

IDENTIFIKASI SAMPAH YANG TERTAHAN PADA SEDIMEN HUTAN MANGROVE DI MUARA ANGKE JAKARTA

Wathri Fitrada¹⁾, Priana Sudjono²⁾, Barti Setiani Muntalif²⁾

¹Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang

²Institut Teknologi Bandung

Corresponding Email: wathrifitrada@gmail.com

Abstract. Mangrove in Muara Angke, Jakarta susceptible for getting interference from river and sea. Both, naturally carry in solid waste into mangrove. This study was aims to identify solid waste thats retained in the sediment of mangrove and assest the relationship with the mangrove ecology. Data were collected in 2016. The method for mangrove ecology used, Line Square Transect and Mean Tree Method, while solid waste used Waste Analysis and Weight Characterization. Data analysis used descriptive statistics for solid waste and mangroves data, as well as the Importance Value Index for mangrove communities. Based on this study mangrove with higher densities retained solid waste on the sediment higher. The average weight of solid waste per m^2 were ranged from 0.2 to 2.6 kg. Percentage of plastics in each field observations were at an interval of 56 - 97% of the total solid waste retained on sediment of mangrove. Mangrove were closest to the sea or rivers retained more solid waste than others. There are two plots of observations with the depth of solid waste generated in the sediment reaches 50 cm, which each have the average weight of solid waste per m^2 was 2.6 kg and 2 kg.

Keywords: mangrove, muara angke, waste retained, mangrove sediment, mangrove ecology

Abstrak. Kawasan mangrove di Muara Angke, Jakarta rentan mendapatkan gangguan dari sungai dan laut. Keduanya secara alami membawa sampah ke mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sampah yang tertahan pada sedimen hutan mangrove dan melihat hubungannya dengan ekologi mangrove. Pengambilan data dilakukan tahun 2016. Metode penelitian yang digunakan untuk ekologi mangrove, yaitu Garis Berpetak & Mean tree Method, sedangkan sampah digunakan Analisis Berat dan Karakterisasi Sampah. Analisis data digunakan statistika deskriptif untuk data sampah dan mangrove, serta Indeks Nilai Penting untuk komunitas mangrove. Berdasarkan penelitian ini mangrove dengan tingkat kerapatan yang lebih tinggi menahan sampah pada sedimen lebih banyak. Rataan berat sampah per m^2 yang tercatat pada lokasi penelitian berkisar antara 0,2 – 2,6 kg. Persentase plastik pada setiap petak pengamatan berkisar antara 56 - 97% dari keseluruhan sampah yang tertahan pada sedimen mangrove. Petak pengamatan yang berada paling dekat dengan laut ataupun sungai menahan sampah lebih banyak sampah dibandingkan petak pengamatan lainnya. Terdapat 2 petak pengamatan dengan kedalaman timbunan sampah pada sedimen mencapai 50 cm, dimana masing-masing memiliki rata-rata berat sampah per m^2 tertinggi sebesar; 2,6 kg dan 2 kg.

Katakunci: mangrove, muara angke, sampah yang tertahan, sedimen mangrove, ekologi mangrove

Pendahuluan

Mangrove merupakan tumbuhan berkayu yang tumbuh pada daerah pertemuan antara darat dan laut di garis lintang tropik dan subtropik dengan kondisi salinitas tinggi, pasang ekstrim, angin yang kuat, temperatur tinggi, berlumpur, dan sedimen anaerob. Suaka Margasatwa Muara Angke (SM Muara Angke) dan Hutan Lindung Angke Kapuk (HLAK), sebagai salah satu kawasan mangrove di Muara Angke, Jakarta, terus mengalami gangguan baik dari sungai ataupun laut. Sungai Angke dan Teluk Jakarta yang berada di sisi timur dan utara kedua kawasan membawa sampah yang bersumber dari kegiatan domestik, pertanian, dan industri. Upaya perbaikan atau rehabilitasi pada kedua kawasan sudah dilakukan, namun belum dapat mengembalikan kondisi optimal ekosistem mangrove. Sebagai langkah awal perlu dilakukan kajian untuk identifikasi sampah yang tertahan pada sedimen mangrove dan menganalisis pengaruhnya terhadap ekologi mangrove di SM Muara Angke dan HLAK.

Ekosistem mangrove di Indonesia tersebar dalam kelompok-kelompok kecil, yaitu Maluku, Nusa Tenggara, Jawa, Sumatra, Sulawesi, Kalimantan, dan sebagian besar di Irian (Papua), namun terus mengalami degradasi setiap tahunnya. Pada periode 2011-2020 mangrove di Indonesia mengalami degradasi dari luasan 5.5 juta hektar menjadi hektar 3.6 hektar kurang dari satu hektar dalam bentuk kawasan konservasi (Dirjen KSDAE, 2021). Penyebab utama degradasi mangrove adalah kegiatan tambak, ekspansi dan perkembangan kelapa sawit, perkembangan pertanian, tambak garam, pembangunan kawasan pesisir,

penebangan kayu, penambangan, dan bencana alam (Ilman, Wibisono, & Suryadiputra, 2011).

Sampah dan mangrove diketahui berkorelasi satu sama lain. Area mangrove bertindak sebagai perangkap dan menahan sampah yang berasal dari laut (Luo, Vorsatz, Not, & Cannicci, 2022) Luasan mangrove berkorelasi positif dengan jumlah masuknya sampah ke dalam mangrove (Smith, 2012). Kawasan mangrove memiliki kecenderungan menahan sampah terutama plastik untuk waktu berbeda dipengaruhi oleh hidrodinamika, dan rata-rata tinggi serta kepadatan vegetasi (Ivar do Sul, Costa, Silva-Cavalcanti, & Araújo, 2014). Sampah yang terperangkap pada mangrove dalam jumlah banyak akan mengakibatkan penurunan dalam usaha rehabilitasi dengan adanya penutupan semai atau tumbuhan muda, memperbesar limpasan, dan masalah kualitas air (Smith, 2012). Sampah berkorelasi negatif dengan rata-rata ketinggian pasang dan jumlah semai (Cordeiro & Costa, 2010).

SM Muara Angke dan HLAK merupakan bagian dari kawasan mangrove di DKI Jakarta dengan peranan sebagai pembatas antara laut dan daratan. Total produksi sampah per hari di DKI Jakarta adalah 7164.53 m³ dengan jumlah yang terangkut 95.92% (BPS, 2021). Kebiasaan rumah tangga yang membuang sampah langsung ke sungai mencapai 2 % dari total rumah tangga di DKI Jakarta berpotensi menambah beban sungai yang pada akhirnya dapat memberikan pengaruh pada kawasan mangrove. Mikroplastik ditemukan dengan rentang ukuran 1 mm – 5 mm di muara sungai di DKI Jakarta (Rachmat et al., 2019). Sedimen

mangrove Teluk Jakarta menahan sampah dengan rentang 18.405 – 38.790 kg sedimen kering (Manalu, Hariyadi, & Wardiatno, 2017). Berdasarkan temuan tersebut perlu dilakukan kajian terkait tertahannya sampah pada sedimen mangrove. Pada penelitian ini akan diidentifikasi karakteristik dan komposisi sampah yang tertahan pada sedimen hutan mangrove dan menganalisis hubungannya dengan ekologi mangrove.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kawasan mangrove di DKI Jakarta, yaitu Suaka Margasatwa Muara Angke dan Hutan Lindung Angke Kapuk. Pengambilan data dilakukan pada bulan April – Juni 2016. Tahapan-tahapan yang dijalankan, yaitu pengumpulan data dan analisis. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari ekologi mangrove (jumlah individu, tinggi, diameter, cabang utama dan sekunder, indeks nilai penting), dan sampah (karakteristik dan berat basah sampah).

Data ekologi mangrove diperoleh dengan 2 Metode, yaitu Garis Berpetak & *Mean tree Method*. (1) Metode Garis Berpetak berupa petak pengukuran dengan ukuran 2x2 m² (A), 5x5 m² (B), dan 10x10 m² (C). Pada setiap petak pengukuran dilakukan pengambilan beberapa parameter, yaitu jumlah individu, per fase pertumbuhan (semai, pancang, dan tiang), diameter batang setinggi dada (Dbh), dan tinggi. (2) *Mean tree Method* menggunakan petak pengukuran berukuran 10x10 m². Parameter utama yang diukur meliputi jumlah individu, rata-rata tinggi, dan rata-rata volume area basal (Hans, Timothy, & Geoffrey, 1993). Pencatatan parameter dilakukan pada 30 grid, dengan setiap grid memiliki luasan

1 m², yang dipilih secara acak dari total 100 grid. Petak pengukuran diletakkan pada satu garis searah garis rintis menuju laut. Penetapan titik awal petak pengukuran berdasarkan tingkat aksesibilitas pengambilan sampah di permukaan sedimen.

Pengambilan data sampah akan dilakukan pada petak pengukuran dengan luasan 10x10 m² pada petak pengamatan komunitas mangrove. Pada petak tersebut dibuat grid berukuran 1 m², dimana akan dipilih secara acak 30 grid dari total 100 grid. Data yang diambil, yaitu berat basah total per grid dan karakterisasi timbunan sampah. Sampah per grid disimpan pada satu kantong dan diberi label, kemudian ditimbang berat basahnya.

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi, analisis komunitas mangrove dan sampah. Data parameter pertumbuhan mangrove dan sampah menggunakan statistika deskriptif, sedangkan data komunitas mangrove menggunakan Indeks Nilai Penting (INP).

Hasil dan Diskusi

Komunitas Mangrove dan Sampah di Suaka Margasatwa Muara Angke (SM Muara Angke)

Komunitas mangrove pada kawasan SM Muara Angke yang diamati, yaitu petak penanaman baru. Kondisi komunitas mangrove pada kawasan ini digunakan beberapa parameter pertumbuhan (jumlah individu, tinggi, diameter batang, dan jumlah cabang). Parameter pertumbuhan pada kedua petak pengamatan mendapatkan pengaruh dari waktu tanam, parameter pertumbuhan pada saat tanam, dan jumlah individu pada saat tanam. Kondisi Tanaman Mangrove pada Petak Penanaman di

SM Muara Angke terlampir pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Tanaman Mangrove pada Petak Penanaman di Suaka Margasatwa Muara Angke

No	Petak	SM_1	SM_2
1	Jumlah Individu	1.867 ± 1.5	3.7 ± 1.37
2	Tinggi (m)	1.348 ± 1.48	1.205 ± 0.24
3	D15 (cm)	1.448 ± 0.9	2.024 ± 0.371
4	Σcabang Utama	1.008 ± 0.729	1.584 ± 0.43
5	Σcabang Kedua	1.017 ± 0.747	1.121 ± 0.474
6	Σ Data	30	30
7	C/N Rasio	5.82	4.89
8	Nitrat (NO ₃ -N; mg/kg)	15.664	9.147
9	Total P (%)	0.75	0.99
10	Total Sampah per m ² (kg)	0.24	0.82
11	Tekstur 3F	Debu	Debu

Sumber: Data Primer

Komunitas mangrove di SM Muara Angke secara umum berupa tegakan hutan primer dengan adanya area penanaman pada sisi sebelah selatan kawasan, dimana mendapatkan pengaruh daratan lebih banyak. Tercatat 16 kegiatan penanaman pada selang tahun 2013-2016 yang dilaksanakan di SM Muara Angke. Umumnya jenis yang di tanam *Rhizophora* sp. dan *Bruguera* sp dengan umur tanaman mangrove yang berbeda antara 3 bulan - 12 bulan. Rendahnya keberhasilan kegiatan penanaman menjadikan tidak mudahnya memilih petak pengamatan.

Berbeda dengan petak SM_2 yang ditanam pada tahun 2014, petak SM_1 merupakan lokasi dari 2 penanaman yang masing – masing dilakukan pada tahun yang berbeda, yaitu 2014 dan 2015. Selain hal tersebut, petak SM_2 merupakan lokasi dimana sebelumnya lokasi penanaman sebelum tahun 2013 yang tidak berlanjut.

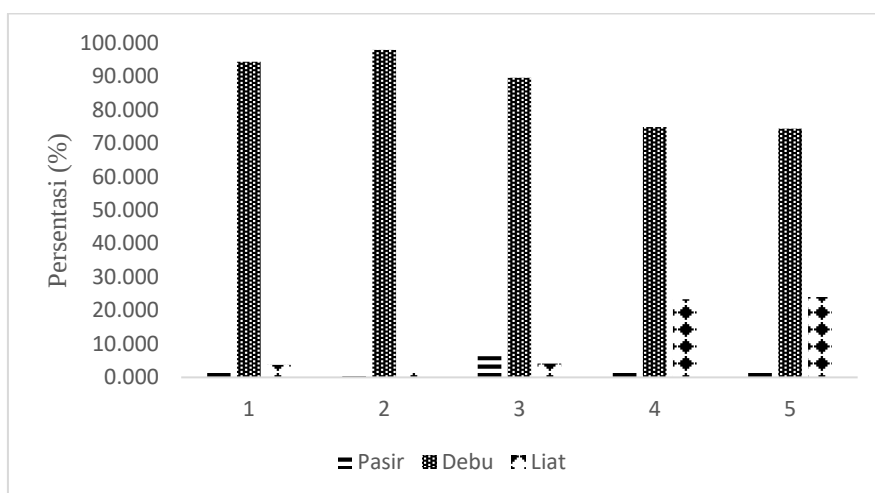
Kondisi nutrisi sedimen menjadi salah satu faktor keberhasilan kegiatan penanaman. Pada SM_1 nitrat pada tanah tersedia dengan konsentrasi lebih banyak. Hal tersebut dapat disebabkan oleh lebih sedikitnya jumlah individu mangrove, sehingga lebih nitrat pada tanah lebih sedikit yang dimanfaatkan tumbuhan. Mangrove berpotensi menyerap nitrat dan fosfor pada tanah (Balk, Laverman, Keuskamp, & Laanbroek, 2015; Purwiyanto, Prartono, & Koropitan, 2012; Wang, Zhang, Tu, Gao, & Wang, 2010). Purwiyanto (2012) melaporkan adanya perubahan konsenrasi nitrogen (nitrit, nitrat, dan amonium) pada tanah ekosistem mangrove mengindikasikan adanya mekanisme reaksi kimia pada tanah yang beragam. Proses denitrifikasi yang dominan dan penurunan konsentrasi oksigen dapat meningkatkan konsentrasi ammonium, sehingga menurunkan konsentrasi nitrat pada tanah (Purwiyanto et al., 2012). Rendahnya nilai rasio C/N menunjukkan komposisi antara karbon

dan nitrogen pada kedua lokasi dalam jumlah yg relatif tidak jauh berbeda. Sedimen pada kedua lokasi penanaman lebih dari 80 % berupa fraksi debu (0.05 – 0.002 mm) (Gambar 1). Semakin besar luas permukaan fraksi penyusun suatu sedimen meningkatkan pembentukan kompleks dengan senyawa – senyawa tertentu.

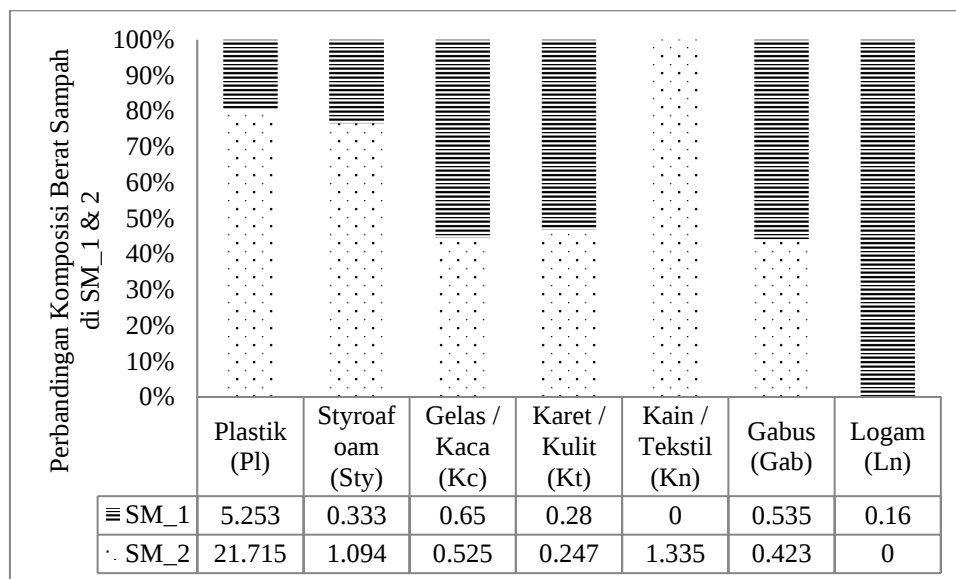
Jarak dari aliran sungai memberikan pengaruh sedikit banyaknya endapan sampah pada sedimen mangrove. Petak pengamatan yang berada lebih dekat dengan Sungai Angke (SM_2), memiliki endapan sampah yang lebih banyak. Makrodebris (sampah dengan ukuran > 20 mm) pada stasiun pengamatan yang lebih dekat dengan sungai memiliki konsentrasi yang lebih

tinggi (Hastuti, Yulianda, & Wardiatno, 2014).

Perbandingan karakterisasi sampah di SM_1 dan SM_2 terlampir pada Gambar 2. Plastik dan styrofoam yang tertahan pada tanah ditemukan lebih banyak di petak pengamatan yang lebih dekat dengan Sungai Angke dan kerapatan individu lebih tinggi (SM_2). Keberadaan mangrove dengan sistem perakaran akar napas, memiliki potensi memerangkap sampah, terutama sampah plastik. Pada kedua petak pengamatan diketahui plastik mencapai 73 % (SM_1) dan 86 % (SM_2) dari keseluruhan sampah yang tertahan pada tanah.



Gambar 1. Persentase tekstur 3 fraksi sedimen di Komunitas Bakau Muara Angke



Gambar 2. Persentase komposisi sampah di Suaka Margasatwa Muara Angke.

Komunitas Mangrove dan Sampah di Hutan Lindung Angke Kapuk (HLAK)

Komunitas mangrove pada kawasan HLAK yang di amati berupa hutan sekunder. Kawasan HLAK pada penelitian ini berada di daerah rehabilitasi kawasan tambak. Keberlangsungan dari komunitas mangrove dapat dilihat dari analisis vegetasi pada setiap tingkat pertumbuhan. Tingkat pertumbuhan pohon dan tiang untuk melihat produktivitas, sedangkan pancang dan semai untuk regenerasi komunitas mangrove. Pada fase tiang ditemukan 2 jenis dengan *Avicennia* sp. sebagai jenis tumbuhan mangrove dengan INP tertinggi pada setiap petak pengamatan. Pada fase pancang ditemukan 3 jenis dengan *Avicennia* sp., dengan INP tertinggi pada setiap petak pengamatan. Pada fase semai hanya ditemukan 1 jenis, yaitu *Rhizophora* sp.. Rekapitulasi analisis vegetasi pada petak pengamatan di HLAK terlampir pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi analisis vegetasi pada petak pengamatan di Hutan Lindung Angke Kapuk

Plot	Tiang		Pancang		Semai		C/N Ratio	Nitrat (NO ₃ -N; mg/kg)	Total P (%)
	Jenis	INP	Jenis	INP	Jenis	INP			
HL1	<i>Rhizophora</i> sp.	77.9	-	-	<i>Rhizophora</i> sp.	200	4.21	24.151	1.15
	<i>Avicennia</i> sp.	222.2							
HL2	<i>Avicennia</i> sp.	300	<i>Sonneratia</i> sp.	143.8	<i>Rhizophora</i> sp.	200	5.96	24.082	0.71
			<i>Rhizophora</i> sp.	156.2					
HL3	<i>Avicennia</i> sp.	300	<i>Avicennia</i> sp.	300	<i>Rhizophora</i> sp.	200	6.37	28.672	0.62
HL4	<i>Avicennia</i> sp.	300	<i>Rhizophora</i> sp.	70.9	-	-	3.08	22.920	0.97

Sumber: Data Primer

Analisis vegetasi pada tingkat pertumbuhan pancang dan semai dapat digunakan untuk menggambarkan regenerasi pada satu komunitas mangrove. Pada HL4 tidak ditemukan individu pada tingkat pertumbuhan semai. Rendahnya nilai rasio C/N, nitrat dan total fosfat pada petak HL4 dapat menjadi penyebab tidak adanya individu pada tingkat pertumbuhan semai. Sedangkan HL2 satu – satunya petak dimana ditemukannya jenis *Sonneratia* sp.. Adanya herbisida (diuron) pada sedimen dapat mengurangi jumlah semai pada suatu komunitas mangrove (Duke, Bell, Pederson, Roelfsema, & Nash, 2005).

Kawasan mangrove yang terbuka atau berbatasan langsung dengan laut mendapatkan pengaruh gelombang dan erosi, yang merupakan faktor utama yang memberikan pengaruh pada ketahanan

hidup semai. Indeks kompleks, yang terdiri dari keberagaman jenis, kerapatan jenis, total basal area, dan total perubahan tinggi, berkorelasi positif dengan semai (Kathiresan, Saravanakumar, Anburaj, & Gomathi, 2016).

Rekapitulasi rata-rata dan total berat endapan sampah dari seluruh petak pengamatan terlampir pada Tabel 3. Rataan berat endapan sampah per meter persegi (m²) yang tercatat pada kedua lokasi pengamatan berada pada kisaran 0,26 – 2,59 kg. Petak pengamatan yang berada paling dekat dengan laut (HL4) mengendapkan sampah lebih banyak dibandingkan petak pengamatan lainnya. Kelimpahan makrodebris (sampah dengan ukuran > 20 mm) tertinggi terjadi pada lokasi dengan jarak dari laut 0 - 10 m (Hastuti et al., 2014).

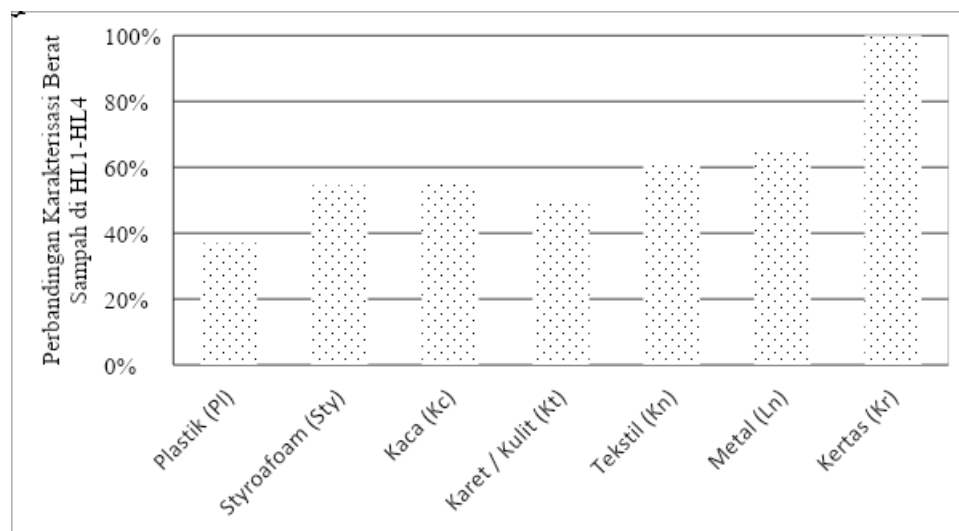
Tabel 3. Rekapitulasi Rataan dan Total Berat Endapan Sampah di Hutan Lindung Angke Kapuk

Petak	Jumlah Sampel	Berat Sampah Rataan per m ² *	Berat Sampah Maksimum*	Berat Sampah Minimum*	Berat Sampah Total per 100 m ² *
HL1	21	0.260	1.675	0.000	5.465
HL2	30	1.059	2.890	0.200	31.783
HL3	31	1.975	5.160	0.000	61.223
HL4	30	2.592	8.330	0.000	77.765

*Berat sampah dalam kilogram (kg); Sumber: Data Primer

Karakterisasi endapan sampah di HLAH terlampir pada Gambar 3. Petak pengamatan HL4 mengendapkan sampah plastik paling banyak dibandingkan petak pengamatan lain, dengan HL1 petak pengamatan dengan endapan sampah terendah. Berdasarkan Gambar 3 pada

HL1 dan HL2 karakteristik dan jumlah sampah yang mengendap lebih rendah dibandingkan HL3 dan HL4. Pada pengamatan langsung diketahui kedalaman endapan sampah pada petak pengamatan HL3 dan HL4 memiliki kedalaman lebih dari 50 cm.



Gambar 3. Rataan karakterisasi sampah di Hutan Lindung Angke Kapuk

Petak pengamatan di HLAK masing – masing memiliki karakteristik yang berbeda. HL1 dan HL2 posisinya ± 10 meter dari laut dengan tegakan mangrove yang lebih sedikit, sedangkan HL3 dan HL4 berbatasan langsung dengan laut dan menahan sampah hingga kedalaman lebih

dari 50 cm. Kondisi nutrisi sedimen pada keempat petak pengamatan berturut – turut berada pada rentang 3,08 – 6,37 (C/N Rasio), 22,92 – 28,672 (Nitrat), 0,62 – 1,15 (Total Fosfat), dan debu – lempung berdebu (Tekstur 3 Fraksi) (Tabel 4).

Tabel 4. Kondisi C/N Rasio, Nitrat, Total Fosfat, dan Tekstur 3 Fraksi pada Petak Pengamatan di Hutan Lindung Angke Kapuk

No	Parameter	Satuan	HL1	HL2	HL3	HL4
1	C/N Ratio	-	4.21	5.96	6.37	3.08
2	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/Kg	24.151	24.082	28.672	22.920
3	Total P	%	1.15	0.71	0.62	0.97
4	Tekstur 3F	-	Debu (Silt)	Debu (Silt)	Lempung Berdebu (Silt Loam)	Debu (Silt)

Sumber: Data Primer

Kesimpulan

Kawasan mangrove di sisi utara DKI Jakarta rentan terhadap cemaran yang berasal dari Sungai Angke dan Teluk Jakarta. Mangrove, baik yang berada dekat aliran sungai ataupun berbatasan dengan laut, menahan sampah lebih banyak. Secara keseluruhan tahanan sampah per m² pada kisaran 0,24 – 2,6 kg. Mangrove dengan tingkat kerapatan lebih tinggi memiliki sampah yang tertahan pada tanah lebih banyak. Persentase keberadaan plastik pada setiap petak pengamatan berada pada selang 56 % - 97 % dari keseluruhan sampah yang tertahan pada tanah hutan mangrove. Berdasarkan pengamatan langsung, petak pengamatan yang dekat dengan laut memiliki tahanan sampah yang mencapai lebih dari 50 cm. Jenis mangrove yang diketemukan pada kedua kawasan, yaitu *Sonneratia* sp., *Rhizophora* sp., dan *Avicennia* sp.. Kondisi beberapa parameter kualitas tanah pada kedua kawasan, yaitu C/N Ratio (3,08 – 6,37), nitrat (9,15 – 28,67 mg/kg), total fosfat (0,62 – 1,15 %).

Referensi

- Balk, M., Laverman, A. M., Keuskamp, J. A., & Laanbroek, H. J. (2015). Nitrate ammonification in mangrove soils: A hidden source of nitrite? *Frontiers in Microbiology*, 6(MAR), 166. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2015.00166/ABSTRACT>
- BPS. (2021). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2021 Energi dan Lingkungan* (Krismawati, C. Widya, & N. Supriyani, eds.). Jakarta.
- Cordeiro, C. A. M. M., & Costa, T. M. (2010). Evaluation of solid residues removed from a mangrove swamp in the São Vicente Estuary, SP, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 60(10), 1762–1767. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2010.06.010>
- Dirjen KSDAE. (2021). *Atlas Monitoring Terumbu Karang di Kawasan Konservasi 2015-2021*. Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Kementerian

- Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Duke, N. C., Bell, A. M., Pederson, D. K., Roelfsema, C. M., & Nash, S. B. (2005). Herbicides implicated as the cause of severe mangrove dieback in the Mackay region, NE Australia: consequences for marine plant habitats of the GBR World Heritage Area. *Marine Pollution Bulletin*, 51(1–4), 308–324. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2004.10.040>
- Hans, S. T., Timothy, G. G., & Geoffrey, W. B. (1993). *Sampling Methods for Multiresource Forest Inventory*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hastuti, A. R., Yulianda, F., & Wardiatno, Y. (2014). Spatial distribution of marine debris in mangrove ecosystem of Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 4(2), 94–107. <https://doi.org/10.13057/BONOROWO/W040203>
- Ilman, M., Wibisono, I. T. C., & Suryadiputra, I. N. N. (2011). *State of the Art Information on Mangrove Ecosystems in Indonesia*. Bogor.
- Ivar do Sul, J. A., Costa, M. F., Silva-Cavalcanti, J. S., & Araújo, M. C. B. (2014). Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. *Marine Pollution Bulletin*, 78(1–2), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.011>
- Kathiresan, K., Saravanakumar, K., Anburaj, R., & Gomathi, V. (2016). A simple method for assessing mangrove forest based on young plants and sesamid crab holes. *Regional Studies in Marine Science*, 7, 204–210. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2016.07.003>
- Luo, Y. Y., Vorsatz, L. D., Not, C., & Cannicci, S. (2022). Landward zones of mangroves are sinks for both land and water borne anthropogenic debris. *Science of The Total Environment*, 818, 151809. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTEN.2021.151809>
- Manalu, A. A., Hariyadi, S., & Wardiatno, Y. (2017). Microplastics abundance in coastal sediments of Jakarta Bay, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(5), 1164–1173.
- Purwiyanto, A. I. S., Prartono, T., & Koropitan, A. F. (2012). Vertical Distribution and Flux of Nutrients in the Sediments of the Mangrove Reclamation Region of Muara Angke Kapuk, Jakarta. *MAKARA of Science Series*, 16(3). <https://doi.org/10.7454/mss.v16i3.1482>
- Rachmat, S. L., Purba, N. P., Agung, M. U., Yuliadi, L. P., Barat, J., Ilmu Kelautan, D., & Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. (2019). Karakteristik sampah mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta Characteristic of microplastic debris at estuary of DKI Jakarta. *Depik*, 8(1), 9–17. <https://doi.org/10.13170/depik.8.1.12156>
- Smith, S. D. A. (2012). Marine debris: A proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1880–1883. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2012.06.013>
- Wang, M., Zhang, J., Tu, Z., Gao, X., & Wang, W. (2010). Maintenance of estuarine water quality by mangroves occurs during flood periods: A case study of a subtropical mangrove wetland. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 2154–2160. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2010.07.025>