



DINAMIKA DAN EMISI MIKROPLASTIK DI TELUK JAKARTA

ANNA IDA SUNARYO PURWIYANTO



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Dinamika dan Emisi Mikroplastik di Teluk Jakarta” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2023

Anna Ida Sunaryo Purwiyanto
C561190011

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

ANNA IDA SUNARYO PURWIYANTO. Dinamika dan Emisi Mikroplastik di Teluk Jakarta. Dibimbing oleh TRI PRARTONO, ETTY RIANI, ALAN FRENDY KOROPITAN, dan YULI NAULITA.

Mikroplastik merupakan partikel dengan kisaran 1-5000 μm yang tersusun atas bahan polimer sintetis. Berbagai aktifitas (sanitasi, emisi lalu lintas, industri, pertanian, perikanan) merupakan sumber mikroplastik di alam. Mikroplastik tersebut kemudian mengalami transport ke perairan, melalui *run off*, aliran sungai, bahkan melayang di udara (mikroplastik atmosferik). Mikroplastik tersebut merupakan partikel padat dengan berbagai macam komposisi. Komponen utama mikroplastik adalah polimer yang kemudian diberi zat aditif sesuai peruntukan penggunaan plastik ketika berada dalam bentuk makro. Salah satu perairan yang mengalami tekanan mikroplastik dari sumber dan transportasi tersebut adalah Teluk Jakarta. Informasi keberadaan mikroplastik di Teluk Jakarta telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya. Namun penelitian-penelitian tersebut masih bersifat dasar dan belum terintegrasi dengan baik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menganalisis bagaimana dinamika dan neraca mikroplastik, serta mendeteksi kandungan zat aditif (*phthalate*) pada mikroplastik di Teluk Jakarta.

Sampling mikroplastik dilakukan terhadap mikroplastik atmosferik, mikroplastik di permukaan perairan dan sedimen. Sampling mikroplastik atmosferik dilakukan selama 12 bulan (Maret 2018 – Februari 2019) di atap gedung Pusat Penelitian Oseanografi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Ancol. Sampling menggunakan *manual raingauge* yang dipasang selama 96 jam setiap bulannya, dengan 3 kali pengulangan. Sampling mikroplastik di perairan dan sedimen pada bulan Agustus 2020 pada sembilan muara sungai di sekitar Teluk Jakarta (Sungai Dadap, Sungai Angke, Sungai Pluit, Sungai Ciliwung, Sungai Kali Item, Sungai Koja, Sungai Cilincing, Sungai Marunda, dan Sungai Bekasi). Sembilan muara sungai tersebut berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yang berbeda-beda, dengan kepadatan penduduk yang berbeda pula. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan *round net* dan *vanven grab*, dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. Neraca mikroplastik di Teluk Jakarta dianalisis dengan mempertimbangkan factor lingkungan seperti curah hujan, kecepatan angin, debit air sungai, jumlah partikel pada masing-masing stasiun, dan laju sedimentasi. Hasil perhitungan emisi dan perbandingan dominasi karakteristik mikroplastik digunakan dalam memprediksi fluks mikroplastik. Zat *phthalate* yang terkandung pada mikroplastik dideteksi menggunakan Micro-Raman Spectroscopic pada 25 sampel di perairan dan sedimen yang telah teridentifikasi sebagai mikroplastik.

Mikroplastik atmosferik tertangkap pada *raingauge* setiap bulan, dengan kelimpahan rata-rata 1,83 partikel/bulan. Kelimpahan mikroplastik yang diperoleh pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan musim kemarau. Hal ini diduga karena adanya pengaruh intensitas cahaya matahari, angin dan curah hujan yang berbeda antara kedua musim tersebut. Meski demikian, secara statistik tidak ditemukan adanya perbedaan nyata pada kelimpahan mikroplastik setiap bulannya ($p > 0,05$). Karakteristik yang mendominasi mikroplastik atmosferik di Ancol

adalah bentuk fiber, rentang ukuran 300-500 μm , dan jenis polimer *polyester* (PET). Dominasi karakteristik tersebut mengindikasikan bahwa mikroplastik atmosferik yang ditemukan berasal dari emisi lokal penduduk sekitarnya.

Perairan dan sedimen muara sungai juga berkontribusi terhadap pencemaran mikroplastik untuk Teluk Jakarta. Kelimpahan mikroplastik di permukaan air pada 9 muara sungai berkisar 9,729 – 89,164 partikel/ m^3 , dengan rata-rata $48,179 \pm 21,960$ partikel/ m^3 . Kelimpahan mikroplastik tertinggi diperoleh di Sungai Dadap (Stasiun 1), dan terendah pada Muara Sungai Angke (Stasiun 2). Secara statistik, setiap muara sungai tidak memberikan kelimpahan yang berbeda nyata ($p > 0,05$). Berdasarkan lokasi secara administratif, mikroplastik yang masuk dari wilayah Tangerang (Stasiun 1) memiliki kelimpahan lebih besar ($67,777 \pm 5,656$ partikel/ m^3) dibandingkan Jakarta Utara (Stasiun 2-8) ($47,715 \pm 4,207$ partikel/ m^3) dan Bekasi (Stasiun 9) ($31,834 \pm 2,503$ partikel/ m^3). Kelimpahan mikroplastik pada sembilan muara sungai ini sejalan dengan jumlah makrodebris pada masing-masing lokasi. Namun tidak dipengaruhi oleh kepadatan penduduk pada masing-masing DAS. Mikroplastik pada perairan memiliki dominasi karakteristik yang menunjukkan sumber domestik, yaitu bentuk fragmen, rentang ukuran 300-500 μm , dan jenis polimer *polyethylene* (PE).

Kelimpahan mikroplastik di perairan akan berkorelasi dengan kelimpahannya di sedimen. Secara statistik, hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi yang tinggi ($r = 0,82$). Kelimpahan mikroplastik di sedimen pada 9 muara sungai berkisar 604-3108,97 partikel/kg berat kering sedimen, dengan rata-rata 1977,56 partikel/kg berat kering sedimen. Kelimpahan tertinggi diperoleh di Sungai Dadap (Stasiun 1), dan terendah di Sungai Angke (Stasiun 2). Hal ini dipengaruhi oleh kecepatan arus masing-masing sungai dan aktifitas pengerukan. Uji statistik menunjukkan bahwa kelimpahan setiap stasiun tidak berbeda secara nyata ($p > 0,05$). Secara berurutan, kelimpahan mikroplastik pada 3 wilayah administrasi muara sungai di Teluk Jakarta adalah Jakarta Utara (14037,20 partikel/kg berat kering sedimen) > Tangerang (3108,97 partikel/kg berat kering sedimen) > Bekasi (652 partikel/kg berat kering sedimen). Bentuk mikroplastik didominasi oleh fragmen, ukuran terbanyak 300-500 μm , dan jenis polimer PE. Dominasi bentuk dan ukuran pada sedimen ini sejalan dengan karakteristik mikroplastik pada perairan. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroplastik di sedimen merupakan mikroplastik yang terendapkan dari perairan.

Keberadaan mikroplastik di atmosfer, perairan, dan sungai, menunjukkan bahwa mikroplastik di Teluk Jakarta memang berasal dari ketiga kompartmen tersebut. Deposisi mikroplastik atmosferik tertinggi pada bulan Februari 2019 ($3,68 \times 10^9$ partikel/hari), dan terendah pada Juli 2018 ($2,45 \times 10^8$ partikel/hari). Deposisi tersebut dipengaruhi oleh kondisi meteorologi, yaitu curah hujan dan kecepatan angin. Uji statistik memperoleh bahwa kedua faktor meteorologi tersebut memiliki korelasi positif terhadap laju deposisi mikroplastik atmosferik. Muara sungai di sekitar Teluk Jakarta juga berkontribusi terhadap mikroplastik di Teluk Jakarta. Emisi mikroplastik dari sembilan muara sungai di sekitar Teluk Jakarta tertinggi dari Sungai Ciliwung ($1,26 \times 10^7$ partikel/hari), dan terendah dari Sungai Angke ($16,71 \times 10^7$ partikel/hari), dengan rata-rata $6,71 \times 10^7 \pm 5,83 \times 10^7$ partikel/hari. Berdasarkan daerah adminitrasinya, neraca dari Jakarta Utara > Tangerang > Bekasi. Emisi mikroplastik dari perairan dipengaruhi oleh debit air dan jumlah partikel mikroplastik pada masing-masing sungai. Mikroplastik pada

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



sedimen masing-masing muara sungai memberikan emisi rata-rata $5,42 \times 10^6 \pm 2,84 \times 10^6$ partikel/hari.

Berdasarkan emisi, fluks dan dominasi karakteristik mikroplastik dari atmosfer, perairan, dan sedimen, dinamika mikroplastik di Teluk Jakarta dapat diprediksi. Mikroplastik dari permukaan air sembilan muara sungai memberikan emisi yang paling tinggi, namun memiliki karakteristik yang berbeda dengan mikroplastik atmosferik. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat mekanisme alami lain yang belum diketahui untuk mikroplastik atmosfer. Tingginya emisi mikroplastik di Teluk Jakarta mengakibatkan pada puncak musim timur, Teluk Jakarta mengakumulasi mikroplastik di perairan. Bahkan tanpa adanya *flushing* dari massa air sekitarnya, mikroplastik memiliki waktu tinggal yang cukup lama (21 hari) di perairan Teluk Jakarta. Kesamaan karakteristik mikroplastik dari sedimen mengindikasikan bahwa sedimen diduga memberikan kontribusi terhadap mikroplastik di Teluk Jakarta melalui kemungkinan resuspensi mikroplastik dari sedimen menuju kolom air. Meski demikian hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut.

Mikroplastik yang diperoleh dari sembilan muara sungai tidak lagi mengandung zat *phthalate* pada partikelnya. Hal ini tampak dari tidak adanya puncak gelombang pada spektrum 3074, 1726, 1600, 1580, 1040, dan 652 cm^{-1} . Hal tersebut mengarahkan hipotesa bahwa tidak ditemukannya kandungan *phthalate* pada sampel mikroplastik di muara sungai sekitar Teluk Jakarta disebabkan karena zat tersebut telah sepenuhnya terlepas dari partikel mikroplastik. Kandungan *phthalate* kemungkinan berada pada perairan ataupun sedimen di muara sungai sekitar Teluk Jakarta. Namun hipotesa tersebut masih memerlukan penelitian lebih jauh mengingat kandungan *phthalate* di Teluk Jakarta belum pernah dikaji secara mendalam.

Kata kunci: atmosferik, DAS, fluks, muara sungai, permukaan air, sedimen

SUMMARY

ANNA IDA SUNARYO PURWIYANTO. Fate and Budget of Microplastic in Jakarta Bay. Supervised by TRI PRARTONO, ETTY RIANI, ALAN FRENDY KOROPITAN, dan YULI NAULITA. .

Microplastics are particles of 1-5000 μm composed of synthetic polymer materials. Various activities (sanitation, traffic emissions, industry, agriculture, fisheries) are a source of microplastics. The microplastics are transported to the waters through runoff, the river flows, and even drift in the air (atmospheric microplastics). These microplastics are solid particles with a variety of compositions. The main component of microplastics is a polymer added with additives according to the use of plastic when it is in macro form. Jakarta Bay is one of the waters experiencing microplastic pressure. Information on the presence of microplastics in Jakarta Bay has been reported in previous research. However, these studies are still basic and unintegrated. Therefore, this study aims to analyze the fate and budget of microplastics, as well as detect the content of additives (*phthalates*) in microplastics in Jakarta Bay.

Microplastic sampling was carried out on the atmosphere, the water surface, and sediments. A sampling of atmospheric microplastics was carried out for 12 months (March 2018 – February 2019) on the roof building of the Oceanographic Research Center - Indonesian Institute of Sciences (LIPI) Ancol. Sampling used a manual rain gauge installed for 96 hours every month, with three repetitions. Microplastic in waters and sediments was conducted in August 2020 at nine estuaries around Jakarta Bay (Dadap River, Angke River, Pluit River, Ciliwung River, Kali Item River, Koja River, Cilincing River, Marunda River, and Bekasi River). The nine estuaries are located in different watersheds (DAS), with different population densities. Sampling was done using a round net and van ven grab, with three repetitions at each station. The emission of microplastics in Jakarta Bay is analyzed by considering environmental factors such as rainfall, wind speed, river water discharge, the number of particles at each station, and sedimentation rate. The results of neraca calculations and comparisons of the dominance of microplastic characteristics are used in predicting the dinamika of microplastics. *Phthalates* contained in microplastics were detected using Micro-Raman Spectroscopic on 25 samples in water and sediments that had been identified as microplastics.

Atmospheric microplastics are caught at the rain gauge every month, with an average abundance of 1.83 particles/month. The abundance of microplastics obtained during the rainy season was higher than during the dry season. It is presumably due to the influence of the intensity of sunlight, wind, and rainfall, which differs between the two seasons. However, statistically, there was no significant difference in the abundance of microplastics every month ($p > 0.05$). The dominating characteristics of atmospheric microplastics in Ancol are the fiber shape, the size range of 300-500 μm , and the polyester polymer (PET) type. The dominance of these characteristics indicates that the atmospheric microplastics found are derived from local emissions from surrounding residents.

Estuary waters and sediments also contribute to the microplastic pollution of Jakarta Bay. Microplastics on the water surface at nine estuaries ranged from



9.729 to 89.164 particles/m³, with an average of 48.179 ± 21.960 particles/m³. The highest abundance was found in the Dadap River (Station 1) and the lowest at the Angke River Estuary (Station 2). Statistically, each estuary did not provide a significantly different abundance (p>0.05). Based on administrative location, microplastics from Tangerang (Station 1) have a greater abundance (67.777 ± 5,656 particles/m³) than North Jakarta (Station 2-8) (47.715 ± 4,207 particles/m³) and Bekasi (Station 9) (31,834 ± 2,503 particles/m³). The microplastic abundance in nine estuaries is in line with the quantity of macro debris in each location. However, it is not affected by population density in each watershed. Microplastics in waters indicate domestic sources, i.e., the fragments' shape, the size range of 300-500 µm, and the type of polymer polyethylene (PE).

The abundance of microplastics in the waters will correlate with their abundance in the sediment. Statistically, this is proven by a high correlation value (r = 0.82). The abundance of microplastics in sediments at nine estuaries ranged from 604 to 3108.97 particles/kg dry weight of sediment, with an average of 1977.56 particles/kg dry weight of sediment. The highest abundance was found at the Dadap River (Station 1), and the lowest was at the Angke River (Station 2). It is influenced by the current velocity of each river and the dredging activity. The statistical test showed that the abundance of each station was not significantly different (p>0.05). Sequentially, the abundance of microplastics in 3 administrative areas of estuaries in Jakarta Bay is North Jakarta (14037.20 particles/kg dry weight of sediment) > Tangerang (3108.97 particles/kg dry weight of sediment) > Bekasi (652 particles/kg dry weight sediment). Fragments dominate the shape of microplastics. The most size is 300-500 µm and the type of PE polymer. The dominance of shape and size in sediments is in line with the characteristics of microplastics in the waters. It indicates that the microplastics in the sediment are microplastics that were deposited from the waters.

Microplastics in the atmosphere, waters, and sediment indicate that the microplastics in Jakarta Bay originate from these three compartments. The highest atmospheric microplastic deposition was in February 2019 (3,68 x 10⁹ particles/day), and the lowest was in July 2018 (2,45 x 10⁸ particles/day). The deposition is affected by meteorological conditions (rainfall and wind speed). Statistical tests found that both meteorological factors positively correlated with atmospheric microplastic deposition. Nine estuaries around Jakarta Bay also contribute to microplastics in Jakarta Bay. The highest emission from the surface water of the Ciliwung River (1.26 x 10⁷ particles/day) and the lowest from the Angke River (16.71 x 10⁷ particles/day), with an average of 6.71 x 10⁷ ± 5.83 x 10⁷ particles/day. Based on the administration area, Jakarta Utara > Tangerang > Bekasi. It depends on the water discharge and the number of microplastic particles in each river. Microplastics in the sediments of each estuary provided an average emission of 5,42 x 10⁶ ± 2,84 x 10⁶ particles/day.

Based on the budget, flux, and predominance of microplastic characteristics, the fate of microplastics in Jakarta Bay can be predicted. Microplastics from the surface waters of nine river estuaries gave the highest emissions, but have different characteristics from atmospheric microplastics. It means that there was some unknown mechanism for atmospheric microplastic in Jakarta bay water. Jakarta Bay accumulates some microplastic in the water column as a result of high microplastic emissions. Even without any flushing from

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



the surrounding water masses, microplastics have a fairly long residence time (21 days) in the waters of Jakarta Bay. Meanwhile, the similarity of dominance characteristics from sediments indicates that sediments can contribute to microplastics in Jakarta Bay. It is through the possibility of resuspension into the water column. Nevertheless, this requires further research.

Microplastics obtained from nine estuaries no longer contain phthalates in their particles. It can be seen from the absence of wave crests in the spectrum of 3074, 1726, 1600, 1580, 1040, and 652 cm^{-1} . It leads to the hypothesis that the substance had been completely released from the microplastic particles. The phthalate content may be in the waters or sediments in the river around Jakarta Bay. However, this hypothesis still needs further research considering that the phthalate content in Jakarta Bay has never been studied in detail.

Keywords: atmospheric, watershed, flux, estuary, water surface, sediment

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2023
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



DINAMIKA DAN EMISI MIKROPLASTIK DI TELUK JAKARTA

ANNA IDA SUNARYO PURWIYANTO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Kelautan

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. I Wayan Nurjaya, M.Sc
- 2 Prof. Agung Dhamar Syakti, S.Pi, DEA

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. I Wayan Nurjaya, M.Sc
- 2 Prof. Agung Dhamar Syakti, S.Pi, DEA



Judul Disertasi : Dinamika dan Emisi Mikroplastik di Teluk Jakarta
Nama : Anna Ida Sunaryo Purwiyanto
NIM : C561190011

@Hak cipta milik IPB University

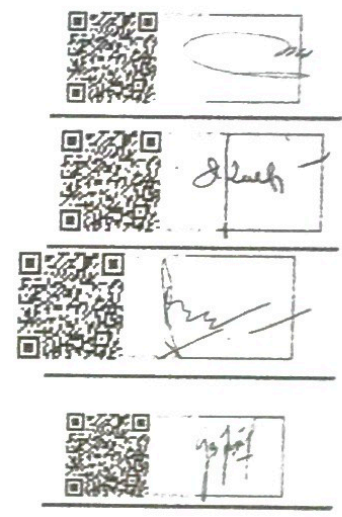
Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Tri Prartono, M.Sc.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. ETTY Riani, MS

Pembimbing 3:
Dr. Alan Frendy Koropitan, S.Pi., M.Si.

Pembimbing 4:
Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Yuli Naulita, M.Si
NIP. 196607121991032003

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc
NIP. 196307311988031002



Tanggal Ujian:
(20 Desember 2022)

Tanggal Lulus:
(30 Januari 2023)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ialah pencemaran mikroplastik, dengan judul “Dinamika dan Emisi Mikroplastik di Teluk Jakarta”.

Terima kasih dan penghargaan penulis ucapkan kepada

1. Seluruh komisi pembimbing, Dr. Ir. Tri Prarsono, M.Sc, Prof. Dr. Etty Riani, MS, Dr. Alan Frendy Koropitan, M.Si dan Dr. Yuli Naulita, M.Si, yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
2. Jajaran Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Program Studi Ilmu Kelautan, atas segala bantuan dalam administrasi.
3. Moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing.
4. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah membiaya studi dan penelitian melalui skema Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN).
5. Muhammad Reza Cordova, Ph.D dari Badan Riset dan Inovasi Indonesia (BRIN) yang telah yang telah memperkenankan sebagian datanya digunakan untuk keperluan penulisan sebagian disertasi dan mengenalkan serta memfasilitasi dalam pelatihan monitoring sampah laut.
6. Kepala Divisi Oseanografi (Dr. Tri Paratono) yang telah memberi izin penggunaan laboratorium Oseanografi Kimia.
7. Pengelola Laboratorim Biologi Molekuler (Pak Aris) atas izin dan bantuannya selama proses penelitian.
8. Papa Sunaryo Purwiyanto, Mama Farida Hanim, Bapak Ishak, Ibu Hainim, Kakak (Ekantallo Rinaryanto, Kristin Ningrum, Yuanita R Ida Sunaryo, Rozaq, Saufi Rohayati, Kartini Eka Apriani), adik (Rizkian Ayu Handika) yang telah memberikan dukungan, terutama doa untuk penyelesaian studi ini.
9. Terima kasih kepada suami tercinta Yulianto Suteja dan kedua amanah (Muhammad Hafiz Arnawama dan Muhammad Hairaz Arnawama) yang selalu menemani dengan segala keikhlasan dan keceriaan selama proses studi ini
10. Apriansyah, Afdal, Kurniawan dan teman-teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu terutama semangat dan *sharing* selama proses disertasi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2023

Anna Ida Sunaryo Purwiyanto



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xviii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	5
1.4 Kerangka Penelitian	5
1.5 Manfaat	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian Kebaruan (<i>Novelty</i>)	6
1.7 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	6
II KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK ATMOSFERIK DI TELUK JAKARTA	7
2.1 Pendahuluan	7
2.2 Tujuan Penelitian	8
2.3 Metode Penelitian	8
2.4 Hasil	10
2.5 Pembahasan	13
2.6 Simpulan	15
III KARAKTERISTIK MIKROPLASTIK DI AIR DAN SEDIMEN DI MUARA SUNGAI TELUK JAKARTA	16
3.1 Pendahuluan	16
3.2 Tujuan Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Hasil	20
3.5 Pembahasan	25
3.6 Simpulan	30
IV EMISI MIKROPLASTIK DI TELUK JAKARTA	31
4.1 Pendahuluan	31
4.2 Tujuan Penelitian	31
4.3 Metode Penelitian	31
4.4 Hasil	35
4.5 Pembahasan	40
4.6 Simpulan	44
V KANDUNGAN ZAT ADDITIF (<i>PHTHALATE</i>) PADA MIKROPLASTIK DI TELUK JAKARTA	45
5.1 Pendahuluan	45
5.2 Tujuan Penelitian	46
5.3 Metode Penelitian	46
5.4 Hasil	48
5.5 Pembahasan	54
5.6 Simpulan	54
VI PEMBAHASAN UMUM	55



VII SIMPULAN DAN SARAN	60
7.1 Simpulan	60
7.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	62
RIWAYAT HIDUP	80

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1. Kelimpahan mikroplastik (partikel/m ³) pada contoh air alat sampling yang digunakan dan ukuran di lokasi penelitian lain	28
2. Nilai data pendukung analisis neraca dan <i>residence time</i>	34
3. Debit air sembilan muara sungai Teluk Jakarta pada Agustus 2020	37
4. Emisi mikroplastik Teluk Jakarta pada Agustus 2020	39
5. Perbandingan dominasi karakteristik mikroplastik di Teluk Jakarta	43
6. Karakteristik spektrum Raman untuk <i>phthalate</i> (Aggarwal <i>et al.</i> 2013)	46

DAFTAR GAMBAR

1. Kerangka pemikiran penelitian dinamika dan neraca mikroplastik di Teluk Jakarta	5
2. Lokasi pengambilan sampel dan sumber potensial (jalan raya dan pemukiman) mikroplastik atmosferik di pesisir utara Jakarta	8
3. Kelimpahan rata-rata mikroplastik atmosferik (partikel) selama 12 bulan di Teluk Jakarta	11
4. Persentase bentuk mikroplastik atmosferik selama 12 bulan pengamatan di Teluk Jakarta	12
5. Persentase ukuran mikroplastik atmosferik selama 12 bulan pengamatan di Teluk Jakarta	12
6. Persentase jenis polimer mikroplastik atmosferik selama 12 bulan pengamatan di Teluk Jakarta	13
7. Lokasi penelitian mikroplastik di muara sungai Teluk Jakarta. Daerah aliran sungai ditandai dengan warna berbeda dan ditumpangtindihkan dengan pemukiman penduduk (warna merah)	17
8. Kelimpahan mikroplastik (partikel/m ³) di sembilan perairan muara sungai di Teluk Jakarta	21
9. Persentase distribusi bentuk mikroplastik di sembilan perairan muara sungai Teluk Jakarta	22
10. Persentase distribusi ukuran mikroplastik di perairan muara sungai Teluk Jakarta	22
11. Persentase polimer mikroplastik di sembilan perairan muara sungai Teluk Jakarta; <i>polypropylene</i> (PP), <i>polyethylene</i> (PE), dan <i>polystyrene</i> (PS)	23
12. Kelimpahan mikroplastik (partikel/kg berat kering sedimen) di sedimen sembilan muara sungai Teluk Jakarta	24
13. Persentase distribusi bentuk mikroplastik di sedimen sembilan muara sungai Teluk Jakarta	24
14. Persentase distribusi ukuran mikroplastik di sedimen sembilan muara sungai Teluk Jakarta	25

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

15. Persentase polimer mikroplastik di sedimen sembilan muara sungai Teluk Jakarta; *polypropylene* (PP), *polyethylene* (PE), dan *polystyrene* (PS) 25
16. Emisi mikroplastik atmosferik (grafik batang), curah hujan (grafik garis merah), dan kecepatan angin (grafik garis biru) selama dua belas bulan di sekitar Teluk Jakarta 35
17. Emisi mikroplastik permukaan air (grafik batang), debit air (grafik garis merah), dan kelimpahan mikroplastik (grafik garis biru) dari sembilan muara sungai Teluk Jakarta pada bulan Agustus 2020 36
18. DAS muara sungai di sekitar Teluk Jakarta (kiri) dan jumlah penduduk (individu) di DAS muara sungai Teluk Jakarta (kanan) 37
19. Emisi mikroplastik pada sedimen (partikel/hari) di sembilan muara sungai Teluk Jakarta pada Agustus 2020 38
20. Fluks mikroplastik (partikel/hari) di perairan sekitar muara sungai Teluk Jakarta pada Agustus 2020. Mikroplastik di atmosfer dan sungai berperan sebagai inputan, sedangkan yang berada di sedimen berperan sebagai output. Selisih antar inputan dan output merupakan mikroplastik yang tertinggal di perairan Teluk Jakarta. 39
21. Spektrum Raman yang mencirikan 15 *dialkyl ester phthalate* dan tujuh jenis *phthalate* (Nørbygaard dan Berg 2004) 47
22. Spektrum Raman sampel mikroplastik permukaan air dan sedimen sembilan muara sungai Teluk Jakarta (spektrum sampel : warna biru; spektrum *phthalate* : warna merah) 49

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.