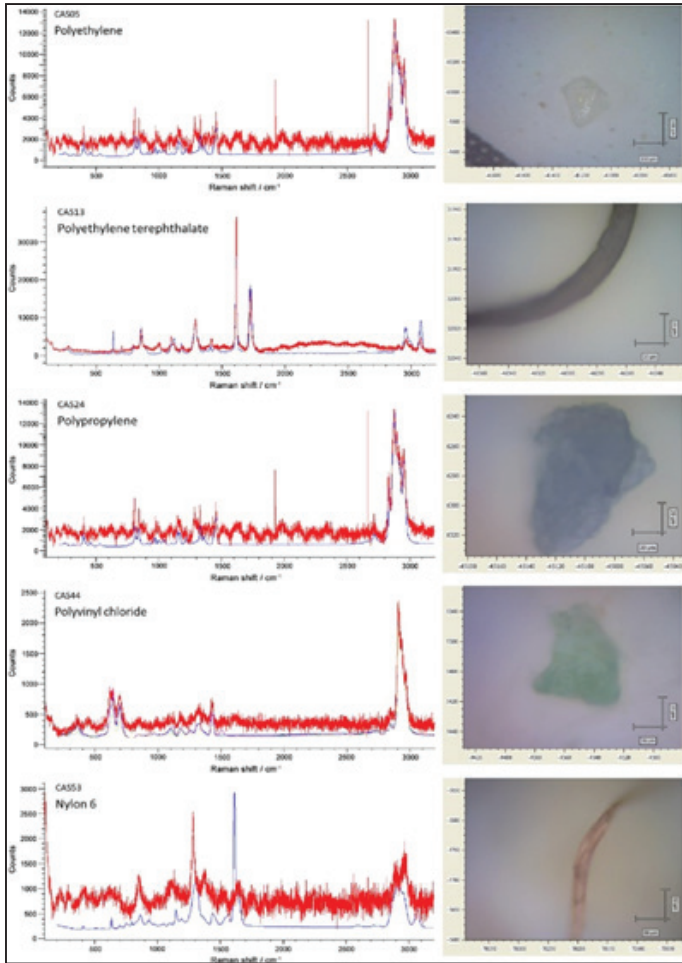
Gambar 5. Faktor-faktor yang Memengaruhi Fragmentasi Plastik di Lingkungan Laut yang Berdampak pada Proses Pengangkutan dan Pembuangan serta Kemungkinan Dampak Buruknya

di tempat, baik yang ada kegiatan manusia maupun yang tidak ada kegiatan manusianya.

Dari kajian plastik ukuran mikroskopis yang dilakukan di wilayah pesisir dan laut Indonesia, terdapat korelasi mikroplastik yang ditemukan dengan sampah plastik ukuran besar (Gambar 6) dari sisi komposisi kimiawi (jenis polimer).

Plastik ukuran kecil tersebut merupakan kategori dominan baik di wilayah muara maupun pesisir. Diduga kuat sumber pecahan mikroplastik tersebut adalah hasil degradasi plastik berukuran besar (Cordova et al., 2020; Isobe et al., 2021).

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Yuan et al. (2023)

Gambar 6. Beberapa Jenis Mikroplastik (kanan) dengan Hasil Analisis Komposisi Kimia (kiri)

Saat ini, tim penelitian sampah laut Pusat Riset Oseanografi BRIN dengan berbagai mitra kolaborasi sedang melakukan penelitian lanjutan proses fragmentasi dari sampah plastik yang ada di lingkungan, agar hasilnya dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan sampah plastik yang efektif di negeri tercinta. Kehadiran mikroplastik yang cukup melimpah di laut merupakan kontribusi signifikan dari manusia terhadap kejadian polusi plastik di lautan kita. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk melakukan pengawasan menyeluruh dan strategi yang efisien untuk menangani masalah ini. Namun demikian, adanya penyebaran dan penumpukan plastik di dalam lapisan sedimen diduga memiliki sifat yang kompleks, sehingga berpotensi untuk membawa risiko yang dapat melampaui tingkat pemahaman kita saat ini.

B. Tantangan dan peluang riset sampah plastik laut Indonesia

Penelitian sampah plastik di laut Indonesia memiliki topik yang cukup beragam, namun topik tersebut terbatas pada isu sebaran plastik berbagai ukuran, khususnya di air, sedimen pesisir laut, serta pada produk perikanan, dan sebagian kecil topik terkait dengan dampaknya pada organisme, tema sebaran pada udara, serta distribusinya dengan pendekatan model numerik di pesisir dan laut (Omeyer et al., 2022, 2023; Vriend et al., 2021) (Gambar 4). Penelitian terkait sampah plastik berbagai ukuran juga perlu dilakukan secara merata di seluruh wilayah pesisir dan laut Indonesia, dari Sabang hingga Merauke, dari Miangas hingga Rote. Berdasarkan gap analisis, didapatkan lokasi kajian lebih dominan dilakukan di ekoregion Jawa dan Bali dengan proporsi sekitar 70% hasil riset. Sementara itu, di wilayah lain Indonesia seperti wilayah ekoregion Sumatera, Kalimantan, Sulawesi,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Lesser Sunda, Maluku, dan Papua, perlu ditambah sumber daya dan peluang risetnya agar dapat setara dalam hal pengawasan dan memiliki strategi spesifik untuk menangani permasalahan sampah plastik yang diprediksi akan semakin kompleks (Omeyer et al., 2022, 2023; Vriend et al., 2021).

Riset sampah plastik laut di Indonesia yang belum optimal juga terjadi karena belum tersedianya terminologi dan karakterisasi sampah plastik (mikroplastik) yang sama. Selain itu juga karena metode penelitian yang tidak memenuhi standar minimal, sehingga banyak hasil penelitian tidak sesuai standar global, bahkan mengakibatkan data menjadi bias (Vriend et al., 2021). Hal lainnya adalah adanya keterbatasan sumber daya manusia yang sepenuhnya memahami metode penelitian serta peralatan yang belum standar, sehingga mengakibatkan data menjadi bias dan sulit untuk dibandingkan secara *apple to apple*. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan peningkatan sumber daya, pemenuhan metode standar, serta identifikasi spesifik (terutama mikroplastik) hingga komposisi kimiawinya. Harmonisasi metode dan data serta kerja sama yang lebih banyak dengan pihak internal dan eksternal di Indonesia akan membantu akademisi dan peneliti memantau pencemaran sampah laut secara *apple to apple* secara global dan dapat membantu pengelolaan sampah plastik melalui kebijakan yang lebih tepat sasaran (Indonesian NPAP et al., 2019; Michida et al., 2019; Nurhati & Cordova, 2020).

Tema penelitian sampah plastik level global yang belum dilakukan perlu segera dikerjakan, seperti plastik di tanah, pada makanan dan minuman, serta isu distribusi plastik dan korelasinya dengan isu kesehatan, plastik dan asosiasinya dengan

polutan organik dan anorganik (Omeyer et al., 2022). Penelitian terkait sampah plastik sangat erat kaitannya untuk penanganan polutan baru ini. Hal yang juga perlu dilakukan adalah terkait pemantauan sampah plastik dengan memanfaatkan *remote sensing* dan pesawat tanpa awak (*drone*) dengan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Selain itu juga perlu dilakukan riset terkait penanganan dan penanggulangannya seperti pengembangan bio-remediasi sampah plastik. Hal yang tidak kalah pentingnya adalah pembuatan standar baku mutu plastik dan mikroplastik berdasarkan sifat potensi bahaya (*hazard*) dari komposisi kimiawinya (*biosecurity*) di lingkungan pesisir dan laut. Riset penanganan sampah plastik juga perlu dilakukan secara komprehensif dan multidisiplin atau bahkan transdisiplin yang melibatkan pakar dari berbagai disiplin ilmu seperti sosial, ekonomi, budaya, dan hukum (Cordova et al., 2024; Nurhasanah et al., 2021).

III. TEMUAN SIGNIFIKAN TENTANG SAMPAH PLASTIK

Indonesia memiliki 108.000 km garis pantai dan lebih dari 17.000 pulau yang didiami oleh lebih dari 270 juta orang (BIG, 2023; BIG & Pushidros TNI AL, 2018). Indonesia bersama 11 negara lain yang terletak di kawasan Asia Tenggara merupakan satu kawasan ekologis laut yang saling terhubung dengan tingkat biodiversitas laut tertinggi di dunia. Namun, kekayaan laut ini terancam oleh aktivitas yang tidak ramah lingkungan, bahkan ancamannya saat ini bertambah lagi, karena banyaknya sampah plastik. Hal ini terjadi karena di sebagian besar wilayah Indonesia pengelolaan sampahnya masih belum sebanding dengan pertumbuhan ekonominya (Nurhati & Cordova, 2020).

A. Kebocoran sampah laut dari aktivitas penduduk Indonesia

Hingga saat ini, Indonesia masih dianggap menjadi salah satu dari sepuluh negara yang melepaskan sampah plastik terbesar ke lautan dunia (Meijer et al., 2021). Data Kementerian Perindustrian pada 2022 menunjukkan produksi plastik di Indonesia lebih dari 8 juta ton. Divisi Statistik PBB tahun 2022 mencatat 56.000 ton sampah impor masuk ke Indonesia. Sementara itu, sampah plastik yang diekspor hanya 8.600 ton. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (2023), sebanyak 310 dari 514 kabupaten/kota se-Indonesia pada tahun 2022 telah melaporkan capaian kinerja pengelolaan sampah. Secara nasional, timbunan sampah mencapai lebih dari 36,1 juta

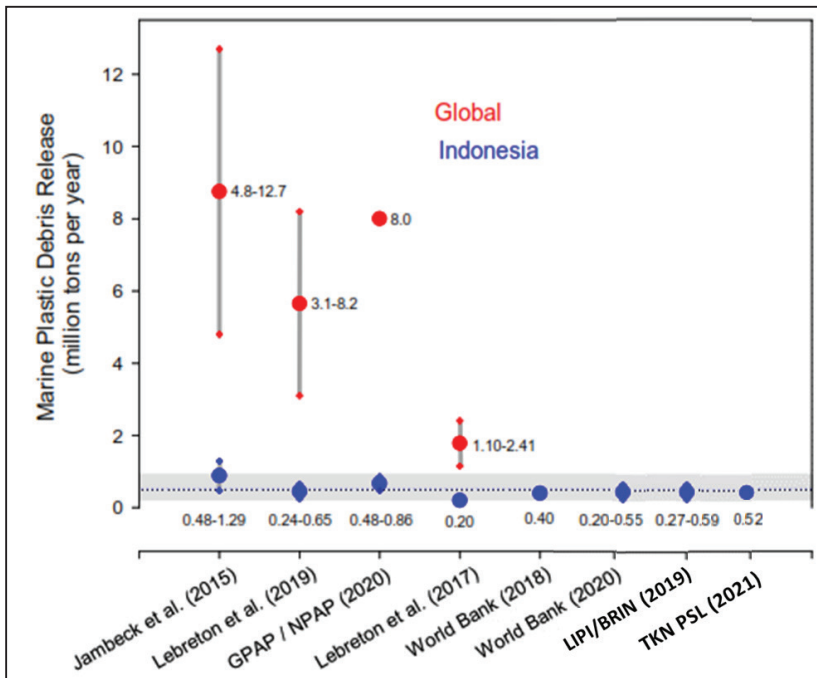
Buku ini tidak diperjualbelikan.

ton/tahun, dengan 63,53% sampah terkelola (hampir 23 juta ton/tahun) dan 36,47% sampah (lebih dari 13 juta ton/tahun) tidak terkelola atau bocor ke lingkungan. Berdasarkan data SIPSN-KLHK tersebut sampah sisa makanan mendominasi sebanyak 40,21% dan sampah plastik menempati peringkat kedua sebanyak 18,09%. Persentase sampah plastik meningkat tiap tahunnya, yakni 15,84% pada tahun 2019, 17,35% tahun 2020, dan 17,76% pada tahun 2021.

Peningkatan sampah plastik tersebut memiliki korelasi dengan peningkatan konsumsi plastik Indonesia, dari 17 kg/tahun/kapita tahun 2016 menjadi 22,5 kg/tahun/kapita pada tahun 2020. Konsumsi plastik Indonesia yang relatif rendah 2–6x dibandingkan negara ASEAN lainnya belum diimbangi dengan peningkatan pengelolaan sampah (Damanhuri, 2017). Layanan pengumpulan sampah di Indonesia pada 2020 baru 56% (The ASEAN Secretariat, 2021). Di sisi lain, plastik yang telah dikonsumsi dan diharapkan dapat kembali menjadi produk plastik siap pakai melalui proses daur ulang masih jauh dari optimal. Tingkat daur ulang sampah plastik di Indonesia, yang sebagian besar bergantung pada sektor informal, hanya kurang dari 5% dari seluruh sampah yang dihasilkan, dengan tingkat daur ulang plastik kurang dari 10% (Indonesian NPAP et al., 2019; World Bank, 2018). Timpangnya neraca ini membuat jumlah sampah plastik Indonesia menggunung. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyebutkan bahwa jumlah sampah plastik pada tahun 2022 sebanyak 11,6 juta ton, naik dari tahun sebelumnya yang hanya 7,5 juta ton.

Garis pantai Indonesia yang panjang, jumlah penduduk yang besar, dan tingginya tingkat sampah yang tidak dikelola dengan

baik berkontribusi terhadap besarnya kontribusi sampah yang berasal dari daratan ke lautan. Pada dasarnya kajian jumlah kebocoran sampah plastik ke laut Indonesia sudah dilakukan oleh berbagai akademisi dan instansi yang ada, dengan jumlah kebocoran pada kisaran yang relatif sama (Gambar 7).



Sumber: Modifikasi dari Nurhati & Cordova (2020)

Gambar 7. Estimasi Kebocoran Sampah Plastik Laut Berbasis Model di Indonesia

Publikasi naskah akademik dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia tahun 2019 mengestimasi kebocoran sampah plastik ke laut Indonesia yang berasal dari kegiatan masyarakat Indonesia

diperkirakan 0,27–0,59 juta ton per tahun (Cordova et al., 2019) atau 2–4% sampah plastik yang dihasilkan dari kegiatan aktivitas penduduk Indonesia (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2023). Hasil penelitian ini selanjutnya dijadikan data dasar yang ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk pengelolaan sampah plastik laut pada rapat koordinasi penanganan sampah laut tingkat menteri pada Desember 2019. Angka kebocoran sampah plastik laut tersebut relatif rendah. Namun secara global, angka ini masuk dalam top 10 negara penyumbang sampah plastik ke lautan dunia. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindak lanjut pengelolaannya.

Sebagian besar sampah plastik masuk ke lingkungan pesisir dan laut melalui aliran sungai yang terdapat banyak aktivitas penduduk dan industri. Dari ribuan sungai yang ada di Indonesia, empat sungai, yakni Sungai Brantas, Sungai Bengawan Solo, Sungai Serayu, dan Kali Progo, termasuk di antara 20 sungai yang membawa plastik terbanyak ke lautan dunia (Lebreton et al., 2017).

Banyaknya masukan sampah antropogenik (Gambar 8) dipengaruhi oleh sistem pengelolaan sampah, yang pada dasarnya dipengaruhi oleh demografi penduduk, kebijakan pemangku kepentingan (seperti dari pemerintah, pihak swasta, dan masyarakat itu sendiri) dalam pengelolaan sampah, dan faktor lingkungan (Cordova et al., 2021; Cordova & Nurhati, 2019). Sampah yang tidak terkelola dengan baik mengakibatkan sampah plastik dibuang ke lingkungan dan akan “bocor” ke ekosistem sungai dan terbawa ke laut (Cordova et al., 2023; Zakiah et al., 2024). Sumber plastik berbagai ukuran yang masuk ke perairan hingga ekosistem pesisir dan laut juga ditemukan



Sumber: Tong et al. (2023)

Gambar 8. Sumber dan Dampak Plastik Berbagai Ukuran dari Kegiatan di Darat dan Laut

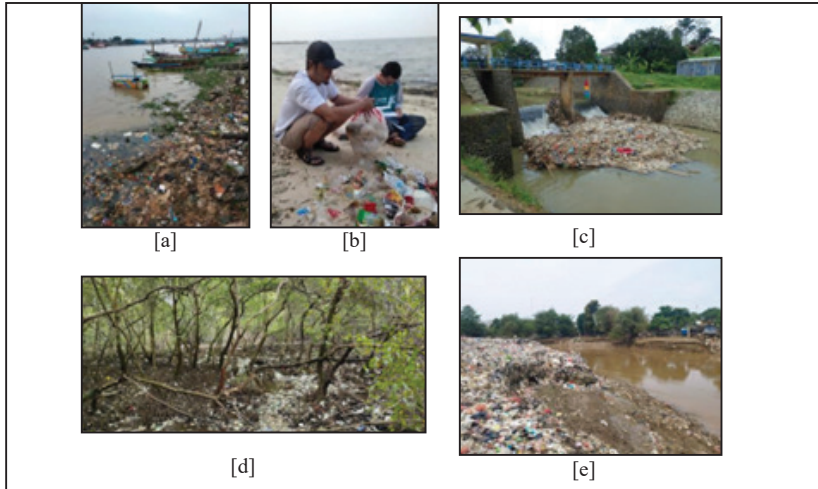
dari tempat pembuangan akhir sampah dan berasal dari instalasi pengolahan air limbah (Nurhasanah et al., 2021). Selain itu, juga terdapat sumber sampah plastik dari kegiatan di laut, seperti dari kegiatan transportasi laut, penangkapan, budi daya ikan, maupun aktivitas lepas pantai (Cordova et al., 2022; Cordova et al., 2024).

Aliran sungai yang membawa sampah dari hulu hingga hilir contohnya terjadi di muara sungai yang masuk ke Teluk Jakarta, pesisir utara Jawa, dan pesisir selatan Jawa Barat. Seluruh daerah aliran sungai tersebut menjadi wilayah perkembangan ekonomi yang baik, tetapi pengelolaan sampahnya masih belum maksimal. Sampah plastik menjadi jenis sampah paling dominan yang tak hanya mengalir ke laut di wilayah tersebut, tetapi juga pada wilayah lain di Indonesia (Purba et al., 2021). Sembilan sungai

yang bermuara di Teluk Jakarta membawa ± 23 ton sampah per hari, dan $\pm 59\%$ atau 8 ton diantaranya adalah sampah plastik (Cordova et al., 2021; Cordova et al., 2022; Cordova & Nurhati, 2019), dengan dominansi berasal dari Sungai Dadap dan Sungai Bekasi. Berdasarkan hasil riset lanjutan, Sungai Citarum yang juga bermuara ke pesisir utara Jawa Barat membawa 85% atau ± 1 ton sampah plastik per hari (Cordova, et al., 2022). Di pesisir selatan Jawa yang diwakili Sungai Cimandiri, proporsi sampah plastik yang bocor ke laut mencapai 97% atau $\pm 0,3$ ton per hari (Cordova et al., 2023). Sampah dari sungai akan menyebar ke laut dan akan memberikan dampak akumulasi pada wilayah yang tidak terlalu jauh dari muara sungai dan terakumulasi pada ekosistem laut tropis seperti pada ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang (Gambar 9).

Sampah yang ditemukan terdampar tiap bulan pada 18 pantai dari Aceh hingga Papua lebih dari 65%-nya adalah sampah plastik yang masih relatif baru. Selain hal tersebut 55% dari sampah plastik yang terdampar tidak memiliki biofouling yang menempel walau pada sampah plastik tersebut terdapat lapisan biofilm tipis (Cordova et al., 2022). Selanjutnya dikatakan bahwa sampah yang proporsinya lebih kecil dan tidak terdampar di pantai akan hanyut lintas batas administrasi hingga lintas negara (Gambar 10).

Berdasarkan hasil model numerik yang divalidasi oleh *drifter* (Iskandar et al., 2021, 2022), 50–60% sampah plastik yang berasal dari Sungai Cisadane akan terdampar di wilayah tidak jauh dari muara sungai (30–50 km). Sebanyak 20–30% sampah akan terdampar di pulau kecil seperti di Kepulauan Seribu hingga melewati Selat Sunda dan terdampar di Kepulauan Enggano. Hal yang sama ditemukan pada sampah dari sungai



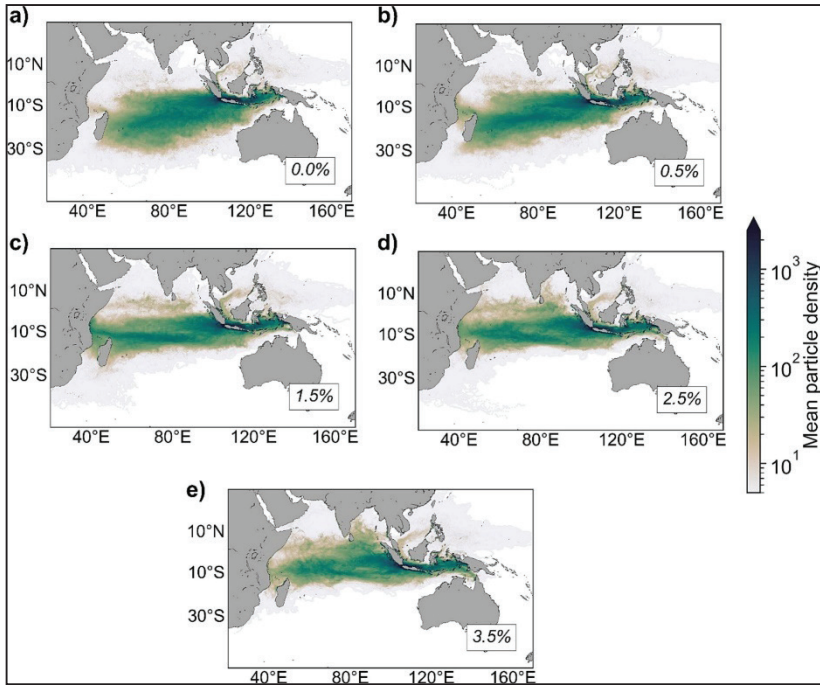
Ket.: [a] Sampah plastik pantai pesisir utara Jawa, [b] Tim Penelitian melakukan pengambilan dan karakterisasi sampel sampah plastik pantai, [c] Sampah menumpuk pada saluran sungai, [d] Sampah plastik dengan dominansi pecahan styrofoam terakumulasi di ekosistem mangrove, [e] Tumpukan sampah plastik yang telah terakumulasi lama dan tergerus aliran sungai.

Foto: Dokumentasi Tim Penelitian Sampah Laut Pusat Riset Oseanografi BRIN

Gambar 9. Sampah Plastik Terakumulasi pada Ekosistem Pesisir dan Laut Indonesia

besar dan sungai utama, yang akan mengalir ke Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda, dan Laut Seram yang merupakan kawasan perikanan yang produktif (Iskandar et al., 2022). Adapun 10–20% sampah plastik dari sungai-sungai utama di Pulau Jawa dan Bali akan hanyut menuju Samudera Hindia dan kurang dari 1 tahun kemudian akan mendekati wilayah Afrika Selatan, dan sampah plastik dari Indonesia juga akan berpindah posisi ke Samudera Atlantik (Iskandar et al., 2022). Sebaran sampah yang

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Iskandar et al. (2022)

Gambar 10. Sebaran Sampah Plastik dari 10 Sungai Utama di Jawa dan Bali dengan Tingkat Angin yang Berbeda

terakumulasi di wilayah lokal akan memberikan dampak pada wilayah perairan maritim Indonesia yang merupakan pusat dari ekosistem laut tropis dunia.

Sampah plastik dari aktivitas penduduk yang masuk ke lingkungan akan terfragmentasi akibat radiasi ultraviolet, gaya mekanik, reaksi oksidasi dan hidrolisis, serta biodegradasi karena peran mikroba di alam (Andrady, 2017). Namun, juga terdapat plastik berukuran kecil yang diproduksi sejak awal untuk

kosmetik, perawatan kulit, bahan *scrubber* untuk pembersih dan produk industri (Sundt et al., 2014). Sampah plastik ukuran mikroskopis (mikroplastik) berkontribusi pada tantangan global sampah plastik, karena mikroplastik menyebar dan menimbulkan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme. Sampah plastik ukuran mikroskopis (mikroplastik) telah ditemukan pada air dan sedimen dari wilayah dengan pengaruh aktivitas penduduk yang rendah dan tinggi (Cordova et al., 2021, 2023; Riani & Cordova, 2022; Vriend et al., 2021), laut lepas (Yuan et al., 2023), kolom air (Cordova & Hernawan, 2018), kawasan konservasi laut (Cordova et al., 2024), hingga laut dalam dengan kedalaman lebih dari 2000 meter (Cordova & Wahyudi, 2016). Mikroplastik juga ditemukan pada udara pesisir (Purwiyanto et al., 2022) yang terkait dengan hubungan antara atmosfer dan laut. Akibatnya, mikroplastik terdeteksi pada organisme laut dari ukuran kecil (Cordova, et al., 2020), biota bentik (Riani & Cordova, 2022), hingga biota pelagis (Yona et al., 2020). Berdasarkan penelitian terkait paparan mikroplastik, diketahui bahwa mikroplastik dapat berbahaya secara fisik dan kimia hingga menyebabkan tingkat kematian yang akut bagi organisme laut (Buteler et al., 2022; Syakti et al., 2019), yang berujung pada penurunan kualitas air, sehingga memberikan tekanan untuk ekosistem pesisir, terumbu karang, lamun, dan mangrove (Cordova et al., 2018; Sulistiowati et al., 2023). Hal ini berarti akan mengganggu kegiatan sektor kelautan, perikanan, transportasi laut, dan pariwisata di Indonesia dan sekitarnya, serta akan menurunkan valuasi ekonomi dari sektor tersebut (Riani et al., 2023). Di sisi lain, ukuran mikroplastik di alam akan semakin kecil yang mengakibatkan semakin mudah masuk ke dalam tubuh biota dan masuk pada sistem jejaring makanan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pada ekosistem (Wayman & Niemann, 2021). Nanoplastik, yang memiliki ukuran lebih kecil dari mikroplastik, juga berasal dari proses fragmentasi dan mineralisasi plastik di alam. Namun, hingga saat orasi ilmiah ini disampaikan, penelitian nanoplastik walaupun sudah dilakukan belum dapat memberikan data terkait dampak nanoplastik. Oleh karena itu, keberadaan nanoplastik di lingkungan laut diduga akan semakin penting di tahun-tahun mendatang.

B. Dampak sampah laut pada ekosistem pesisir dan laut Indonesia

Sampah plastik dapat dikategorikan sebagai polutan jenis yang relatif baru. Tahun 1970an, industri plastik menyatakan sampah plastik memiliki proporsi yang sangat kecil dari seluruh sampah yang ada dan tidak menyebabkan kerusakan pada lingkungan kecuali merusak pemandangan (Moore, 2008). Namun, sampah plastik merupakan sampah paling banyak ditemukan dengan pertumbuhan sembilan kali lipat berdasarkan kajian antara tahun 1970 dan 2003 (vom Saal et al., 2008). Sampah plastik laut kini memiliki proporsi 40–90% dari seluruh sampah yang ditemukan di ekosistem pesisir dan laut (Cordova et al., 2022; Ryan, 2018). Sampah plastik, selain memberikan masalah estetika dan mengganggu kegiatan pariwisata, akan mengganggu aktivitas transportasi laut dan menurunkan nilai ekonomi (Abalansa et al., 2020); juga dapat mengganggu kehidupan organisme yang hidup di ekosistem pesisir dan laut (Wright et al., 2013). Sampah plastik yang masuk pada area mangrove, lamun, dan terumbu karang akan mengakibatkan gangguan respirasi, proses fotosintesis, dan transportasi oksigen (Cordova et al., 2018; Cordova, et al., 2021; Cordova & Hernawan, 2020). Secara

ekologis, sampah plastik memberikan tekanan tambahan yang lebih besar selain adanya dampak peningkatan muka air laut, abrasi, kegiatan tidak ramah lingkungan, dan perubahan iklim.

Plastik yang telah berada di lingkungan akan menyebabkan banyak organisme terjatoh atau terperangkap. Hal tersebut mengakibatkan penurunan kebugaran, berkurangnya kemampuan memangsa, dan meningkatkan kemungkinan tertangkap oleh predator (Gall & Thompson, 2015). Jeratan plastik juga menyebabkan laserasi atau robekan di kulit yang menyebabkan keluarnya banyak darah hingga kematian. Sampah plastik sering kali dianggap sebagai makanan oleh biota laut dan menumpuk di saluran pencernaan (Lihat Gambar 11).



Ket.: [a] Plastik menjerat anjing laut; [b] Bangkai burung albatros yang terdapat plastik pada perutnya

Sumber: Jepsen dan de Bruyn (2019); NOAA Marine Debris Program (t.t.)

Gambar 11. Foto Dampak Plastik pada Biota Laut

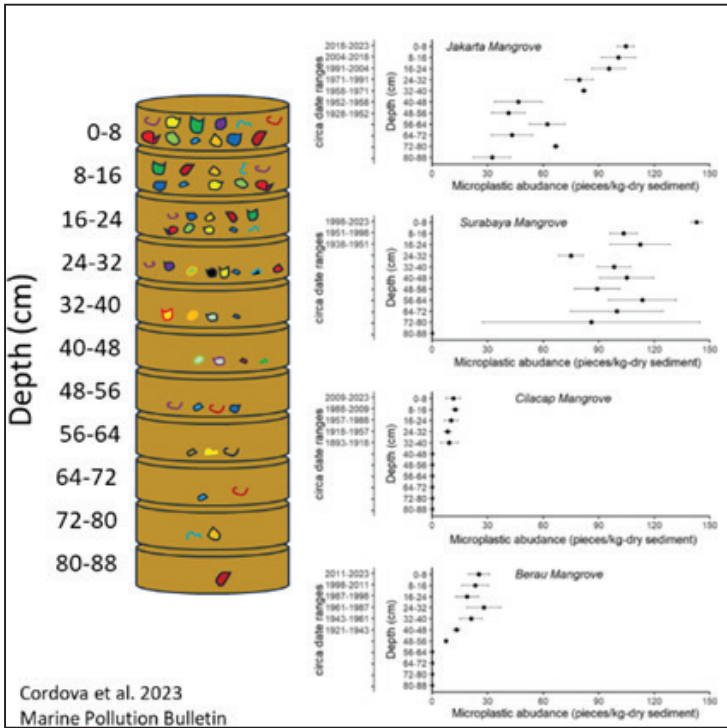
Plastik dalam lambung dan usus yang tidak dapat dicerna berakibat menghambat sekresi enzim dan menurunkan rangsangan makan, serta membuat asupan nutrisi terhambat. Plastik dalam saluran pencernaan menurunkan kadar hormon steroid, menunda ovulasi, dan menghambat reproduksi (Cordova et al., 2020). Kejadian salah makan plastik tidak menyebabkan kematian organisme secara langsung, tetapi dapat menyebabkan efek yang tidak mematikan atau kronis dengan konsekuensi jangka panjang (Li et al., 2016; Rahmawati et al., 2023; Sulistiowati et al., 2023), dan pada saatnya akan menjadi bom waktu.

Ancaman sampah plastik terkait dengan bahan pembangun plastik yakni jenis polimer yang berbeda berdasarkan sifat potensi bahaya (*hazard*) yang ditimbulkan (Buteler et al., 2022; Syakti et al., 2019). Ancaman ini juga terkait dengan bahan aditif yang ditambahkan saat produksi serta kemampuannya sebagai vektor pembawa polutan lain (Cordova, 2020). Hasil kajian biomonitoring mengungkapkan *phthalates*, *bisphenol A* (BPA), dan bahan tambahan lain yang digunakan dalam pembuatan plastik telah ditemukan pada tubuh manusia, bahkan beberapa penelitian menyebutkan ditemukan konsentrasi yang melebihi perkiraan tingkat paparan harian yang aman (Koch & Calafat, 2009; Thompson et al., 2009). Bahan aditif tersebut diketahui menyebabkan dampak toksikologi pada manusia, termasuk kelainan reproduksi dan perkembangan, serta peningkatan angka penyakit kardiovaskular dan diabetes tipe 2 (Campanale et al., 2020). Sampah plastik dapat meningkatkan *bioavailabilitas* polutan dalam ekosistem dan tubuh organisme melalui proses penyerapan dan bioakumulasi (Sulistyowati et al., 2022). Hal ini terjadi karena sampah plastik bertindak sebagai vektor polutan

(Tumwesigye et al., 2023), seperti *persistant organic pollutant* (POPs) (misalnya, *polychlorinated biphenyls* (PCBs), *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), *per- and polyfluorinated substances* (PFAS)) dan logam berat hingga *alien species*. Selain itu, dengan sifat yang unik tersebut, sampah plastik juga dapat menjadi media bagi mikroorganisme yang akan membentuk biofilm (Rummel et al., 2017). Sampah plastik dengan biofilm kemudian dapat meningkatkan dosis kontaminan organik hidrofobik kepada biota yang terpapar sampah plastik (García-Gómez et al., 2021).

Sampah plastik yang berada di perairan akan bertambah densitasnya karena ditempeli oleh material organik dan mikroba, sehingga plastik akan terdeposisi ke sedimen dasar perairan (Saley et al., 2019; Zhang, 2017). Dengan demikian, dapat dikatakan sampah plastik dapat berfungsi sebagai indikator penentuan urutan dalam catatan kronologis endapan sedimen (Bancone et al., 2020). Mikroplastik yang diteliti pada wilayah mangrove menggambarkan area ini sebagai area *sink* dari polutan baru ini (Li et al., 2022).

Bahkan, mikroplastik ditemukan pada lapisan sedimen mangrove Indonesia dengan estimasi umur lebih dari 80 tahun (Gambar 12), yang menggambarkan kontaminasi plastik dari periode sebelum plastik diproduksi secara massal (Cordova et al., 2023). Penyebab mendasar di balik keadaan ini belum dapat dijelaskan secara komprehensif. Hipotesisnya berkaitan dengan kegiatan budi daya perikanan intensif yang menyebabkan proses pengadukan pada area sedimen mangrove. Postulat lainnya adalah infiltrasi dari aktivitas bioturbasi yang dapat memfasilitasi transportasi mikroplastik ke lapisan sedimen bawah (Cordova et al., 2023).



Sumber: Cordova et al. (2023)

Gambar 12. Akumulasi Mikroplastik pada Sedimen Mangrove dan Korelasinya dengan Umur Sedimen

Buku ini tidak diperjualbelikan.

IV. PRIORITAS TINDAK LANJUT UNTUK MITIGASI BENCANA SAMPAH PLASTIK

Hampir satu dekade terakhir, Indonesia dianggap sebagai salah satu pencemar sampah plastik terbesar ke lautan dunia. Hal ini sejalan dengan produksi plastik Indonesia yang berbanding lurus dengan produksi global. Tim Koordinasi Nasional Penanganan Sampah Laut (TKN PSL), yang sudah mempunyai Rencana Aksi Nasional Penanganan Sampah Laut, mengestimasi jumlah sampah yang bocor ke lingkungan perairan (akan berakhir ke laut) tahun 2021 adalah 407.000 ton, menurun 15,3% dari data dasar tahun 2018 yakni 615.000 ton. Namun, jumlah kebocoran sampah plastik tersebut masih tergolong sangat besar, apalagi lautan Indonesia mempunyai peran ekologi yang sangat penting untuk lautan dunia. Oleh karena itu, sampah plastik merugikan potensi ekonomi lautan Indonesia, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan nilai mencapai Rp250 triliun/tahun, sehingga mengganggu pendapatan negara untuk seluruh sektor ekonomi kelautan baik perikanan, pariwisata, transportasi, hingga energi (Riani et al., 2023).

Timbulan sampah yang semakin banyak sejalan dengan semakin banyaknya jumlah penduduk. Sayangnya, hingga saat ini masih banyak pemangku kebijakan yang memiliki paradigma lama dalam pengelolaan sampah, yakni relatif hanya mengumpulkan, mengangkut, dan membuang. Padahal, berbagai kajian memperlihatkan bahwa hampir seluruh Tempat Pembuangan Akhir Sampah di Indonesia melebihi kapasitasnya. Layanan pengumpulan sampah masih relatif rendah, contohnya

Buku ini tidak diperjualbelikan.

di tahun 2020 baru 56% (The ASEAN Secretariat, 2021). Kapasitas kelembagaan dan pendanaan untuk pengelolaan sampah relatif sangat rendah, bahkan belum memadai. Sementara itu, yang menjadi ujung tombak pengelolaan sampah adalah masing-masing pemerintah daerah kabupaten dan kota, sehingga sangat bergantung pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) masing-masing. Secara nasional, rata-rata APBD untuk pengelolaan sampah kurang dari 1%, jauh dari angka ideal 3–4% (Cordova, et al., 2022). Hanya kota besar yang melayani pengumpulan sampah >80% (TKN PSL, 2022). Angka ini berbanding terbalik dengan Produk Domestik Bruto Indonesia yang meningkat 10 kali lipat lebih besar dari 10 juta dolar pada tahun 1990 menjadi 104 juta dolar tahun 2018 (TKN PSL, 2022). Tingginya timbulan sampah juga disebabkan oleh masih sangat rendahnya peran masyarakat dalam meminimalkan sampah yang dihasilkannya. Selain itu juga karena pengelolaan sampah belum menjadi budaya yang mengakar pada masyarakat, sementara pendidikan, pembinaan, maupun sosialisasi yang ditujukan untuk mengubah pola pikir seluruh lapisan masyarakat juga masih minim (Riani et al., 2023).

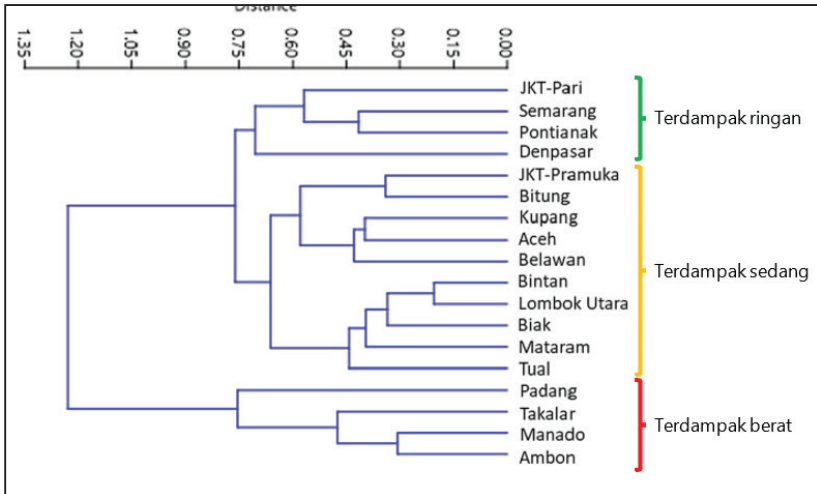
A. Strategi pengelolaan sampah berdasarkan aktivitas dan area terdampak

Sistem pengelolaan sampah melalui sistem daur ulang eksisting relatif sama di berbagai wilayah, padahal untuk mendapatkan hasil yang efisien dan efektif perlu penyesuaian dengan karakter masing-masing wilayah, struktur sosial (dengan 300 kelompok etnik dan lebih dari 1300 suku (Statistics Indonesia, 2021)), serta tingkat kepadatan penduduk dan aktivitasnya. Agar hasilnya mendekati ideal, Pusat Riset Oseanografi BRIN

merekomendasikan untuk membagi area pengelolaan menjadi tiga kluster aktivitas dan terdampak berdasarkan kriteria jumlah penduduk dan industri (Kementerian Perindustrian, 2020; Statistics Indonesia, 2021), yakni (1) padat dan terdampak berat, (2) sedang dan terdampak menengah, (3) rendah dan terdampak ringan. Pada setiap pendekatan tersebut, pengelola harus memahami proses dan harus memiliki keinginan untuk melestarikan atau bahkan meningkatkan nilai asli ekosistem dalam hal kontribusinya pada ekologi, ekonomi, dan sosial (Riani et al., 2023). Mengingat kesulitan lingkungan terkait dengan besaran sampah laut di Indonesia, praktik pengendalian sampah saat ini dapat dikategorikan sebagai tidak efektif, ambigu, dan dalam beberapa kasus, belum dapat teridentifikasi.

Contoh pengelolaan yang dapat dilakukan dari ketiga kluster (Gambar 13) tersebut adalah padat dan terdampak berat (Ambon, Manado, Takalar, dan Padang), sedang dan terdampak menengah (Tual, Mataram, Biak, Lombok Utara, Bintan, Belawan, Aceh, Kupang, Bitung, dan Jakarta Pramuka), serta daerah tercemar ringan (Jakarta Pari, Semarang, Pontianak, dan Denpasar).

Merujuk pada hal tersebut, strategi pengelolaan sampah pada setiap kluster dapat dilakukan dengan sistem pengelolaan yang mirip, tetapi setiap kluster harus menyesuaikan dengan karakteristik masing-masing wilayah. Agar strategi tersebut berhasil dengan baik, setiap kluster harus melakukan penanganan sampah mulai dari sumbernya (Gambar 14), dengan melakukan pemilahan sampah terlebih dahulu, sehingga memudahkan pengolahan pada tahap berikutnya. Apabila sampah sudah berada di lingkungan seperti jalan, kebun, sungai, pantai, atau laut, perlu dilakukan pengambilan secara periodik dan perlu dipilah

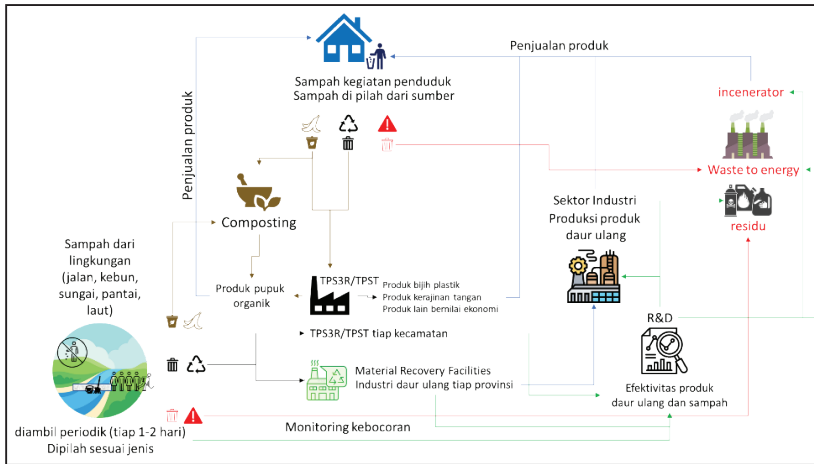


Sumber: Cordova et al. (2022)

Gambar 13. Contoh pembagian tiga kluster sistem pengelolaan sampah berdasarkan aktivitas dan area terdampak, yakni (1) padat dan terdampak berat, (2) sedang dan terdampak menengah, serta (3) rendah dan terdampak ringan.

sesuai jenisnya. Saran strategi pada orasi ini masih terbatas pada saran pengelolaan per-kluster, sehingga perlu dilakukan kajian mendalam pada tiap wilayah tersebut agar dapat memberikan saran pengelolaan sampah setiap kabupaten/kota yang lebih efisien dan efektif.

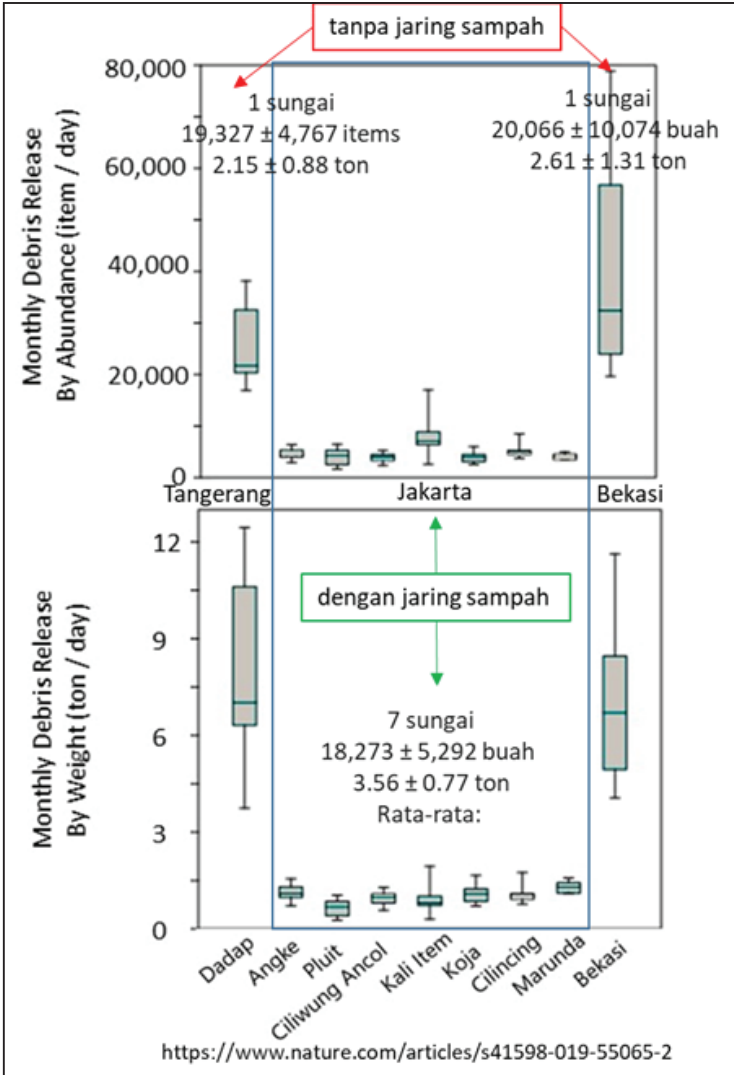
Pada tahapan pengambilan sampah yang telah bocor ke lingkungan, seperti pada ekosistem sungai yang merupakan sumber aliran utama ke laut, dapat dilakukan pemasangan jaring sampah sungai (Cordova et al., 2021). Jaring sampah sungai merupakan alat pengendali sampah makro dari sungai ke



Gambar 14. Saran Pengelolaan Sampah di Indonesia

pesisir dan lautan yang hemat biaya. Jaringan sampah sungai yang diaplikasikan di sungai yang masuk pada wilayah administratif DKI Jakarta terbukti menurunkan jumlah sampah yang masuk ke perairan Teluk Jakarta secara signifikan, dibandingkan sungai di Tangerang dan Bekasi yang belum mengaplikasikan jaringan sampah sungai (Cordova & Nurhati, 2019). Hasil penelitian juga menyatakan adanya aplikasi jaringan sampah di tujuh sungai DKI Jakarta efektif menurunkan sampah yang masuk ke laut hingga 10 kali lipat lebih rendah, dibandingkan sampah dari satu sungai di Tangerang dan satu sungai di Bekasi (Gambar 15).

Hal ini menunjukkan perlunya replikasi dalam aplikasi jaringan sampah sungai di Indonesia, khususnya di kota besar. Aplikasi penggunaan jaringan sampah yang disarankan, memiliki kedalaman minimal 1 meter karena terdapat sampah yang



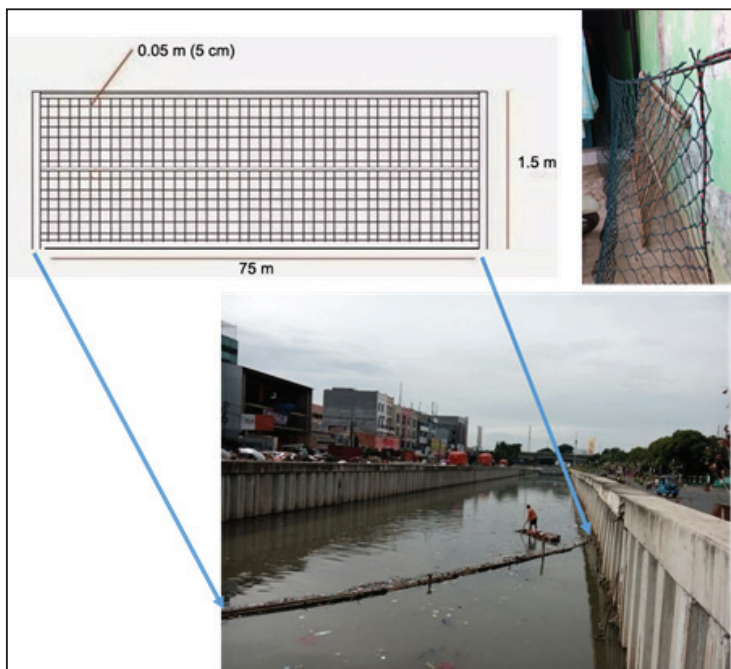
Sumber: Cordova & Nurhati (2019)

Gambar 15. Perbedaan Sampah pada Sungai Dengan dan Tanpa Jaring Sampah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

berada di bawah permukaan atau pada kolom air (Gambar 16). Strategi yang perlu dilakukan adalah melakukan penempatan jaring sampah pada setiap 3–5 km, atau didasarkan pada lokasi administrasi, setiap kelurahan atau kecamatan masing-masing kabupaten kota yang dilewati sungai tersebut namun ada dalam DAS yang sama.

Sampah dari sumber maupun yang bocor ke lingkungan dapat dibagi menjadi tiga jenis, yakni sampah organik (mudah urai), sampah plastik daur ulang, dan sampah lainnya.



Sumber: Dokumentasi Tim Penelitian Sampah Laut Pusat Riset Oseanografi BRIN (2016)

Gambar 16. Aplikasi Jaring Sampah yang Disarankan Dipasang pada Sungai

Menurut data SIPSN (2023), sampah organik, dengan kategori sisa makanan dan daun/kayu/ranting, proporsinya paling tinggi (40–50%) di Indonesia. Sampah organik yang sudah dipisahkan dapat dijadikan kompos di sumber atau di TPS3R/TPST (Tempat Pengolahan Sampah Reduce-Reuse-Recycle/Tempat Pengolahan Sampah Terpadu). Jika proses *composting* dilakukan di sumber, sampah organik dapat dijadikan pupuk atau dimasukkan ke lubang biopori atau dikirim ke TPS3R/TPST untuk dijual, sehingga menghasilkan nilai ekonomi. Sampah (plastik) daur ulang hasilnya dapat diolah menjadi produk bijih plastik untuk dijual ke sektor industri, dan produk daur ulangnya juga bernilai ekonomis. Sampah lain yang tidak dapat didaur ulang dimasukkan ke *Material Recovery Facilities* (Cordova et al., 2023), dan sampah sisanya dikirim ke *Waste to Energy Plant* atau ke insinerator, sehingga residu dapat dikelola dengan baik. Dalam rangka mempercepat efektivitas dan efisiensi dari pengelolaan sampah di Indonesia, para akademisi juga dapat mendukung melalui penelitian dan pengembangan pada setiap bagian sistem, termasuk dalam pemantauan lapangan dan peningkatan efektivitas produk daur ulang yang akan dihasilkan.

B. Ekspansi industri daur ulang untuk pengelolaan sampah plastik

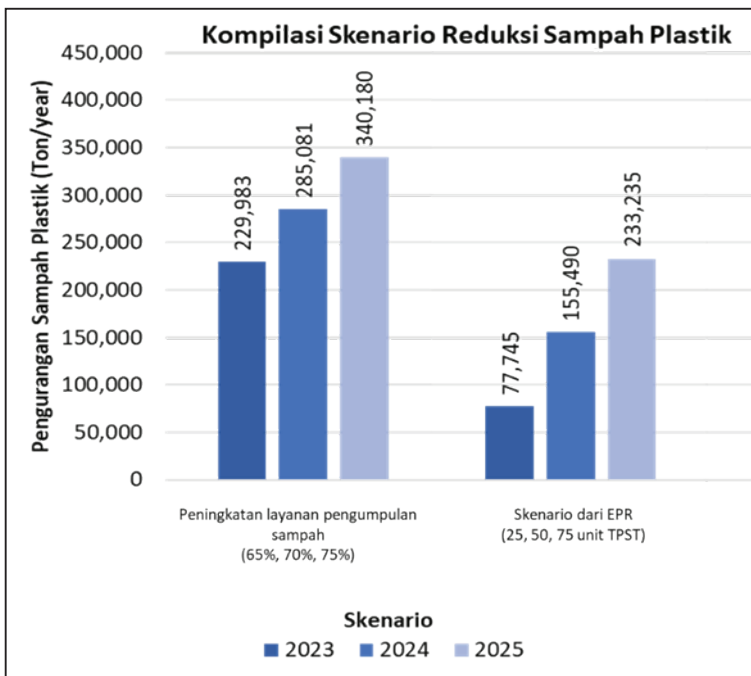
Penelitian Badan Riset dan Inovasi Nasional tahun 2022 memperlihatkan bahwa sampah plastik yang terdampar di pantai didominasi oleh sampah plastik sekali pakai, terutama plastik fleksibel seperti plastik *sachet*, kantung plastik, plastik pembungkus makanan, plastik botol, dan plastik gelas. Hal yang menarik dari penelitian ini adalah makin jauh dari Pulau Jawa, makin tinggi sampah yang berpotensi untuk didaur ulang secara

langsung, seperti “botol plastik” dan “gelas plastik” (Cordova et al., 2022). Hal ini berkaitan dengan industri daur ulang yang terpusat di Pulau Jawa. Jika industri daur ulang sampah plastik dapat disebar ke setiap regional Indonesia, seperti regional Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua, tentu akan menekan sampah plastik yang bocor ke lingkungan (Cordova et al., 2023). Namun, kajian harus detail hingga ke area mana yang tepat untuk membangun industri daur ulang tersebut, serta hingga ke kajian perilaku masyarakat dan pendorong sosial ekonominya. Intervensi ini perlu diadopsi secara luas oleh publik dan diselaraskan dengan ekonomi sirkuler untuk mengurangi polusi plastik yang juga mendukung perjanjian plastik PBB (*UN Plastic Treaty*) yang didukung 175 negara pada tahun 2024 (Cordova et al., 2023).

Selain melalui penyadaran masyarakat, agar sampah menjadi tanggung jawab bersama, pemerintah juga perlu memasukkannya ke dalam pelayanan dasar dalam standar pelayanan minimal (Cordova et al., 2023). Hal ini dikarenakan oleh sampah yang berkaitan langsung dengan kesehatan masyarakat, pekerjaan umum, ketenteraman, ketertiban, dan perlindungan masyarakat. Memasukkan sampah ke dalam pelayanan minimal setidaknya bisa meningkatkan kemitraan masyarakat dan swasta yang berujung pada kondusifnya iklim investasi, karena untuk mengelola sampah butuh investasi. Iklim investasi mengelola sampah yang dipayungi regulasi pemerintah, diimplementasikan pemerintah daerah, serta didukung pola pikir masyarakat, akan mengurasi sampah plastik dan sekaligus membuat sampah plastik menjadi sumber penghasilan baru (Riani et al., 2023). Jika regulasi mendukung peningkatan layanan pengumpulan sampah dari 56% menjadi 80%, sampah plastik yang mencemari

Buku ini tidak diperjualbelikan.

lingkungan diperkirakan berkurang hingga lebih dari 55% (Gambar 17, Cordova et al., 2022). Jika ditambahkan dengan implementasi 25 unit *Material Recovery Facilities* (MRF) dan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dari penerapan Tanggung Jawab Produsen berdasarkan Pasal 15 Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 dan peraturan pelaksanaannya (dalam berbagai diskursus dikenal pula dengan istilah *Extended Producer Responsibility*/EPR), kebocoran sampah plastik dapat tertangani minimal 12,63% (TKN PSL, 2022). Oleh karena itu, untuk mewujudkan target-target tersebut hingga 2025, perlu



Gambar 17. Skenario Reduksi Sampah Plastik berdasarkan Analisis Tim Koordinasi Nasional Sampah Laut pada Tahun 2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

investasi Rp16–30 triliun. Investasi tersebut ditujukan untuk meningkatkan layanan pengumpulan sampah, dengan membuat 25 unit MRF dan TPST (TKN PSL, 2022). Jika dibandingkan kerugian yang mungkin timbul akibat sampah plastik yang masuk ke lautan, angka investasi tersebut tergolong pada nilai yang relatif kecil.

Hal lain yang disarankan untuk menjadi solusi adalah pengembangan plastik jenis yang dapat didaur ulang secara sempurna. Saat ini baru plastik jenis polietilen tereftalat (PET), yang umumnya menjadi bahan dasar botol air minum kemasan, mendominasi untuk didaur ulang (Cordova et al., 2022). Namun, masih banyak jenis plastik lain yang belum bisa didaur ulang secara sempurna. Dari sudut pandang daur ulang, transisi dari bahan polimer *multilayer* ke bahan polimer *monolayer* meningkatkan potensi daur ulang (Cordova et al., 2022). Secara teknis, jika kita dapat memulihkan bahan tertentu dalam jumlah yang lebih besar, daur ulang menjadi lebih layak. Hal ini konsisten dengan penetapan metode pemulihan sumber daya dari bahan kemasan bekas. Selain itu juga perlu rencana jangka panjang dan penelitian mendalam untuk mengganti bahan dasar plastik sekali pakai menjadi jenis khusus, misalnya polipropilena (PP) yang sifatnya mirip dengan PET agar dapat didaur ulang sempurna ke bentuk semula (Cordova et al., 2022). Rencana tersebut secara implisit terdapat pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 75 Tahun 2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah oleh Produsen. Hal ini perlu digenjut, terutama dari sisi jumlah produsen yang melaksanakan peraturan tersebut, serta penetapan atas jenis produk/kemasan plastik tertentu, guna memastikan terbentuknya *demand* atas *recycled plastic* (Cordova et al., 2022). Hal yang

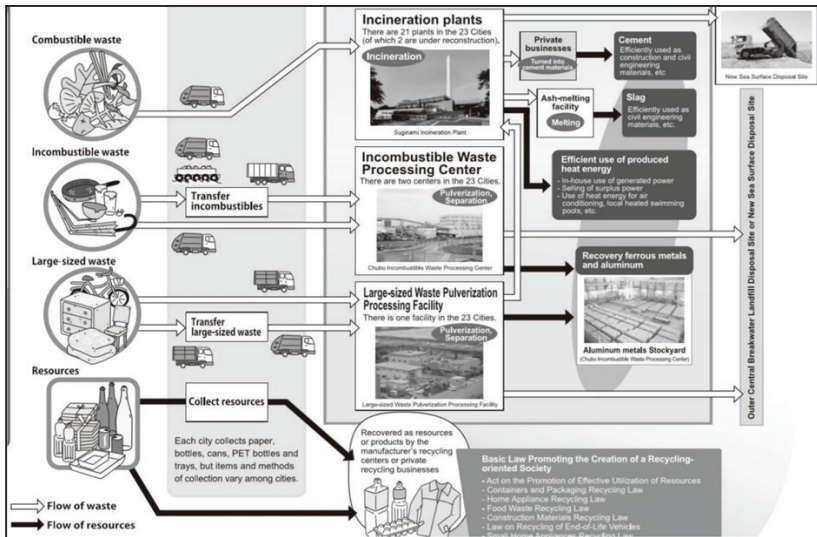
Buku ini tidak diperjualbelikan.

juga tidak kalah pentingnya adalah pemberian insentif misalnya dalam bentuk pengurangan atau bahkan pembebasan pajak dan kemudahan perijinan pendirian usaha daur ulang sampah plastik. Dalam jangka panjang, plastik sekali pakai dapat ditransformasi menjadi jenis daur ulang sempurna, akan menghilangkan sampah plastik yang bocor ke lingkungan, sehingga gangguan ekologi dan ekonomi dapat diminimalkan, sekaligus untuk mengejar target pemerintah tahun 2040, dalam hal ekonomi sirkuler plastik (Riani et al., 2023).

Alternatif pengelolaan sampah di Indonesia dapat dilakukan dengan pendekatan program bank sampah dan penerapan EPR. Program bank sampah memiliki basis masyarakat dan berada sedekat mungkin dengan sumbernya (TKN PSL, 2022). Dari sudut pandang produsen, bank sampah adalah *collection/dropping point* yang didesain sebagai titik awal proses penarikan kembali produk dan/atau kemasan yang habis masa gunanya serta dikenai ketentuan EPR (Gambar 18).

Perlu dilakukan integrasi untuk membuat program bank sampah berkelanjutan dengan program EPR sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah. EPR memiliki konsep produsen bertanggung jawab terhadap seluruh *life cycle* produk yang dibuat atau dijual ketika produknya telah mencapai akhir masa pakainya (Riani et al., 2023). Oleh karena itu, produsen seharusnya bertanggung jawab dalam biaya pengumpulan, pemindahan, daur ulang, dan pembuangan residu material di penghujung siklus hidup barang tersebut (TKN PSL, 2022).

Penerapan EPR merupakan implementasi yang dilakukan oleh produsen produk dengan dukungan dari pemerintah,



Sumber: Clean Authority of Tokyo (2019)

Gambar 18. Sistem Pengelolaan Sampah untuk Meningkatkan Ekspansi Industri Daur Ulang, termasuk Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dan *Material Recovery Facilities* (MRF) yang Dapat Dilakukan di Indonesia

sekaligus melakukan pengelolaan lingkungan setelah pemakaian produk dengan menekankan kepada pembelian kembali untuk beberapa produk tertentu (*buy-back system*). Namun, pada pelaksanaannya, EPR memiliki masalah pada implementasinya. Isu utama penerapan EPR yakni “pemain” dalam sistem EPR “tidak membayar” produk yang masuk dalam subjek EPR, karena produsernya sudah tidak ada lagi dengan alasan bangkrut atau alasan lain (Cordova et al., 2022). Selain itu, isu lainnya adalah produk *eksisting* dan/atau *pre-existing*, yakni produk yang telah beredar di pasar saat kebijakan EPR diterapkan. Oleh karena itu, perlu pendekatan pada seluruh *stakeholder* dan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

pemain (produsen/importir, pengumpul/retailer, dan konsumen) agar pelaksanaan EPR untuk sampah plastik berjalan dengan baik, efektif, dan efisien (Gambar 19, Cordova et al., 2022).

Pada penerapan EPR pada ekspansi industri daur ulang, fokus utama adalah plastik yang dapat didaur ulang seperti botol plastik dan gelas plastik yang berbahan dasar PET (Cordova et al., 2023). Perlu dibuat *single-layer* dan produk yang potensial didaur ulang secara sempurna seperti polipropilena (PP) yang sifatnya mirip PET untuk meningkatkan banyaknya produk daur

<p>Pemerintah</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulator • Administrator • Pengelola dana EPR • Monitoring • Mendorong produsen untuk operasi daur ulang • Pemberi insentif • Pemberi lisensi daur ulang • Memberikan laporan yang dapat diakses oleh semua pihak
<p>Recycler/pendaur ulang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penyedia fasilitas daur ulang termasuk fasilitas pengumpulan • Pengumpul dana dan recycling • Memenuhi target pengumpulan • Penghubung pengumpul dan industri daur ulang • Mendapatkan lisensi dari pemerintah • Meningkatkan kesadaran konsumen • Membuat dokumentasi sampah plastik yang dapat didaur ulang
<p>Produsen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penyedia dana pengumpulan • Penyedia fasilitas daur ulang sendiri atau kerjasama dengan industri daur ulang termasuk penyedia fasilitas pengumpulan • membayar dana EPR untuk daur ulang dan penanganan limbah • Penghubung pengumpul dengan industri daur ulang • Membuat dokumentasi sampah plastik yang dapat didaur ulang • Memberikan laporan yang dapat diakses oleh semua pihak
<p>Pengumpul</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penerima produk daur ulang dan meneruskan ke industri daur ulang • Mendapatkan lisensi dari pemerintah • Mendapatkan dana kompensasi EPR • Membuat dokumentasi sampah plastik yang dapat didaur ulang
<p>Konsumen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengumpulkan produk yang dapat menjadi sampah dan dapat didaur ulang • Terhubung dan dapat mengirimkan produk sampah daur ulang ke pengumpul • Mendapatkan sosialisasi dan penyuluhan dari pemerintah dan produsen • Mendapatkan insentif dari pengumpulan produk sampah daur ulang

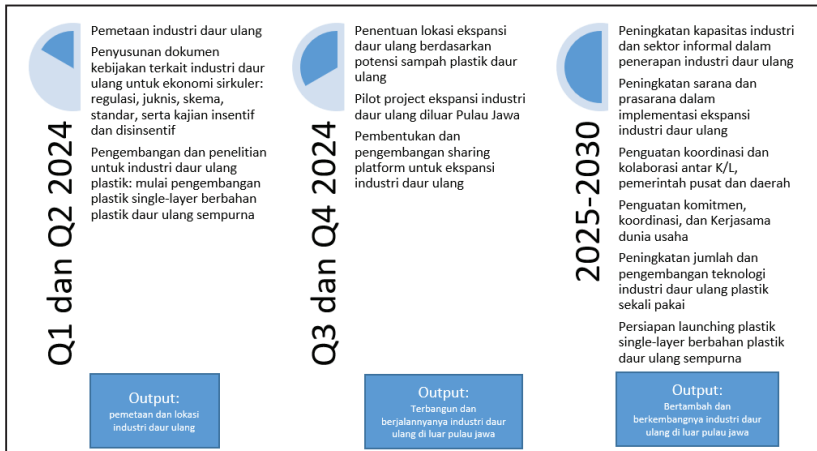
Gambar 19. Peran *Stakeholder* untuk Ekspansi Industri Daur Ulang

ulang produk sekali pakai seperti plastik *sachet* atau produk pembungkus makanan..

Produk sampah plastik daur ulang dapat dikumpulkan pada titik pengumpul (*dropbox*), bank sampah atau TPST atau TPS3R, ke produsen, maupun lokasi yang ditentukan oleh pengumpul (TKN PSL, 2022). Disarankan ada mekanisme disinsentif bagi konsumen yang membuang sembarangan serta insentif bagi yang mengumpulkan ke lokasi khusus. Mekanisme insentif dan disinsentif ini belum masuk pada regulasi yang ada dan perlu dilakukan kajian khusus mengingat terdapat perbedaan karakter masyarakat di setiap wilayah di Indonesia (Cordova et al., 2022).

Penerapan EPR juga membutuhkan mekanisme pembayaran yang diatur dalam biaya jual kepada konsumen serta melibatkan tanggung jawab produsen (TKN PSL, 2022). Mekanisme pembayaran seperti sistem deposit dapat menjadi pilihan alternatif, yakni produsen membayar biaya berdasarkan kuantitas barang terjual tahun sebelumnya dan pelaporan dalam periode tertentu (seperti tiap kuartal atau semester), serta meliputi biaya penanganan produk (Riani et al., 2023). Produsen juga perlu membiayai dan mengelola sistem *take back* dan sistem daur ulang yang disepakati sebelumnya dengan pengumpul serta diawasi pemerintah (Riani et al., 2023). Mekanisme berikutnya adalah produsen membiayai EPR dengan membuat sistem pengumpulan individu atau pengumpulan secara terkoordinasi yang disepakati sebelumnya (Gambar 20).

Dalam proses ekspansi industri daur ulang, direkomendasikan menggunakan dana APBD, APBN, dan hibah dari eksternal maupun *fundraising* dari luar negeri yang menyesuaikan dengan sistem keuangan negara (Cordova et al., 2022). Penanggung



Gambar 20. Saran Rencana Pengembangan Ekspansi Industri Daur Ulang

jawab yang disarankan adalah Kementerian Perindustrian serta Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan Kementerian Koordinator Bidang Maritim dan Investasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Kelautan dan Perikanan, serta Badan Riset dan Inovasi Nasional, sesuai dengan amanah Lampiran Rencana Aksi Nasional Perpres Nomor 83 Tahun 2018 Strategi 2 dan 3. Selanjutnya, Kemendagri dan kementerian terkait dapat mengharmonisasikan pengelolaan sampah, untuk kemudian diimplementasikan bersama dengan Pemerintah Daerah maupun Pemerintah Provinsi setempat. Jika program teknis ini berhasil di akhir tahun 2024, diharapkan dapat “ditularkan” di seluruh provinsi di Indonesia, sehingga dapat mengejar target pengurangan sampah plastik masuk ke laut sebesar 70% pada tahun 2025.

V. KESIMPULAN

Plastik yang tersebar luas pada ekosistem pesisir dan laut berasal dari berbagai kegiatan antropogenik. Sampah plastik yang dihasilkan sebagian besar mengalir melalui sungai dan dapat terakumulasi pada wilayah laut lokal hingga lintas batas negara. Sampah plastik tetap berada di ekosistem pesisir dan laut selama bertahun-tahun karena hanya terurai dan tidak hilang, sehingga berpotensi membahayakan ribuan makhluk laut setiap hari. Plastik dalam segala bentuk dan ukuran berdampak pada spesies perairan. Bahkan, sepotong plastik dapat menyebabkan dampak yang berulang. Partikel plastik berukuran kecil dapat dengan mudah tertelan oleh organisme trofik rendah dengan kelimpahan yang relatif tinggi dan menimbulkan berbagai dampak toksik. Perpindahan plastik melalui jaring makanan berpotensi menimbulkan ancaman pada organisme dengan trofik tinggi, bahkan manusia, namun, informasinya belum detail. Masih terdapat kesenjangan pada penelitian mikroplastik, seperti harmonisasi metodologis untuk mempelajari sampah laut di berbagai kompartemen lingkungan atau dampak yang ditimbulkan oleh penyebaran sekunder, yang belum terdokumentasi dengan baik. Selain itu, memahami implikasi biosekuriti yang terkait dengan plastik dapat menjadi langkah penting menuju pemahaman, pemantauan, dan pada akhirnya memitigasi dampaknya pada skala global.

Saat ini pengetahuan yang dimiliki masih terbatas pada dampak sampah plastik terhadap organisme laut, dan dampak lingkungan yang mungkin terjadi pada skala laboratorium. Pada

skala laboratorium telah diketahui potensi jalur dan dampak polusi plastik. Untuk mengembangkan pengelolaan lingkungan yang efektif diperlukan pemahaman implikasi ekologis dari polusi plastik pada tingkat trofik yang lebih rendah, dengan pengembangan metodologi yang konsisten di seluruh bidang penelitian terkait isu sampah plastik.

Pengelolaan sampah plastik seharusnya dimulai dari sumber sehingga tidak bocor ke lingkungan. Pendekatan pemilahan yang dilakukan dari sumber dan peningkatan *waste collection rate* tiap kawasan serta dikombinasikan dengan *Material Recovery Facilities* dan peningkatan industri daur ulang secara merata akan mereduksi sampah yang masuk ke laut secara masif. Dukungan pemerintah dan pemerintah daerah sebagai ujung tombak dalam pengelolaan sampah plastik laut berguna untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah plastik.. Diperlukan payung hukum untuk menjamin pengelolaan sampah pada pelayanan dasar minimal selain pendidikan, kesehatan, pekerjaan umum, perumahan rakyat, ketenteraman, dan sosial. Secara garis besar, diperlukan kerangka pengelolaan ekosistem laut dengan melakukan integrasi penilaian dampak secara holistik. Pendekatan ini dapat memastikan bahwa intervensi untuk mengurangi polusi plastik selaras dengan tujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati laut dalam rangka mendukung kesejahteraan masyarakat.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

VI. PENUTUP

Di masa depan, salah satu masalah lingkungan yang diprediksi menjadi isu utama adalah pencemaran plastik yang dapat mengganggu keanekaragaman hayati. Di sisi lain, terjadinya pandemi mengakibatkan peningkatan laju sampah plastik jenis baru dari alat pelindung diri. Hal ini dapat menyebabkan Indonesia akan mengalami kerugian ganda akibat pencemaran lingkungan. Ekosistem pesisir dan laut Indonesia yang merupakan wilayah dominan di Indonesia akan terancam pencemaran plastik. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan target pengurangan kebocoran sampah plastik ke laut sebanyak 70% pada tahun 2025 dan 100% pada tahun 2060, sehingga perlu kajian penelitian mendalam terkait sampah plastik dari ukuran besar hingga ukuran mikroskopis agar dapat memberikan dukungan terhadap strategi yang dicanangkan serta dapat menguatkan pengelolaan lingkungan pesisir dan laut berbasis ilmu pengetahuan.

Pendekatan ilmu pengetahuan multidisiplin dengan cara pandang yang menyeluruh dapat diperkuat sebagai solusi dalam penanganan permasalahan pencemaran pesisir dan laut. Pengelolaan sampah plastik laut akan menjadi dasar pengelolaan *emerging pollutant* yang sangat mungkin muncul di masa yang akan datang. Diperlukan kerja sama dan dukungan yang konsisten antara peneliti dan akademisi yang memiliki latar belakang ilmu multidisiplin, pihak pemangku kebijakan, pihak industri, dan masyarakat untuk keberhasilan pengelolaan pencemaran pesisir dan laut Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada akhir orasi pengukuhan Profesor Riset ini, perkenankan saya mengucapkan rasa syukur *Alhamdulillah wa syukurillah*, yang tak terhingga ke hadirat Allah Subhanahuwata'ala, atas segala nikmat, karunia, dan rahmat-Nya sehingga saya berada di sini saat ini. Selanjutnya, izinkan saya mengucapkan terima kasih, apresiasi, dan penghargaan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung karier saya sebagai peneliti.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo dan Kepala BRIN, Prof. Dr. Laksana Tri Handoko atas penetapan saya sebagai Peneliti Ahli Utama, juga kepada Wakil Kepala BRIN, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, ST., M.Sc., DESD., IPU., ASEAN. Eng. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga saya sampaikan kepada Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE, Ph.D; Tim Penelaah Naskah Orasi, Prof. Dr. Ir. Augy Syahailatua, M.Sc, Prof. Dr. Cynthia Henny, M.Sc, dan Prof. Dr. Agung Dhamar Syakti, S.Pi, DEA, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga naskah orasi ini layak disampaikan pada sidang terbuka pengukuhan ini. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.IP., M.A.; Kepala BOSDM-BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si. Saya juga menyampaikan rasa hormat dan penghargaan kepada Panitia Pelaksana Orasi

Pengukuhan Profesor Riset, khususnya pada Ibu Suci Laraswati dan Ibu Retno Siti Wulandari.

Pencapaian yang saya peroleh juga merupakan dukungan dari Pimpinan LIPI tahun 2015–2021, para Deputi Bidang IPK-LIPI tahun 2015–2021, para kepala Pusat Penelitian Oseanografi LIPI 2015-2021, khususnya kepada Dr. Dirhamsyah dan Prof. Augy Syahailatua; juga Kepala Pusat Riset Oseanografi BRIN, Dr. Udhi Eko Hernawan dan Kepala Organisasi Riset Kelautan dan Maritim BRIN, Prof. Ocky Karna Radjasa, atas bimbingan yang diberikan sejak saya menjadi kandidat peneliti sampai dengan jenjang peneliti ahli utama.

Terima kasih kepada Menteri Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi, khususnya pada Deputi Bidang Koordinasi Pengelolaan Lingkungan dan Kehutanan (Dr. Neni Hendriarti), Asisten Deputi Pengelolaan Sampah dan Limbah (Rofi Alhanif, M.Sc.), dan Asisten Deputi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Konservasi Sumber Daya Alam (Mochamad Saleh Nugrahadi, Ph.D.), dan jajaran staf; serta kepada Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, khususnya kepada Dirjen Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3 (Dr. Rosa Vivien Ratnawati), Direktur Pengelolaan Sampah (Dr. Novrizal Tahar), Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut serta Kepala Biro Kerja Sama Luar Negeri (Dr. Dida Migfar Ridha) dan jajaran staf; serta Menteri Kelautan dan Perikanan, khususnya pada Direktur Pendayagunaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (Muhammad

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Yusuf M.Si) atas kerja sama dan kesediaannya diberikan masukan terkait pengelolaan sampah plastik di laut.

Terima kasih saya ucapkan pada kedua orang tua saya, Ibu Prof. Etty Riani dan Bapak Dr. Harsono Hadisumardjo yang penuh perjuangan dan dengan segala jerih payah memotivasi, membesarkan, memberikan kesempatan pendidikan, mendidik sampai saat ini dan masa yang akan datang. Terima kasih kepada para pendukung nomor satu, istri saya, Yuyu Alitalia, S.P. dan kedua anak kami, Airyu Althaf Cordova dan Arrayyan Syafiq Cordova yang selalu berada bersisian dengan penuh keridaan dan kesabaran, penghibur lelah dan pendamping saat suka dan duka. Terima kasih kepada ketiga adik kandung saya, Ramadhona Saville, Ph.D.; dr. Muhammad Dzirikrifishofa, Sp.OG; dan dr. Farah Bilqistiputri, Sp.KFR yang selalu menjadi penghibur, berbagi kisah sejak kecil hingga sekarang. Terima kasih juga saya sampaikan pada mertua saya, ibu Aminah dan Bapak Lili Hanapi serta adik-adik ipar yang selalu memberikan dukungan dan doanya tanpa henti.

Saya ucapkan terima kasih bagi semua pihak yang menemani perjalanan karier saya hingga sekarang, guru-guru dan kolega saya dari SDN Bangka III Bogor, SLTPN IV Bogor, dan SMAN 3 Bogor; serta dosen, tenaga pendidik, dan rekan-rekan sarjana dan magister di Institut Pertanian Bogor, hingga program doktoral di Tokyo University of Agriculture yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas jasa yang tidak terhingga. Terima kasih saya sampaikan kepada pembimbing skripsi, Dr. Sigid Hariyadi dan Prof. Hefni Effendi; dan pembimbing tesis, Prof. Fredinan Yulianda dan Prof. Neviaty P. Zamani; serta supervisor doktoral, Prof. Akihiro Shiomoto dan Prof. Katsumori Hatanaka. Terima

kasih saya ucapkan pada mentor saya, Dr. Alan F. Koropitan dan Prof. Richard C. Thompson, *the godfather of microplastic*, serta Dr. Dwi Hindarti, Dra. Ricky Rositasari, dan Dr. Intan Suci Nurhati yang membuka jalan untuk melakukan penelitian sampah plastik dan menulis dengan gaya.

Ucapan terima kasih secara khusus saya sampaikan pada seluruh periset di Pusat Penelitian Oseanografi LIPI dan Pusat Riset Oseanografi BRIN, khususnya Kelompok Riset Pencemaran Laut serta Tim Penelitian Sampah Laut GGS, Triyoni Purbonegoro, M.Si, Rachma Puspitasari, M.Sc, Dr. Yaya Ihya Ulumuddin, Deny Yogaswara, M.Si, Dr. Mochammad Riza Iskandar, Muhammad Taufik Kaisupy, Singgih PA Wibowo, Riyana Subandi, dan Sofia Yuniar Sani, serta para mahasiswa dan seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, asistensi, motivasi, dorongan, dan semangat untuk menekuni penelitian terkait sampah laut.

Akhir kata, saya ucapkan terima kasih kepada seluruh hadirin yang hadir, baik daring maupun luring, sehingga acara ini dapat terselenggara hingga selesai. Dengan mengucapkan puji syukur, alhamdulillah, saya mengakhiri Orasi Pengukuhan Profesor Riset. Mohon diberikan pintu maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan. Sesungguhnya kekurangan hanya milik manusia biasa dan kesempurnaan hanya milik Allah Subhanahu wa ta'ala.

Wa billahi taufiq wal hidayah. Wassalamualaikum wa rahmatullaahi wa barakaatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abalansa, S., El Mahrad, B., Vondolia, G. K., Icely, J., & Newton, A. (2020). The marine plastic litter issue: a social-economic analysis. *Sustainability*, 12(20), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su12208677>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Badan Informasi Geospasial. (2023). *Gazeter Republik Indonesia volume 3 edisi tahun 2023* (p. 780). <https://sinar.big.go.id/detail/referensi/11>
- Badan Informasi Geospasial, & Pushidos TNI AL. (2018). *Rujukan nasional data kewilayahan Indonesia*.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2013). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2010–2035*.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Hasil sensus penduduk 2020*. <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html>
- Bancone, C. E. P., Turner, S. D., Ivar do Sul, J. A., & Rose, N. L. (2020). The Paleoecology of microplastic contamination. *Frontiers in Environmental Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.574008>
- Buteler, M., Alma, A. M., Stadler, T., Gingold, A. C., Manattini, M. C., & Lozada, M. (2022). Acute toxicity of microplastic fibers to honeybees and effects on foraging behavior. *Science of the Total Environment*, 822. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153320>

- Camacho, M., Herrera, A., Gómez, M., Acosta-Dacal, A., Martínez, I., Henríquez-Hernández, L. A., & Luzardo, O. P. (2019). Organic pollutants in marine plastic debris from Canary Islands beaches. *Science of the Total Environment*, 662, 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.422>
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>
- Cordova, M. R.** (2011). Identifikasi industri berdasarkan limbah yang menunjang perekonomian nelayan namun relatif menurunkan kualitas air dan produksi perikanan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 120–126. <https://doi.org/10.29244/jpsl.1.2.120>
- Cordova, M. R.** (2020). Marine plastic debris: Distribution, abundance, and impact on our seafood. Dalam K. A. Wani, L. Ariana, & S. M. Zuber (Eds.), *Handbook of Research on Environmental and Human Health Impacts of Plastic Pollution* (94–121). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9452-9.ch006>
- Cordova, M. R.** (2021). *Panduan metode sampling, analisis, dan identifikasi mikroplastik di ekosistem pesisir dan laut*. Penerbit IPB Press.
- Cordova, M. R.**, Bernier, N., Yogaswara, D., Subandi, R., Wibowo, S. P. A., Kaisupy, M. T., & Haulussy, J. (2023). Land-derived litter load to the Indian Ocean: A case study in the Cimandiri River, southern West Java, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1251. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11831-4>

- Cordova, M. R.,** Eftiah, F. D. M., & Zamani, N. P. (2017). Potency of Mangrove Apple (*Sonneratia alba*) as Mercury Bioindicator. *Omni-Akuatika*, 13(2). <https://doi.org/10.20884/1.oa.2017.13.2.259>
- Cordova, M. R.,** Falahudin, D., Puspitasari, R., Purbonegoro, T., Wulandari, I., Iskandar, M. R., & Rositasari, R. (2019). *Naskah akademik inisiasi data sampah laut Indonesia untuk melengkapi rencana aksi nasional penanganan sampah laut sesuai Peraturan Presiden RI No. 38 tahun 2018* (30). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. <https://sampahlaut.id/wp-content/uploads/2020/02/Naskah-Akademik-Inisiasi-Data-Sampah-Laut-Lembaga-Ilmu-Pengetahuan-Indonesia-LIPI.pdf>
- Cordova, M. R.,** Hadi, T. A., & Prayudha, B. (2018). Occurrence and abundance of microplastics in coral reef sediment: A case study in Sekotong , Lombok-Indonesia. *Advances in Environmental Sciences Bioflux*, 10(1), 23–29. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1297719>
- Cordova, M. R.,** Hasan, R. K., Iskandar, M. R., Sani, S. Y., Alhanif, R., & Rambe, A. B. (2023). *Naskah kebijakan ekspansi industri daur ulang sebagai aksi strategi pengelolaan sampah plastik pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 tahun 2018 tentang penanganan sampah laut* (1–38). Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional. <https://sampahlaut.id/2023/10/20/policy-paper-ekspansi-industri-daur-ulang-sebagai-aksi-strategi-pengelolaan-sampah-plastik/>
- Cordova, M. R.,** & Hernawan, U. E. (2018). Microplastics in Sumba waters, East Nusa Tenggara. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 162(1): 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/162/1/012023>

- Cordova, M. R., & Hernawan, U. E.** (2020). Mikroplastik pada sedimen ekosistem pesisir laut tropis: Studi kasus potensi akumulasi mikroplastik pada kawasan ekosistem padang lamun di bagian selatan Pulau Simeulue, Aceh. Dalam M. R. Cordova, *Sampah laut Indonesia: Implikasi dan strategi* (63–80). IPB Press.
- Cordova, M. R., Iskandar, M. R., Muhtadi, A., Nurhasanah, Saville, R., & Riani, E.** (2022). Spatio-temporal variation and seasonal dynamics of stranded beach anthropogenic debris on Indonesian beach from the results of nationwide monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 182: 114035. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114035>
- Cordova, M. R., Iskandar, M. R., Sani, S. Y., & Fasa, A. W. H.** (2021). *Naskah kebijakan aplikasi jaring sampah di sungai sebagai aksi strategi pengelolaan sampah yang bersumber dari darat pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 Tahun 2018 tentang Penanganan Sampah Laut* (p. 28). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. <http://lipi.go.id/publikasi/naskah-kebijakan-aplikasi-jaring-sampah-di-sungai-sebagai-aksi-strategi-pengelolaan-sampah-yang-bersumber-dari-darat-pada-peraturan-presiden-republik-indonesia-nomor-83-tahun-2018-tentang-penanganan-sampah-laut/40795>
- 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): 18730. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55065-2>
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y.** (2021). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268: 129360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129360>

- Cordova, M. R.,** Nurhati, I. S., Shiimoto, A., Hatanaka, K., Saville, R., & Riani, E. (2022). Spatiotemporal macro debris and microplastic variations linked to domestic waste and textile industry in the supercritical Citarum River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 175: 113338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113338>
- Cordova, M. R.,** Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Subandi, R., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Nurjain, N., Suparmo, S., & Sapulete, S. (2020). Transboundary debris in Indonesian frontier and outermost island: A preliminary case study of Nipah Island. *OLDI (Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia)*, 5(3), 171. <https://doi.org/10.14203/oldi.2020.v5i3.335>
- Cordova, M. R.,** Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Subandi, R., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Nurjain, N., Suparmo, & Sapulete, S. (2021). Preliminary study of the effect of tourism activities on litter pollution: A case study on Padar Island, Komodo National Park, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(8), 131–139. <https://doi.org/10.12911/22998993/140265>
- 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: 111763. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111763>
- Cordova, M. R.,** Ulumuddin, Y. I., Lubis, A. A., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Yogaswara, D., Purbonegoro, T., Renyaan, J., Nurdiansah, D., Sugiharto, U., Shintianata, D., Meiliastri, S. S., Andini, F. P., Suratno, Iman, M., Anggoro, A. W., Basir, & Cragg, S. M. (2023). Microplastics leaving a trace in mangrove sediments ever since they were first manufactured: A study from Indonesia mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 195: 115517. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115517>

- Cordova, M. R.,** Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Afianti, N. F., Rositasari, R., Yogaswara, D., Hafizt, M., Iswari, M. Y., Fitriya, N., Widyastuti, E., Harmesa, Lestari, Kampono, I., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Sani, S. Y., Sulistyowati, L., ... Cragg, S. M. (2022). Seasonal heterogeneity and a link to precipitation in the release of microplastic during COVID-19 outbreak from the Greater Jakarta area to Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 181: 113926. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113926>
- Cordova, M. R.,** Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Rositasari, R., Yogaswara, D., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Sani, S. Y., Sulistiowati, S., Nugraheni, I. K., Rahman, L., Rahmawati, Al Rahmadhani, S., Khoirunnisa, T. A., Nurhasanah, Muhtadi, A., Lestari, S. P., & Cragg, S. M. (2024). Abundance and characterization of microplastic pollution in the wildlife reserve, Ramsar site, recreational areas, and national park in northern Jakarta and Kepulauan Seribu, Indonesia. *Chemosphere*, 348: 140761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140761>
- Cordova, M. R.,** Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., & Shiimoto, A. (2021). Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke Wildlife Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 112012. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112012>
- Cordova, M. R., & Wahyudi, A. J.** (2016). Microplastic in the deep-sea sediment of southwestern Sumatran waters.. *Marine Research in Indonesia*, 41(1), 27. <https://doi.org/10.14203/mri.v41i1.99>
- Damanhuri, E. (2017). Country Chapter: The Republic of Indonesia. Damanhuri, E., Liu, C., Hotta, Y., Fushimi, E., & Inoue, M. (2018). *Indonesia, country chapter, state of the 3Rs in Asia and The Pacific*.

- Falahudin, D., **Cordova, M. R.**, Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., & Arifin, Z. (2020). The first occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia. *Science of The Total Environment*, 705: 135304. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135304>
- Ford, H. V, Jones, N. H., Davies, A. J., Godley, B. J., Jambeck, J. R., Napper, I. E., Suckling, C. C., Williams, G. J., Woodall, L. C., & Koldewey, H. J. (2022). The fundamental links between climate change and marine plastic pollution. *Science of The Total Environment*, 806: 150392. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- García-Gómez, J. C., Garrigós, M., & Garrigós, J. (2021). Plastic as a vector of dispersion for marine species with invasive potential. A Review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.629756>
- GESAMP. (2015). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment. *Reports and Studies GESAMP* (Vol. 90). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3803.7925>
- Harmesa, & **Cordova, M. R.** (2020). A preliminary study on heavy metal pollutants chrome (Cr), cadmium (Cd), and lead (Pb) in sediments and beach morning glory vegetation (*Ipomoea pes-caprae*) from Dasun Estuary, Rembang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*: 111819. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111819>

- Indonesian NPAP, The Worldbank, & Indonesian Institute of Sciences. (2019). *Indonesia national baseline for plastic leakage to the marine environment: First version of baseline estimate*.
- Iskandar, M. R., **Cordova, M. R.**, & Park, Y.-G. (2022). Pathways and destinations of floating marine plastic debris from 10 major rivers in Java and Bali, Indonesia: A Lagrangian particle tracking perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 185: 114331. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114331>
- Iskandar, M. R., Surinati, D., **Cordova, M. R.**, & Siong, K. (2021). Pathways of floating marine debris in Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112511>
- Isobe, A., Azuma, T., **Cordova, M. R.**, Cózar, A., Galgani, F., Hagita, R., Kanhai, L. D., Imai, K., Iwasaki, S., Kako, S., Kozlovskii, N., Lusher, A. L., Mason, S. A., Michida, Y., Mituhasi, T., Morii, Y., Mukai, T., Popova, A., Shimizu, K., ... Zhang, W. (2021). A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean and the Laurentian Great Lakes. *Microplastics and Nanoplastics*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s43591-021-00013-z>
- Jahnke, A., Arp, H. P. H., Escher, B. I., Gewert, B., Gorokhova, E., Kühnel, D., Ogonowski, M., Potthoff, A., Rummel, C., Schmitt-Jansen, M., Toorman, E., & MacLeod, M. (2017). Reducing uncertainty and confronting ignorance about the possible impacts of weathering plastic in the marine environment. *Environmental Science and Technology Letters*, 4(3), 85–90. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00008>
- Jepsen, E. M., & de Bruyn, P. J. N. (2019). Pinniped entanglement in oceanic plastic pollution: A global review. *Marine Pollution Bulletin*, 145(June), 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.042>

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Kementerian Perindustrian. (2020). Perusahaan jenis komoditi tekstil di Jawa Barat, Indonesia. *Direktori Perusahaan Industri*. <https://kemenperin.go.id/direktori-perusahaan?what=tekstil&prov=32&hal=3>
- Koch, H. M., & Calafat, A. M. (2009). Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2063–2078. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0208>
- Koropitan, A. F., & Cordova, M. R. (2017). Study of heavy metal distribution and hydrodynamic simulation in green mussel culture net, Cilincing Water - Jakarta Bay. *Makara Journal of Science*, 21(2). <https://doi.org/10.7454/mss.v21i2.4406>
- Kühn, S., & van Franeker, J. A. (2020). Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. *Marine Pollution Bulletin*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110858>
- Lebreton, L. C. M., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- 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(1): 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>

- Li, R., Wei, C., Jiao, M., Wang, Y., & Sun, H. (2022). Mangrove leaves: An undeniably important sink of MPs from tidal water and air. *Journal of Hazardous Materials*, 426: 128138. <https://doi.org/https://doi/10.1016/j.jhazmat.2021.128138>
- Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566–567, 333–349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
- Marine Plastic Research Inventory. (t.t.). *Map*. Diakses pada TT BB, TTTT, dari <https://mapla-riv.web.app/map>
- Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18): eaaz5803. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- Mghili, B., De-la-Torre, G. E., & Aksissou, M. (2023). Assessing the potential for the introduction and spread of alien species with marine litter. *Marine Pollution Bulletin*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114913>
- Michida, Y., Chavanich, S., Chiba, S., **Cordova, M. R.**, Cozsar Cabanas, A., Glagani, F., Haggmann, P., Hinata, H., Isobe, A., Kershaw, P., Kozlovskii, N., Li, D., Lusher, A. L., Marti, E., Mason, S. A., Mu, J., Saito, H., Shim, W. J., Syakti, A. D., ... Wang, J. (2019). *Guidelines for harmonizing ocean surface microplastic monitoring methods. Version 1.1*. Ministry of the Environment Japan. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25607/OBP-867> URI
- Miranda, M. N., Lado Ribeiro, A. R., Silva, A. M. T., & Pereira, M. F. R. (2022). Can aged microplastics be transport vectors for organic micropollutants? – Sorption and phytotoxicity tests. *Science of the Total Environment*, 850. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158073>

- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>
- Nurhasanah, **Cordova, M. R.**, & Riani, E. (2021). Micro- and mesoplastics release from the Indonesian municipal solid waste landfill leachate to the aquatic environment: Case study in Galuga Landfill Area, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111986. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.111986>
- Nurhasanah, N., Sulistyowati, L., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Cadmium and lead uptake by wild swamp eel in the populous river. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 9(3), 497–514. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2023.03.09>
- Nurhati, I. S., & **Cordova, M. R.** (2020). Marine plastic debris in Indonesia: Baseline estimates (2010-2019) and monitoring strategies (2021-2025). *Marine Research in Indonesia*, 45(2), 97–102. <https://doi.org/10.14203/mri.v45i2.581>
- Omeyer, L. C. M., Duncan, E. M., Abreo, N. A. S., Acebes, J. M. V., AngSinco-Jimenez, L. A., Anuar, S. T., Aragonés, L. V., Araujo, G., Carrasco, L. R., Chua, M. A. H., **Cordova, M. R.**, Dewanti, L. P., Espiritu, E. Q., Garay, J. B., Germanov, E. S., Getliff, J., Horcajo-Berna, E., Ibrahim, Y. S., Jaafar, Z., ... Godley, B. J. (2023). Interactions between marine megafauna and plastic pollution in Southeast Asia. *Science of The Total Environment*, 874: 162502. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162502>
- Omeyer, L. C. M., Duncan, E. M., Aiemsomboon, K., Beaumont, N., Bureekul, S., Cao, B., Carrasco, L. R., Chavanich, S., Clark, J. R., **Cordova, M. R.**, Couceiro, F., Cragg, S. M., Dickson, N., Failler, P., Ferraro, G., Fletcher, S., Fong, J., Ford, A. T., Gutierrez, T., ... Godley, B. J. (2022). Priorities to inform research on marine plastic pollution in Southeast Asia. *Science of The Total Environment*, 841: 156704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156704>

- Plee, T. A., & Pomory, C. M. (2020). Microplastics in sandy environments in the Florida Keys and the panhandle of Florida, and the ingestion by sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea) and sand dollars (Echinodermata: Echinoidea). *Marine Pollution Bulletin*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111437>
- Purba, N. P., Faizal, I., **Cordova, M. R.**, Abimanyu, A., Afandi, N. K. A., Indriawan, D., & Khan, A. M. A. (2021). Marine debris pathway across Indonesian boundary seas. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 82–98. <https://doi.org/10.12911/22998993/132428>
- Purwiyanto, A. I. S., Prartono, T., Riani, E., Naulita, Y., **Cordova, M. R.**, & Koropitan, A. F. (2022). The deposition of atmospheric microplastics in Jakarta-Indonesia: The coastal urban area. *Marine Pollution Bulletin*, 174: 113195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113195>
- Purwiyanto, A. I. S., Suteja, Y., Trisno, Ningrum, P. S., Putri, W. A. E., Rozirwan, Agustriani, F., Fauziyah, **Cordova, M. R.**, & Koropitan, A. F. (2020). Concentration and adsorption of Pb and Cu in microplastics: Case study in aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, 158: 111380. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111380>
- Rahmawati, Krisanti, M., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Microplastic contamination in the digestive tract of sea urchins (Echinodermata: Echinoidea) in Kepulauan Seribu, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11655-2>
- Rangkuti, A. M., **Cordova, M. R.**, Rahmawati, A., Yulma, & Adimu, H. E. (2022). *Ekosistem pesisir & laut Indonesia*. Bumi Aksara. <https://books.google.co.id/books?id=m5-2swEACAAJ>

- Rech, S., Borrell, Y., & García-Vazquez, E. (2016). Marine litter as a vector for non-native species: What we need to know. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 40–43. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.032>
- Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2021). *Peran masyarakat dalam mencegah korupsi sumberdaya alam: Sektor kelautan dan pertambangan*. Penerbit IPB Press.
- Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2022). Microplastic ingestion by the sandfish *Holothuria scabra* in Lampung and Sumbawa, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 175: 113134. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113134>
- 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(June), 664–670. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.029>
- Riani, E., Yulianto, G., & **Cordova, M. R.** (2023). Ekonomi sirkular plastik dalam rangka perlindungan ekosistem pesisir dan laut Indonesia. Dalam D. G. Bengen & B. Nugraha (Eds.), *Perspektif dan konsepsi pembangunan perikanan dan kelautan berbasis ekonomi biru* (93–118). IPB Press.
- Roman, L., Schuyler, Q., Wilcox, C., & Hardesty, B. D. (2021). Plastic pollution is killing marine megafauna, but how do we prioritize policies to reduce mortality? *Conservation Letters*, 14(2). <https://doi.org/10.1111/conl.12781>
- Rummel, C. D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., & Schmitt-Jansen, M. (2017). Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment. *Environmental Science and Technology Letters*, 4(7), 258–267. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00164>

- Ryan, P. G. (2018). Entanglement of birds in plastics and other synthetic materials. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 159–164. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.057>
- Saley, A. M., Smart, A. C., Bezerra, M. F., Burnham, T. L. U., Capece, L. R., Lima, L. F. O., Carsh, A. C., Williams, S. L., & Morgan, S. G. (2019). Microplastic accumulation and biomagnification in a coastal marine reserve situated in a sparsely populated area. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 54–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.065>
- Sulistiowati, Zamani, N. P., Bengen, D. G., & **Cordova, M. R.** (2023). Microplastic contamination around coral reefs diving spot in Tidung Island, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 18(2), 333–341. <https://doi.org/10.26471/CJEES/2023/018/263>
- Sulistiowati, Zamani, N. P., Bengen, D. G., Lim, C. L., & **Cordova, M. R.** (2023). Characteristic of microplastic on coral reef Sediment and sea urchin (*Diadema* sp.) in Tidung Island, Jakarta Bay, Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science*, 28(4), 289–300. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/view/57430/pdf>
- Sulistyowati, L., Nurhasanah, N., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Heavy metals concentration in the sediment of the aquatic environment caused by the leachate discharge from a landfill. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 9(2), 323–336. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2023.02.11>
- Sulistyowati, L., Nurhasanah, Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2022). The occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Chemosphere*, 291: 133071. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133071>

- Sundt, P., Schultze, P.-E., & Syversen, F. (2014). Sources of microplastic- pollution to the marine environment. *Mepex, Norwegian Environment Agency*, 1–108.
- Suteja, Y., Dirgayusa, I. G. N. P., Afdal, **Cordova, M. R.**, Rachman, A., Rintaka, W. E., Takarina, N. D., Putri, W. A. E., Isnaini, & Purwiyanto, A. I. S. (2021). Identification of potentially harmful microalgal species and eutrophication status update in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, *210*: 105698. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105698>
- Syakti, A. D., Jaya, J. V., Rahman, A., Hidayati, N. V., Raza'i, T. S., Idris, F., Trenggono, M., Doumenq, P., & Chou, L. M. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. *Chemosphere*, *228*, 528–535. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.156>
- The ASEAN Secretariat. (2021). *ASEAN regional action plan for combating marine debris in the ASEAN member states*. https://asean.org/wp-content/uploads/2021/05/FINAL_210524-ASEAN-Regional-Action-Plan_Ready-to-Publish_v2.pdf
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. V., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>
- TKN PSL. (2022). *Final report - monitoring and impact assessment for the national action plan on marine debris handling implementation*.

- Tong, Y., Lin, L., Tao, Y., Huang, Y., & Zhu, X. (2023). The occurrence, speciation, and ecological effect of plastic pollution in the bay ecosystems. *Science of the Total Environment*, 857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159601>
- Tramoy, R., Blin, E., Poitou, I., Noûs, C., Tassin, B., & Gasperi, J. (2022). Riverine litter in a small urban river in Marseille, France: Plastic load and management challenges. *Waste Management*, 140, 154–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.015>
- Tumwesigye, E., Felicitas Nnadozie, C., C Akamagwuna, F., Siwe Noundou, X., William Nyakairu, G., & Odume, O. N. (2023). Microplastics as vectors of chemical contaminants and biological agents in freshwater ecosystems: Current knowledge status and future perspectives. *Environmental Pollution*, 330. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121829>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2016). *Marine plastic debris and microplastics—Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7720>
- Veettil, B. K., Hong Quan, N., Hauser, L. T., Doan Van, D., & Quang, N. X. (2022). Coastal and marine plastic litter monitoring using remote sensing: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108160>
- vom Saal, F. S., Parmigiani, S., Palanza, P. L., Everett, L. G., & Ragaini, R. (2008). The plastic world: Sources, amounts, ecological impacts and effects on development, reproduction, brain and behavior in aquatic and terrestrial animals and humans. *Environmental Research*, 108(2), 127–130. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.03.008>

- Vriend, P., Hidayat, H., van Leeuwen, J., **Cordova, M. R.**, Purba, N. P., Löhr, A. J., Faizal, I., Ningsih, N. S., Agustina, K., Husrin, S., Suryono, D. D., Hantoro, I., Widianarko, B., Lestari, P., Vermeulen, B., & van Emmerik, T. (2021). Plastic pollution research in Indonesia: State of science and future research directions to reduce impacts. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 187. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.692907>
- Wayman, C., & Niemann, H. (2021). The fate of plastic in the ocean environment-a minireview. *Environmental Science: Processes and Impacts*, 23(2), 198–212. <https://doi.org/10.1039/d0em00446d>
- Winardi, E. A., Putri, M. R., **Cordova, M. R.**, & Setiawan, A. (2021). Modeling of plastic debris particle trajectory during pre and post reclamation in Jakarta Bay. *Jurnal Segara*, 17(3), 173. <https://doi.org/10.15578/segara.v17i3.10287>
- World Bank. (2018). Indonesia marine debris hot spot. Dalam *Marine Pollution and Climate Change* (Issue April). <http://documents1.worldbank.org/curated/en/983771527663689822/pdf/Indonesia-Marine-debrishotspot-rapid-assessment-synthesis-report.pdf>
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Yona, D., Maharani, M. D., **Cordova, M. R.**, Elvania, Y., & Dharmawan, I. W. E. (2020). Analisis mikroplastik di insang dan saluran pencernaan ikan karang di tiga pulau kecil dan terluar Papua, Indonesia: kajian awal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 497–507. <https://doi.org/https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.25971>

- Yuan, D., Corvianawatie, C., **Cordova, M. R.**, Surinati, D., Li, Y., Wang, Z., Li, X., Li, R., Wang, J., He, L., Yuan, A. N., Dirhamsyah, D., Arifin, Z., Sun, X., & Isobe, A. (2023). Microplastics in the tropical Northwestern Pacific Ocean and the Indonesian seas. *Journal of Sea Research*, *194*: 102406. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102406>
- Zakiah, Riani, E., Taryono, & **Cordova, M. R.** (2024). Assessment of sediment grain size and its correlation with microplastic accumulation and characteristics in the Kahayan River, Indonesia. *Environmental Forensics*, *25*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/15275922.2023.2297434>
- Zhang, H. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *199*, 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032>

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Internasional

1. Michida, Y., Chavanich, S., Chiba, S., Cordova, M. R., Cozsar Cabanas, A., Glagani, F., Hagmann, P., Hinata, H., Isobe, A., Kershaw, P., Kozlovskii, N., Li, D., Lusher, A. L., Marti, E., Mason, S. A., Mu, J., Saito, H., Shim, W. J., Syakti, A. D., ... Wang, J. (2019). *Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods. Version 1.1*. Ministry of the Environment Japan. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25607/OBP-867> URI
2. **Cordova, M. R.** (2020). Marine plastic debris: Distribution, abundance, and impact on our seafood. Dalam K. A. Wani, L. Ariana, & S. M. Zuber (Eds.), *Handbook of Research on Environmental and Human Health Impacts of Plastic Pollution* (Vol. 9646, pp. 94–121). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9452-9.ch006>
3. Hardesty, B. D., Roman, L., Harms, N., Tamelander, J., Nong, K., Than, M., Sreng, M., Roberts, B., Xiangbin, P., Guozhi, L., Yunjun, Y., Li, D., Farhani, N., Cordova, M. R., et al. (2022). *Regional guidance on harmonized national marine litter monitoring programmes monitoring efforts and recommendations for national marine litter monitoring* (1–56). United Nations Environment Programme.

Buku Nasional

4. Muhtadi, A., **Cordova, M. R.**, & Vitner, Y. (2014). *Ekologi perairan, suatu panduan praktikum*. Penerbit IPB Press.
5. Wahyudi, A. J., **Cordova, M. R.**, Sianturi, O. R., Meirinawati, H., Afianti, N. F., & Wirawati, I. (2016). *Ekspedisi Widya Nusantara 2015–kontribusi Indonesia untuk ekspedisi internasional Samudra Hindia*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
6. Riani, E., **Cordova, M. R.**. (2016). *Buku Pengantar Ilmu Lingkungan*. Penerbit Universitas Terbuka.
7. **Cordova, M. R.**, Falahudin, D., Puspitasari, R., Purbonegoro, T., Wulandari, I., Iskandar, M. R., & Rositasari, R. (2019). *Naskah akademik inisiasi data sampah laut Indonesia untuk melengkapi rencana aksi nasional penanganan sampah laut sesuai Peraturan Presiden RI No. 83 tahun 2018*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
8. Muhtadi, A., **Cordova, M. R.**, Rahmawati, A., Yulma, & Eldin, H., *Buku ekosistem pesisir dan laut Indonesia*. PT Bumi Aksara.
9. Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2021). *Peran masyarakat dalam mencegah korupsi sumberdaya alam sektor kelautan dan pertambangan*. PT Penerbit IPB Press.
10. **Cordova, M. R.** (2021). *Panduan metode sampling, analisis, dan identifikasi mikroplastik di ekosistem pesisir dan laut*. PT Penerbit IPB Press.
11. **Cordova, M. R.**, Iskandar, M. R., Sani, S. Y., & Fasa, A. W. H. (2021). *Naskah kebijakan aplikasi jaring sampah di sungai sebagai aksi strategi pengelolaan sampah yang bersumber dari darat pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 tahun 2018 tentang penanganan sampah laut*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

12. Sulistyowati, L., Krisnawati, E., Nurhasanah, **Cordova, M. R.**, & Riani, R. (2023). *Karakteristik dan dampak pelepasan mikroplastik di Sungai Cisadane dan Teluk Jakarta, Indonesia: Studi kasus keberadaan, kelimpahan, dan heterogenitas musiman*. Penerbit Qiara Media.
13. **Cordova, M. R.**, Hasan, R. K., Iskandar, M. R., Sani, S. Y., Alhanif, R., & Rambe, A. B. (2023). *Naskah kebijakan ekspansi industri daur ulang sebagai aksi strategi pengelolaan sampah plastik pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 83 tahun 2018 tentang penanganan sampah laut*. Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Bagian dari Buku Internasional

14. **Cordova, M. R.** (2020). Marine plastic debris: Distribution, abundance, and impact on our seafood. Dalam K. A. Wani, L. Ariana, & S. M. Zuber (Eds.), *Handbook of Research on Environmental and Human Health Impacts of Plastic Pollution* (Vol. 9646, pp. 94–121). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9452-9.ch006>

Bagian dari Buku Nasional

15. Purbonegoro, T., Puspitasari, R., & **Cordova, M. R.** (2018). Penggunaan fitoplankton sebagai bioindikator kualitas perairan pesisir dan laut. Dalam Maarif (Ed), *Monitoring kesehatan perairan pesisir: Potensi dan penggunaan biota indikator* (124–141). Gadjah Mada University Press.
16. **Cordova, M. R.**, & Purbonegoro, T. (2018). Konsep bioindikator untuk penanda degradasi lingkungan di Indonesia. Dalam Maarif (Ed.), *Monitoring kesehatan perairan pesisir: Potensi dan penggunaan biota indikator* (1–24). Gadjah Mada University Press.

17. **Cordova, M. R.** . (2019). Mikroplastik di perairan Pulau Weh. Dalam M. D. M. Sjafrie, & O. R. Sianturi (Ed.), *Pulau Weh: Perairan, biodiversitas, dan potensi pesisir* (75–95). Gadjah Mada University Press.
18. **Cordova, M. R.**, Cordova, M. R., & Hernawan, U. E. (2020). Mikroplastik pada sedimen ekosistem pesisir laut tropis: Studi kasus potensi akumulasi mikroplastik pada kawasan ekosistem padang lamun di bagian selatan Pulau Simeulue, Aceh. Dalam M. R. Cordova (Ed.), *Sampah laut Indonesia: Implikasi dan strategi* (63–80). PT Penerbit IPB Press.
19. Purwiyanto, A. I. S., Suteja, Y., & **Cordova, M. R.** (2020). Makrodebris: Sungai vs pantai. Dalam M. R. Cordova (Ed.), *Sampah laut Indonesia: Implikasi dan strategi* (1–24). PT Penerbit IPB Press.
20. Riani, E., Yulianto, G., & **Cordova, M. R.** (2023). Ekonomi sirkular plastic dalam rangka perlindungan ekosistem pesisir dan laut Indonesia. Dalam D. G. Bengen & B. Nugraha (Eds.), *Perspektif dan konsepsi pembangunan perikanan dan kelautan berbasis ekonomi biru* (93–118). IPB Press.

Jurnal Internasional

21. Riani, E., Gumbira-Said, E., Syamsu, K., Kustiariyah, Kaseno, & **Cordova, M. R.** (2013). The potency of sandfish (*Holothuria scabra*) as a source of natural aphrodisiacs. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 7(5).
22. Riani, E., Sudarso, Y., & **Cordova, M. R.** (2014). Heavy metals effect on unviable larvae of *Dicrotendipes simpsoni* (Diptera: Chironomidae), a case study from Saguling Dam, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 7(2).

23. **Cordova, M. R.**, Purbonegoro, T., Puspitasari, R., & Hindarti, D. (2016). Increase of larvae abnormality of green mussel (*Perna viridis*) due to toxicity of Jakarta Bay near-shore sediments. *Marine Research in Indonesia*, 41(2), 67–76.
24. **Cordova, M. R.**, & Wahyudi, A. J. (2016). Microplastic in the sediment of Southwestern Sumateran Waters. *Marine Research in Indonesia*, 41(1), 27–35.
25. **Cordova, M. R.**, Eftiah, F. D. M., & Zamani, N. P. (2017). Potency of mangrove apple (*Sonneratia alba*) as mercury bioindicator. *Omni-Akuatika*, 13(2), 137–143.
26. Koropitan, A. F., & **Cordova, M. R.** (2017). Study of heavy metal distribution and hydrodynamic simulation in green mussel culture net, Cilincing Water Jakarta Bay. *MAKARA Sains*, 2(2), 91–99.
27. Purbonegoro, T., **Cordova, M. R.**, Puspitasari, R., & Hindarti, D. (2018). Inhibition effects of Jakarta Bay sediments to the growth of marine diatom (*Chaetoceros Gracilis*). *Bulletin of Marine Geology*, 33(2), 25–34.
28. **Cordova, M. R.**, Hadi, T. A., & Prayuda, B. (2018). Microplastic pollution distribution in coral reefs sediment, case study Sekotong, West Nusa Tenggara. *Advance in Environmental Science Bioflux*, 10(1), 23–29.
29. Riani, E., **Cordova, M. R.**, & Arifin, Z. (2018). Heavy metal pollution and its relation to the malformation of green mussel cultured in Muara Kamal water, Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 133C, 664–670.
30. **Cordova, M. R.**, Purwiyanto, A. I. S., & Suteja, Y. (2019). Abundance and characteristics of microplastics in the northern coastal waters of Surabaya, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 183–188.

31. **Cordova, M. R.**, & Nurhati, I. S. (2019). Major sources and seasonal variations of marine debris inflow from the Greater Jakarta Area, Indonesia. *Scientific Reports*, 9: 18730.
32. Falahudin, D., **Cordova, M. R.**, Sun, X., Yogaswara, D., Wulandari, I., Hindarti, D., & Arifin, A. (2020). The occurrence, spatial distribution and characteristics of microplastic particles in sediments from Banten Bay, Indonesia. *Science of The total environment*, 705: 135304.
33. Purwiyanto, A. I. S., Suteja, Y., Trisno, Ningrum, P. S., Putri, W. A. E., Rozirwan, Agustrian, F., Fauziyah, **Cordova, M. R.**, & Koropitan, A. F. (2020). Concentration and adsorption of Pb and Cu in microplastic: Case study in aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin*, 158: 111380.
34. Nurhati, I. S., & **Cordova, M. R.** (2020). Marine plastic debris in Indonesia: Baseline estimates (2010–2019) and monitoring strategy (2021–2025). *Marine Research in Indonesia*, 45(2), 1–6.
35. **Cordova, M. R.**, Riani, E., & Shiimoto, A. (2020). Microplastics ingestion by blue panchax fish (*Aplocheilus* sp.) from Ciliwung Estuary, Jakarta, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 161: 111763.
36. Purba, N. P., Faizal, I., **Cordova, M. R.**, Abimanyu, A., Afandi, N. K., Indriawan, D., & Khan, A. M. (2021). Marine debris pathway across Indonesian boundary seas. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 82–98.
37. Harnesa, & **Cordova, M. R.** (2021). A preliminary study on heavy metal pollutants chrome (Cr), cadmium (Cd), and lead (Pb) in sediments and beach morning glory vegetation (*Ipomoea pescaprae*) from Dasun Estuary, Rembang, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 162: 111819.

38. Nurhasanah, **Cordova, M. R.**, & Riani, E. (2021). Micro- and mesoplastics release from the Indonesian municipal solid waste landfill leachate to the aquatic environment: Case study in Galuga Landfill Area, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111986.
39. Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & **Cordova, M. R.** (2021). Spatial and temporal distribution of microplastic in surface water of tropical estuary: case study in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 111979.
40. **Cordova, M. R.**, Ulumuddin, Y., Purbonegoro, T., & Shiimoto, A. (2021). Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke wildlife reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 163: 112012.
41. **Cordova, M. R.**, Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y. (2021). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268: 129360.
42. Iskandar, M. R., Surinati, D., **Cordova, M. R.**, & Siong, K. (2021). Pathways of floating marine debris in the Jakarta Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 169: 112511.
43. Vriend, P., Hidayat, H., van Leeuwen, J., **Cordova, M. R.**, Purba, N. P., Löhr, A. J., Faizal, I., Ningsih, N. S., Agustina, K., Husrin, S., Suryono, D. D., Hantoro, I., Widianarko, B., Lestari, P., Vermeulen, B., & van Emmerik, T. (2021). Plastic pollution research in Indonesia: State of science and future research directions to reduce impacts. *Frontiers Environmental Science*, 9, 187.

44. **Cordova, M. R.**, Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Subandi, R., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Nurjamin, Suparmo, & Sapulete, S. (2021). Preliminary study of the effect of tourism activities on litter pollution: A case study on Padar Island, Komodo National Park, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(8), 131–139.
45. Isobe, A., Azuma, T., **Cordova, M. R.**, Cózar, A., Galgani, F., Hagita, R., Kanhai, L. D., Imai, K., Iwasaki, S., Kako, S., Kozlovskii, N., Lusher, A., Mason, S., Michida, Y., Mituhasi, T., Morii, Y., Mukai, T., Popova, A., Shimizu, K., Tokai, T., Uchida, K., Yagi, M., & Zhang, W. (2021). A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean. *Microplastics and Nanoplastics*, 1(16).
46. Suteja, Y., Dirgayusa, I. G. N. P., Afdal, **Cordova, M. R.**, Rachman, A., Rintaka, W. E., Takarina, N. D., Putri, W. A. E., Isnaini, & Purwiyanto, A. I. S. (2021). Identification of potentially harmful microalgal species and eutrophication status update in Benoa Bay, Bali, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 210: 105698.
47. Koropitan, A. F., Barus, T. A., & **Cordova, M. R.** (2021). Coastal water properties and hydrodynamic processes in the Malacca Strait: Case study northeastern coast of Sumatra, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(11), 16–29.
48. Winardi, E. A., Putri, M. R., **Cordova, M. R.**, Setiawan, A. (2021). Modeling of plastic debris particle trajectory during pre and post reclamation in Jakarta Bay. *Segara*, 17(3), 173–184.

49. Isobe, A., Azuma, T., **Cordova, M. R.**, Cózar, A., Galgani, F., Hagita, R., Kanhai, L. D., Imai, K., Iwasaki, S., Kako, S., Kozlovskii, N., Lusher, A. L., Mason, S. A., Michida, Y., Mituhasi, T., Morii, Y., Mukai, T., Popova, A., Shimizu, K., & Zhang, W. (2021). A multilevel dataset of microplastic abundance in the world's upper ocean and the Laurentian Great Lakes. *Springers: Microplastics and Nanoplastics, 1*, 1–14.
50. Sulistyowati, L., Nurhasanah, Riani, R., & **Cordova, M. R.** (2022). The occurrence and abundance of microplastics in surface water of the midstream and downstream of the Cisadane River, Indonesia. *Chemosphere, 291*: 133071.
51. Purwiyanto, A. I. S., Prartono, T., Riani, E., Naulita, Y., **Cordova, M. R.**, & Koropitan, A. F. (2022). The deposition of atmospheric microplastics in Jakarta-Indonesia: The coastal urban area. *Marine Pollution Bulletin, 174*: 113195.
52. Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2022). Microplastics ingestion by the sea cucumber *Holothuria scabra* from Lampung and Sumbawa, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin, 175*: 113134.
53. **Cordova, M. R.**, Nurhati, I. S., Shiimoto, A., Hatanaka, K., Saville, R., & Riani, E. (2022). Spatiotemporal macro debris and microplastic variations linked to domestic waste and textile industry in the supercritical Citarum River, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*: 113338.
54. Omeyer, L. C. M., Duncan, E. M., Aiemsomboon, K., Beaumont, N., Bureekul, S., Cao, B., Carrasco, L. R., Chavanich, S., Clark, J. R., **Cordova, M. R.**, Couceiro, F., Cragg, S. M., Dickson, N., Failler, P., Ferraro, G., Fletcher, S., Fong, J., Ford, A. T., Gutierrez, T., ... & Godley, B. J. (2022). Priorities to inform research on marine plastic pollution in Southeast Asia. *Science Total Environment, 841*: 156704.

55. **Cordova, M. R.**, Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Afianti, N. F., Rositasari, R., Yogaswara, D., Hafizt, M., Iswari, M. Y., Fitriya, N., Widyastuti, E., Harmesa, Lestari, Kampono, I., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Sani, S. Y., Sulistyowati, L., ... & Cragg, S. M. (2022). Seasonal heterogeneity and a link to precipitation in the release of microplastic during COVID-19 outbreak from the Greater Jakarta area to Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *181*: 113926.
56. **Cordova, M. R.**, Iskandar, M. R., Muhtadi, A., Nurhasanah, Saville, R., Riani, E. (2022). Spatio-temporal variation and seasonal dynamics of stranded beach anthropogenic debris on Indonesian beach from the results of nationwide monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, *182*: 114035.
57. Purwiyanto, A. I. S., Prartono, T., Riani, E., Koropitan, A. F., Naulita, Y., Takarina, N. D., & **Cordova, M. R.** (2022). The contribution of estuaries to the abundance of microplastics in Jakarta Bay, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, **184**: 114117.
58. Iskandar, M. R., **Cordova, M. R.**, & Park, Y-G. (2022). Pathways and destinations of floating marine plastic debris from 10 major rivers in Java and Bali, Indonesia: A lagrangian particle tracking perspective. *Marine Pollution Bulletin*, *185*: 114331.
59. Sulistyowati, L., Nurhasanah, N., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Heavy metals concentration in the sediment of the aquatic environment caused by the leachate discharge from a landfill. *Global Journal of Environmental Science Management*, *9*, 323–336.

60. Yuan, D., Corvianawatie, C., **Cordova, M. R.**, Surinati, D., Li, Y., Wang, Z., Li, X., Li, R., Wang, J., He, L., Yuan, A. N., Dirhamsyah, D., Arifin, Z., Sun, X., & Isobe, A. (2023). Microplastics in the tropical Northwestern Pacific Ocean and the Indonesian seas. *Journal Sea Resources*, 194: 102406.
61. Nurhasanah, N., Sulistyowati, L., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Cadmium and lead uptake by wild swamp eel in the populous river. *Global Journal of Environmental Science Management*, 9(3), 497–514.
62. Rahmawati, Krisanti, M., Riani, E., & **Cordova, M. R.** (2023). Microplastic contamination in the digestive tract of sea urchins (echinodermata echinoidea) in Kepulauan Seribu, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195: 1103.
63. Sulistiowati, Zamani, N. P., Bengen, D. G., & **Cordova, M. R.** (2023). Microplastic contamination around coral reefs diving spot in Tidung Island, Kepulauan Seribu, Jakarta. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 18(2), 333–341.
64. Sulistiowati, Zamani, N. P., Bengen, D. G., Lim, C. L., & **Cordova, M. R.** (2023). Characteristic of microplastic on coral reef sediment and sea urchin (*Diadema* sp.) in Tidung Island, Jakarta Bay, Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science*, 28(4), 289–300.
65. **Cordova, M. R.**, Ulumuddin, Y. I., Lubis, A. A., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Yogaswara, D., Purbonegoro, T., Renyaan, J., Nurdiansah, D., Sugiharto, U., Shintianata, D., Meiliastri, S. S., Andini, F. P., Suratno, Ilman, M., Anggoro, A. W., Basir, & Cragg, S. M. (2023). Microplastics leaving a trace in mangrove sediments ever since they were first manufactured: A study from Indonesia mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 195: 115517.

66. **Cordova, M. R.**, Bernier, N., Yogaswara, D., Subandi, R., Wibowo, S. P. A., Kaisupy, M. T., & Haulussy, J. (2023). Land-derived litter load to the Indian Ocean: A case study in the Cimandiri River, southern West Java, Indonesia. *Environmental Monitoring and Assessment*, *195*, 1251.
67. **Cordova, M. R.**, Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Rositasari, R., Yogaswara, D., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Sani, S. Y., Sulistiowati, S., Nugraheni, I. K., Rahman, L., Rahmawati, Al Rahmadhani, S., Khoirunnisa, T. A., Nurhasanah, Muhtadi, A., Lestari, S. P., & Cragg, S.M. (2024). Abundance and characterization of microplastic pollution in the wildlife reserve, Ramsar site, recreational areas, and national park in northern Jakarta and Kepulauan Seribu, Indonesia. *Chemosphere*, *348*: 140761.
68. Zakiah, Riani, E., Taryono, **Cordova, M. R.** (2024). Assessment of sediment grain size and its correlation with microplastic accumulation and characteristics in the Kahayan River, Indonesia. *Environmental Forensics*, *25*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/15275922.2023.2297434>
69. **Cordova, M. R.**, Iskandar, M. R., Surinati, D., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Subandi, R., Ulumuddin, Y. I., Purbonegoro, T., Yogaswara, D., Sani, S. Y., Puspitasari, R., Rositasari, R., Riani, E., Zheng, S., Sun, X., & Wang, Z. (2024). Microplastic occurrence in sub-surface waters of the Indonesian archipelago. *Frontier in Marine Science*, *11*: 1362414. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1362414>

Jurnal Nasional

70. **Cordova, M. R.** (2011). Identifikasi industri berdasarkan limbah yang menunjang perekonomian nelayan namun relatif menurunkan kualitas air dan produksi perikanan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, *1(2)*, 120–126.

71. **Cordova, M. R.**, & Riani, E. (2011). Konsentrasi logam berat (Hg, Pb, Cd) pada air dan sedimen di Muara Sungai Angke, Jakarta. *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 6(2), 107–112.
72. **Cordova, M. R.**, Zamani, N. P., & Yulianda, Y. (2011). Akumulasi logam berat pada kerang hijau (*Perna viridis*) di perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Moluska Indonesia*, 2(1), 1–8.
73. **Cordova, M. R.**, Haryadi, S., & Effendie, H. (2012). Kualitas limbah domestik Kota Bogor (studi kasus Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor). *Jurnal Hidrosfir Indonesia*, 7(1), 39–44.
74. **Cordova, M. R.** (2016). Mekanisme gangguan genetik dan mutasi pada bivalvia yang dipengaruhi oleh logam berat timbal. *Oseana*, 41(3), 27–34.
75. **Cordova, M. R.**, & Muhtadi, A. (2017). Skrining kemampuan absorpsi merkuri pada makroalga cokelat *hormophysa triquetra* makroalga merah *gracilaria salicornia* dari Pulau Pari. *Oseanografi dan Limnologi (OLDI)*, 2(3), 25–33.
76. **Cordova, M. R.** 2016. Pencemaran plastik di laut. *Oseana*, 42(3), 21–30.
77. Riani, E., Johari, H. S., & **Cordova, M. R.** (2017). Kontaminasi Pb dan Cd pada ikan bandeng *chanos chanos* yang dibudidayakan di Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 235–246.
78. Riani, E., Johari, H. S., & **Cordova, M. R.** (2017). Bioakumulasi logam berat kadmium dan timbal pada kerang kapak-kapak (*Pinna muricata*) di Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 131–142.
79. Suratno, **Cordova, M. R.**, & Arinda, S. (2017). Kandungan merkuri total pada beberapa ikan konsumsi di Jogjakarta, Indonesia. *Oseanografi dan Limnologi (OLDI) (in Indonesian)*, 2(1), 15–23.

80. Isyrini, R., Tambaru, R., La Nafie, Y. A., Ukkas, M., & **Cordova, M. R.** (2018). Beach debris on Labuange Beach, Barru district, South Sulawesi Province, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*, 4(2), 25–34.
81. Yona, D., Maharani, M. D., **Cordova, M. R.**, Elvania, Y., & Dharmawan, I. W. E. (2020). Analisis mikroplastik di insang dan saluran pencernaan ikan karang di tiga pulau kecil dan terluar Papua, Indonesia: Kajian awal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 497–507.
82. **Cordova, M. R.**, Purbonegoro, T., Puspitasari, R., Subandi, R., Kaisupy, M. T., Wibowo, S. P. A., Nurjamin, Suparmo, & Sapulete, S. (2020). Transboundary debris in Indonesian frontier and outermost island: A preliminary case study of Nipah Island. *Oceanografi dan Limnologi (OLDI)*, 5(3), 195–206.

Prosiding Internasional

83. Lestari, Budiyanto, F., Puspitasari, R., Purbonegoro, T., **Cordova, M. R.**, & Hindarti, D. (2018). Fractionation of metal in surface sediment from Cirebon coastal waters, West Java, Indonesia. Dalam *AIP Conference Proceedings*, 2024(1): 020062.
84. Koesmawati, T. A., Suratno, & **Cordova, M. R.** (2018). Preliminary assessment of mercury, arsenic and selenium content in fish from Batam Island Indonesia. Dalam *AIP Conference Proceedings*, 2024(1): 020022.
85. **Cordova, M. R.**, & Hernawan, U. E. (2018). Microplastic in the water of Sumba Sea, East Nusa Tenggara. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 162: 012023.

86. Isyrini, R., La Nafie, Y. A., Ukkas, M., Rachim, R., **Cordova, M. R.** (2019). Marine macro debris from Makassar strait beaches with three different designations. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 253(1): 012039.
87. Manullang, C. Y., **Cordova, M. R.**, Purbonegoro, T., Soamole, A., & Rehalat, I. (2020). Mercury concentrations in Kayeli Bay, Buru Island of Indonesia: The update of possible effect of land-based gold mining. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 618(1): 012023.

Paten

88. Riani, E., Kusumorini, N., Nurjanah, S., Ariaah, K., & **Cordova, M. R.** (2016). Tepung Daging Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) sebagai Terapi sulih Hormon pada wanita Menopause - Sandfish powder (*Holothuria scabra*) as a hormone replacement therapy in menopausal women (Nomor Paten IDP000040686). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual.
89. Ulumuddin, Y. I., **Cordova, M. R.**, Purnomo, D., Sudarmanto, Narto, Suyadi, & Yuliani, E. N. S. (2023). Material Bata Interlocking Sebagai Tanggul Semipermeable Untuk Membantu Rehabilitasi Mangrove - Interlocking brick material as a semipermeable embankment to assist mangrove rehabilitation (Nomor Hak Cipta 000441263).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. **Cordova, M. R.**, Pebriani, W., Kasmayati, M., Komarullah, B., & Syakila, S. (2006). Pembuatan preparat permanen sebagai perangkat pembelajaran pada materi pokok mikroorganismes di Sekolah Dasar dan Menengah (sebagai Implementasi Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan-KTSP) [Dokumen]. *Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional 2006*.
2. **Cordova, M. R.** (2008). *Kajian air limbah domestik Bantar Kemang, Kota Bogor dan pengaruhnya pada Sungai Ciliwung* [Skripsi tidak diterbitkan]. Institut Pertanian Bogor
3. **Cordova, M. R.** (2011). *Heavy metals bioaccumulation and green mussels (*Perna viridis*) malformation in Jakarta bay waters* [Tesis tidak diterbitkan]. Institut Pertanian Bogor.
4. **Cordova, M. R.** (2018, 13 Agustus). Bahaya mikroplastik di balik konsumsi harian kita. *The Conversation Indonesia*.
5. **Cordova, M. R.** (2021). *Study on macro and microplastics debris in Indonesian water: Current condition and problem* [Disertasi tidak diterbitkan]. Tokyo University of Agriculture.
6. **Cordova, M. R.**, & Nurhati, I. S. (2021, 21 Januari). Riset tunjukkan sampah plastik APD di Jabodetabek meningkat selama pandemi. *The Conversation Indonesia*.
7. **Cordova, M. R.**. (2021). Sampah medis di Teluk Jakarta. *Forest Digest edisi Januari-Maret*.
8. **Cordova, M. R.** (2022, 17 Februari). Pembersihan Citarum sudah habis-habisan, tapi mengapa sungainya masih kotor?. *The Conversation Indonesia*.

9. **Cordova, M. R.** (2023, 26 Februari). Solusi menangani sampah. *Majalah Tempo*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama : Muhammad Reza Cordova, M.Si., Ph.D.
Tempat, Tanggal Lahir : Bogor, 3 November 1986
Anak ke : 1 dari 4 Bersaudara
Jenis Kelamin : Laki-laki
Nama Ayah Kandung : Harsono Hadisumardjo
Nama Ibu Kandung : Etty Riani
Nama Istri : Yuyu Alitalia
Jumlah Anak : 2
Nama Anak : 1. Airyu Althaf Cordova
2. Arrayan Syafiq Cordova
Nama Instansi : Pusat Riset Oseanografi –
Badan Riset dan Inovasi Nasional
Judul Orasi : Urgensi pengelolaan sampah plastik
dalam mendukung mitigasi pencemaran
lingkungan laut
Bidang Kepakaran : Pencemaran Laut
No. SK Pangkat Terakhir : SK Kepala BRIN
No. 6293/I/KP/2022
Tanggal 30 September 2022
Penata Tingkat I - III/d
TMT 1 Oktober 2022
No. SK Peneliti Ahli Utama : Keppres No. 38/M Th. 2023
Tanggal 18 September 2023
TMT 10 Oktober 2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SD Negeri Bangka III	Bogor/Indonesia	1998
2.	SMP	SLTP Negeri IV	Bogor/Indonesia	2001
3.	SMA	SMA Negeri 3	Bogor/Indonesia	2004
4.	S1	Institut Pertanian Bogor	Bogor/Indonesia	2008
5.	S2	Institut Pertanian Bogor	Bogor/Indonesia	2011
6.	S3	Tokyo University of Agriculture	Tokyo/Jepang	2021

C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1.	Pelatihan selam dari CMAS	Jakarta/Indonesia	2007
2.	Pelatihan analisis mengenai dampak lingkungan	Bogor/Indonesia	2008
3.	<i>Training on Respiration, activity and behaviour of marine organisms</i>	Bogor/Indonesia	2009
4.	<i>Training on R-stat program</i>	Kiel/Jerman	2011
5.	<i>Marine Science and Technology Training Course</i>	Bogor/Indonesia	2012
6.	<i>Genome Sequencing for environmental sample</i>	Tangerang/Indonesia	2013
7.	<i>Training on Identification and detection of microplastic particles in marine environment</i>	Tokyo, Nagasaki/ Jepang	2017
8.	<i>Marine Plastic Litter Monitoring Data Sharing</i>	Tokyo/Jepang	2018

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
9.	<i>Harmonization methods on microplastic training</i>	Tokyo, Yokohama, Nagasaki/Jepang	2018
10.	<i>Training for trainer: marine plastic debris</i>	Jakarta/Indonesia	2019
11.	<i>Plastic leakage training using SACFOR Approach methods</i>	Jakarta/Indonesia	2021

D. Jabatan Struktural

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Peneliti Kepala <i>Categorization of floating debris in riverine environments by utilizing true color images captured through a cost-effective drone system in the Citarum River, Indonesia</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, University of Bayreuth (Germany) dan RSS - Remote Sensing Solutions GmbH	2016–2017
2.	Peneliti Kepala <i>Marine Debris Studies and its Impacts on Marine Ecosystems</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	2018–2019
3.	Peneliti Kepala <i>Creation of an international laboratory network – A step towards a global harmonisation for microplastics monitoring</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (United Kingdom)	2018–2020

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
4.	Peneliti Kepala <i>Small-sized plastics release from the Indonesian municipal solid waste landfill leachate to the aquatic environment</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Universitas Terbuka	2018–2019
5.	Peneliti Kepala <i>OceanKita: Campagne d'échantillonnages et analyse des plastiques collectés en milieu aquatique</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Institut Français Indonesia, Sustenea Indonesia	2020–2021
6.	Peneliti Kepala <i>A Systems Analysis Approach to Reduce Plastic Waste in Indonesian Societies (PISCES)</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Badan Riset dan Inovasi Nasional, UK Research and Innovation, Brunel University London (United Kingdom)	2021–2024
7.	Peneliti Kepala <i>A Microbial transformation of plastics in SE Asian seas: a hazard and a solution</i>	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Badan Riset dan Inovasi Nasional, UK Research and Innovation, University of Portsmouth (United Kingdom)	2021–2024

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
8.	Peneliti Kepala <i>A Assessment and Response to the Marine Microplastic Pollution on the Ecological Security in “Coral Triangle” region</i>	Badan Riset dan Inovasi Nasional, Alliance of Internasional Science Organization, Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences	2022–2024
9.	Peneliti Kepala <i>A Impact of environmental pollutant and antibiotic resistance genes and risk for human exposure (IMPACT)</i>	Badan Riset dan Inovasi Nasional, Research Council of Norway, Norwegian Research Centre	2024–2026
10.	Peneliti Kepala <i>Microplastic Ingestion in Pelagic Shark Species</i>	Badan Riset dan Inovasi Nasional, MADs Ocean, Scripps Oceanography Institute (US), University of Plymouth (United Kingdom)	2024–2025
11.	Peneliti Kepala <i>Spatiotemporal Variation Of Plastic Waste Present In Multiple River Systems Across Indonesia</i>	Badan Riset dan Inovasi Nasional, the Ocean Clean Up (Netherlands)	2024–2025

Buku ini tidak diperjualbelikan.

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Peneliti Ahli Muda	1 Juli 2017
2.	Peneliti Ahli Madya	1 Juni 2022
3.	Peneliti Ahli Utama	10 Oktober 2023

F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Delegasi Republik Indonesia untuk United Nations Ocean Conference	Kemenko Bidang Kemaritiman dan Investasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, BRIN	2022–2022
2.	Delegasi Republik Indonesia untuk G20 Summit	Kemenko Bidang Kemaritiman dan Investasi, BRIN	2022–2022
3.	Delegasi Republik Indonesia untuk APEC's Oceans and Fisheries Working Group	Kementerian Kelautan dan Perikanan, BRIN	2023–2023
4.	Delegasi Republik Indonesia untuk United Nations Environment Programme Intergovernmental Negotiating Committee on Plastic Pollution	Kemenko Bidang Kemaritiman dan Investasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, BRIN	2023–2024

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	Seminar Nasional Pengembangan Potensi Ekowisata	Pembicara, Panitia	Institut Pertanian Bogor (Bogor, Indonesia)	2008
2.	International Symposium The Coral Reef Management Symposium in Cotal Triangle Area	Pembicara, Panitia	Kementerian Kelautan dan Perikanan (Jakarta, Indonesia)	2009
3.	Seminar Nasional Moluska ke 2	Pembicara, Panitia	Institut Pertanian Bogor (Bogor, Indonesia)	2009
4.	PIT VI ISOI 2009	Pembicara, Panitia	ISOI (Bogor, Indonesia)	2009
5.	Simposium Nasional Pengelolaan Pesisir Laut dan Pulau-Pulau Kecil	Panitia	Institut Pertanian Bogor (Bogor, Indonesia)	2010
6.	International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng	Pembicara	CIGR-AgEng (Valencia, Spanyol)	2012
7.	1st International Symposium on Aquatic Product Processing	Pembicara	ISOI (Bogor, Indonesia)	2013

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
8.	Seminar Pengelolaan Lingkungan untuk Budidaya Perikanan Berkelanjutan	Pembicara, Panitia	Surya University (Tangerang, Indonesia)	2013
9.	Seminar Nasional Universitas Trilogi : Millenium Development Goals (MDGs) dan Ekonomi Biru”	Pembicara	Universitas Trilogi (Jakarta, Indonesia)	2014
10.	International Conference on Maritime Sciences and Advanced Technology	Pembicara	Badan Informasi Geospasial dan Institut Teknologi Bandung (Denpasar, Indonesia)	2017
11.	International symposium on Marine Plastics Debris Solution	Pembicara	Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman (Makassar, Indonesia)	2017
12.	International Symposium on the Western Pacific Ocean Circulation and the Indonesian Throughflow	Pembicara	P2O LIPI dan IOCAS China (Lombok, Indonesia)	2017

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
13.	5th International Marine Conservation Congress	Pembicara	Society for Conservation Biology (Kuching, Malaysia)	2018
14.	International Conference on Plastics in the Marine Environment (ICPME)	Invited speaker	National University of Singapore (University Town, Singapore)	2018
15.	The 3rd International Conference on Marine Science 2019	Pembicara	Institut Pertanian Bogor (Bogor, Indonesia)	2019
16.	The 5th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management	Invited speaker	Japan Society of Material Cycles and Waste Management (Bangkok, Thailand)	2019
17.	The Temasek Foundation International-NUS STEP Environment	Keynote speaker	National University of Singapore (University Town, Singapore)	2019

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
18.	The 7th 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management	Invited speaker	Japan Society of Material Cycles and Waste Management (Kyoto, Japan and online)	2021
19.	the International Conference on Plastic Pollution: From the Pacific to the Pole	Invited speaker	Universiti Malaya (Kuala Lumpur, Malaysia)	2022
20.	3rd ERIA's on Marine Plastic Debris Summit	Invited speaker	Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (Denpasar, Indonesia)	2022
21.	OECD Environmental Performance Review	Invited speaker	OECD (Jakarta, Indonesia)	2022
22.	Road to G20 "Beating Plastic Pollution from Source to Sea"	Invited speaker	National Plastic Action Partnership dan Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Denpasar, Indonesia)	2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
23.	UN Ocean Conference 2022: Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendation for Monitoring Debris Trend in Marine Environment	Invited speaker	United Nation dan Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Lisbon, Portugal)	2022
24.	International Symposium on Marine Plastic Debris and its Countermeasures in Asia: Impact on Ecosystems and International Cooperation	Invited speaker	IDE-JETRO, World Bank and Asahi Newspaper (Kyoto, Japan)	2023
25.	5th Asia-Pacific Coral Reef Symposium	Invited speaker	National University of Singapore (University Town, Singapore)	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
26.	APEC OFWG 03 2021A “Microplastics Distribution in Coastal Aquaculture Input Systems and Developing a Mitigation Plan towards Seafood Safety”	Invited speaker	APEC (Denpasar, Indonesia)	2023
27.	International Conference on ”Combating Plastic Pollution in Terrestrial Environment”	Invited speaker	NAM Science & Technology Centre (Myusuru, India)	2023
28.	The 4 ROK-IORA Partnership Seminar	Invited speaker	Korean Minisry of Foreign Affairs (Seoul, Republic of Korea)	2023
29.	2nd International Symposium on Plastic Pollution in Asian Waters – From Land to Ocean –	Invited speaker	Research Committee of Microplastics in Aquatic Environment of Japan Society on Water Environment (Chiyoda, Japan)	2024

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
30.	the 5th ERIA Experts Working Group on Marine Plastic Debris	Invited speaker	the Economic Research Institute for ASEAN and East Asia dan the Institute for Global Environmental Strategies (Bangkok, Thailand)	2024

H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1.	Jurnal Moluska Indonesia	Masyarakat Moluska Indonesia	Copy editor	2008–2010
2.	Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis	Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB, HAPPI, ISOU	Copy editor	2009–2010
3.	Marine Research In Indonesia	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	Copy editor	2016–2017
4.	Marine Research In Indonesia	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	Managing editor	2018–2021
5.	Marine Pollution Bulletin	Elsevier	Mitra bestari	2018–saat ini
6.	Environmental Pollution	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
7.	Journal of Hazardous Materials	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini
8.	Environmental Research	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini
9	International Journal of Sediment Research	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini
10.	Ecological Economics	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini
11.	Material Todays	Elsevier	Mitra bestari	2019–saat ini
12.	Scientific Reports	Springer Nature	Mitra bestari	2019–saat ini
13.	Environmental Monitoring and Assessment	Springer Nature	Mitra bestari	2019–saat ini
14.	International Journal of Environmental Science and Technology	Springer Nature	Mitra bestari	2019–saat ini
15.	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	Springer Nature	Mitra bestari	2019–saat ini
16.	Water, Air, & Soil Pollution	Springer Nature	Mitra bestari	2019–saat ini
17.	Environmental Technology Reviews	Taylor & Francis	Mitra bestari	2019–saat ini

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
18.	Frontiers in Environmental Science	Frontiers SA	Mitra bestari	2019–saat ini
19.	Frontiers in Marine Science	Frontiers SA	Mitra bestari	2019–saat ini
20.	Environmental Research Letters	IOP Publishing	Mitra bestari	2019–saat ini
21.	Environmental Research Communications	IOP Publishing	Mitra bestari	2019–saat ini
22.	Tropical Conservation Science	SAGE Publishing	Mitra bestari	2019–saat ini
23.	Waters	MDPI	Mitra bestari	2019–saat ini
24.	Oceans	MDPI	Mitra bestari	2019–saat ini
25.	Sustainability	MDPI	Mitra bestari	2019–saat ini
26.	Journal of Marine Science and Engineering	MDPI	Mitra bestari	2019–saat ini
27.	Environmental Science & Technology	American Chemical Society Publication	Mitra bestari	2020–saat ini
28.	Jurnal Perikanan dan Kelautan	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	Editorial board	2020 –saat ini
29.	Journal of Marine Research and Technology	Universitas Udayana	Editorial board	2020–2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
30.	Aquacoastmarine	Universitas Sumatera Utara	Editorial board	2021 –saat ini
31.	Frontiers in Marine Sciences	Frontiers Media S.A.	Editorial board	2022 –saat ini
32.	Frontiers in Forests and Global Change	Frontiers Media S.A.	Editorial board	2023 –saat ini
33.	Discover Oceans	Springer Nature	Editorial board	2023 –saat ini
34.	Chemosphere	Elsevier	Mitra bestari	2023 –saat ini
35.	Nature Communications Earth and Environment	Nature	Mitra bestari	2024 –saat ini

I. Karya Tulis Ilmiah dan Paten (berdasarkan kolaborasi)

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	5
2.	Bersama Penulis Lainnya	82
	Total	87

J. Kualifikasi Bahasa (berdasarkan Bahasa)

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	27
2.	Bahasa Inggris	60
3.	Bahasa Lainnya	-
	Total	87

K. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Harmesa	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	Pembimbing	2018
2.	Deny Yogaswara	Badan Riset dan Inovasi Nasional	Pembimbing	2022

Mahasiswa

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Fajar Dwi Maulana Eftiah	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2016
2.	Haniful Hakim	Universitas Brawijaya	Pembimbing 2	2017
3.	Luthfiah Bariroh	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2017
4.	Ahmad	Universitas Sriwijaya	Pembimbing 2	2018
5.	Dian Hardianti	Universitas Sriwijaya	Pembimbing 2	2018
6.	Stephen Boas Bimawandi Manurung	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2018
7.	Dewinda Thafhany Rahmah	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2018
8.	I Made Satria Wira Perdana	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2018
9.	Lady Fiorentina	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2018
10	Heraledy Melindo	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2019

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
11.	Mela Dita Maharani	Universitas Brawijaya	Pembimbing 2	2019
12.	Yuyun Elvania	Universitas Brawijaya	Pembimbing 2	2019
13.	Edwin Apriyanta Winardi	Institut Teknologi Bandung	Pembimbing 2	2019
14.	Intan Kusumastuti Nugrahaeni	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2020
15.	Dewi Purnama	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2020
16.	Sulistiowati	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2020
17.	Lucky Rahman	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2020
18.	Safitri Al Rahmadhani	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2021
19.	Azizah Laily Saragih	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2021
20.	Triyoni Purbonegoro	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2021
21.	Rahmawati	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2021
22.	Tyara Aprilani Khoirunnisa	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2021
23.	Zakiah	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2021
24.	Sri Yuningsih Noor	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2022
25.	Bimo Aji Nugroho	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 3	2023
26.	Nilawati	Universitas Diponegoro	Pembimbing 3	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
27.	Amelia Ramadhani Anshar	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 4	2023
28.	Jean De Soysa	Institut Pertanian Bogor	Pembimbing 2	2024

L. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia	2009–saat ini
2.	Anggota	Forum Komunikasi Pelanggan Air Minum Nasional	2013–2015
3.	Anggota	Himpunan Editor Berkala Ilmiah Indonesia	2019–saat ini
4.	Anggota	<i>Association of International Research Initiative for Microplastics</i>	2019–saat ini
6.	Anggota	<i>Council of Asian Science Editor</i>	2019–saat ini
7.	Anggota	Persatuan Pelajar Indonesia di Jepang Korda Hokkaido	2019–2021
8.	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia	2015–2021
9.	Anggota	<i>The Regional Knowledge Centre for Marine Plastic Debris</i>	2021–saat ni
10.	Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia	2022–saat ni

M. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	103 Indonesian Most Prospective Innovation in 2011	Business Innovation Center Indonesia	2011
2.	Peserta Diklat Fungsional Tingkat Pertama Terbaik ke-2	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	2016
3.	Best Innovation Award The Hitachi Global Foundation Asia Innovation Award	The Hitachi Global Foundation	2020
4.	BeritaSatu <i>People and Inspiration Award 2020: Science and Technology</i>	BeritaSatu	2020
5.	<i>The Future Leader</i> LIPI dari Kedeputusan Bidang Ilmu Kebumihan	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	2021
6.	<i>Outstanding Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture [SEARCA] Scholar</i>	Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture [SEARCA]	2021

Salah satu masalah lingkungan yang diprediksi menjadi isu utama adalah pencemaran plastik yang dapat mengganggu keanekaragaman hayati. Hal ini dikarenakan Sampah plastik tetap berada di ekosistem pesisir dan laut selama bertahun-tahun karena hanya terurai dan tidak hilang. Selain itu, sampah plastik juga dapat menyebabkan Indonesia mengalami kerugian ganda akibat pencemaran lingkungan. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan target pengurangan kebocoran sampah plastik ke laut sebanyak 70% pada tahun 2025 dan 100% pada tahun 2060. Hal ini tentunya membutuhkan penelitian-penelitian dari beberapa pihak yang berkompeten serta dukungan dari semua pihak agar target tersebut dapat tercapai.

Orasi berjudul *Urgensi Pengelolaan Sampah Plastik dalam Mendukung Mitigasi Pencemaran Lingkungan Laut* memuat mengenai bagaimana solusi penanganan sampah plastik yang menjadi masalah yang serius dalam jangka panjang bagi ekosistem laut. Perlunya replikasi dalam aplikasi jaring sampah sungai di Indonesia, khususnya di kota besar. Selain itu pengelolaan sampah juga dapat dilakukan dengan mendaur ulang sampah plastik dengan melakukan integrasi untuk membuat program bank sampah berkelanjutan dengan program EPR sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Sampah pada Bank Sampah. Pengelola sampah daur ulang juga dapat menggunakan pendekatan pemilahan yang dilakukan dari sumber dan peningkatan *waste collection rate* tiap kawasan serta dikombinasikan dengan *Material Recovery Facilities*.

Orasi ini diharapkan memberikan kebaruan bagi pembaca mengenai bahayanya dampak pencemaran limbah plastik bagi ekosistem laut di Indonesia serta cara pengelolaan sampah untuk membantu mengurangi pencemaran limbah sampah plastik tersebut. Pengelolaan sampah dengan menerapkan daur ulang sampah melalui program EPR. Selain itu, pengelolaan sampah dengan pendekatan pemilahan yang dilakukan dari sumber dan peningkatan *waste collection rate* tiap kawasan serta dikombinasikan dengan *Material Recovery Facilities* dan peningkatan industri daur ulang secara merata akan mereduksi sampah yang masuk ke laut secara masif.

