Environmental Pollution Journal
ISSN (Online): 2776-5296

Volume 4 Nomor 2 Juli 2024
https://ecotonjournal.id/index.php/epj
Page:1013-1022

Perbandingan Mikroplastik pada Kedalaman 10 cm dan 20 cm Sedimen Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Kota Surabaya

Muhammad Razzan Fawwaz Saifudin✉ & Seftiawan Samsu Rijal
Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Ekosistem mangrove merupakan salah satu yang paling terdampak oleh pencemaran mikroplastik yang berasal dari aliran sungai dan aktivitas manusia di sekitarnya. Tingkat kedalaman sedimen dapat memberikan informasi mengenai kelimpahan dan jenis mikroplastik. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada kedalaman 1-10 cm dan 11-20 cm. Sampel sedimen diambil dari tiga stasiun dengan metode purposive sampling pada dua kedalaman yang berbeda (1-10 cm dan 11-20 cm). Sampel sedimen di ekstraksi dari sedimen dan dilakukan identifikasi menggunakan mikroskop. Ditemukan tiga jenis partikel mikroplastik pada kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu fragmen, filamen, fiber dimana fragmen mendominasi kedua jenis kedalaman yaitu kedalaman 1-10 cm dan kedalaman 11-20 cm. Kelimpahan mikroplastik terbanyak ditemukan pada kedalaman 11-20 cm dan kelimpahan mikroplastik terendah ditemukan pada kedalaman 1-10 cm. Ambang batas kadar mikroplastik di lingkungan belum jelas sehingga perlu adanya kebijakan tegas mengenai baku mutu mikroplastik.

Kata kunci: Mikroplastik, Sedimen, Mangrove, Kedalaman

Comparison of Microplastics in Two Depths of Sediment in the Gunung Anyar Mangrove Area

ABSTRACT

Mangrove ecosystems are among the most affected by microplastic pollution from river flows and human activities. Sediment depth levels can provide information on the abundance and type of microplastics. This study aims to determine the characteristics and abundance of microplastics at depths of 1-10 cm and 11-20 cm. Sediment samples were collected from three stations using purposive sampling method at two different depths (1-10 cm and 11-20 cm). Sediment samples were extracted from the sediment and identified using a microscope. Three types of microplastic particles were found in the Gunung Anyar mangrove area, namely fragments, filaments, fibers where fragments dominated both types of depths, namely 1-10 cm depth and 11-20 cm depth. The highest abundance of microplastics was found at a depth of 11-20 cm and the lowest abundance of microplastics was found at a depth of 1-10 cm. The threshold of microplastic levels in the environment is not yet clear so there needs to be a firm policy regarding the quality standards of microplastics.

Keywords: Microplastic, Sediment, Mangrove, Depth

PENDAHULUAN

Indonesia menjadi salah satu kontributor sampah plastik terbesar di dunia yang dibuktikan dari peningkatan kebutuhan hingga mencapai 0,2 juta ton per tahun (Pradiptaadi & Fallahian, 2022). Indonesia sendiri menempati peringkat kedua negara-negara di Asia Tenggara yang menyumbang sampah plastik terbanyak di Asia Tenggara dengan 22,5 juta ton sampah pertahun (Ng et al., 2023). Sampah plastik yang terdegradasi menjadi ukuran lebih kecil disebut dengan mikroplastik. Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5,0 mm yang berdasarkan asalnya dapat dibedakan mikroplastik yang sengaja dibuat untuk

✉Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : razzanfawwaz@student.ub.ac.id

ecoton
Ecological Observation and Wetlands Conservation

keperluan kosmetik atau produk medis serta yang berasal dari proses degradasi atau fragmentasi sampah plastik karena proses fisika, kimia, biologi atauopun alami (Akdogan & Guven, 2019). Ukuran mikroplastik yang kecil memungkinkan mudah terbawa arus sungai dan menyerupai plankton sehingga menjadi sumber makanan bagi biota perairan mulai yang kecil hingga besar dalam siklus rantai makanan. Dampaknya, produk perikanan dan olahan *seafood* berpotensi mengandung mikroplastik yang pada akhirnya dikonsumsi oleh manusia(Yunanto & Fitriah, 2021).

Ekosistem mangrove merupakan salah satu yang paling terdampak oleh pencemaran mikroplastik. Kawasan hutan mangrove menerima banyak limpahan mikroplastik dari sungai dan aktivitas manusia di sekitarnya. Mikroplastik yang terakumulasi di kawasan ini kemudian mengendap pada sedimen selama proses sedimentasi di wilayah tersebut (Simamora et al., 2020). Selain faktor dari sungai, sebaran mikroplastik pada mangrove disebabkan oleh aktivitas hidro-oseanografi seperti arus dan pasang surut, kondisi topografi serta perakaran ekosistem mangrove juga berpengaruh pada sebaran mikroplastik di wilayah ini. Partikel mikroplastik dengan denstias tinggi mengendap akibat kondisi perairan yang tenang dengan arus lemah. Partikel mikroplasik dengan densitas lebih rendah mengendap akibat efek dari partikel sedimen yang meimbun. Kemampuan daya serap mikroplastik oleh permukaan sistem akar relatif lemah sehingga menyebabkan mikroplastik kembali ke perairan(Li et al., 2023).

Wilayah Surabaya, terutama di Kecamatan Gunung Anyar, menjadi bagian dari kawasan ekosistem hutan mangrove. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menjadi pendorong penyebaran mikroplastik yang semakin parah. Pada khususnya, pesisir timur Surabaya memiliki faktor-faktor tersebut, di mana pemukiman berada sangat dekat dengan Kawasan Wisata Gunung Anyar Mangrove, dan adanya tempat pembuangan sampah di sekitar wilayah tersebut meningkatkan risiko tercemarnya lingkungan oleh sampah, ditambah kiriman sampah plastik dari laut, sehingga pada bagian muara terdapat tumpukan sampah kiriman dari daerah Surabaya dan sekitarnya. (Chairrany et al., 2021). Kondisi ini semakin memperburuk keadaan perairan Gunung Anyar yang sudah tercemar oleh sampah. Dengan demikian perlu dilakukan penelitian berkelanjutan mengenai tingkat pencemaran, potensi dan dampak limbah mikroplastik di wilayah ekosistem Mangrove Gunung Anyar. Kedalaman sedimen dapat memberikan informasi mengenai kelimpahan dan jenis partikel mikroplastik yang terperangkap di dalamnya. Kondisi sedimen di ekosistem mangrove Gunung Anyar cukup dinamis karena merupakan kawasan muara yang mendapat dua faktor utama baik dari sungai dan laut (Willis et al., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Niu et al. (2021) menjelaskan bahwa pada lapisan sedimen yang semakin dalam, proses biodegradasi mikroplastik berjalan lebih cepat terutama pada kondisi anoxic, hal ini di dukung dengan penemuan partikel mikroplastik yang lebih banyak pada lapisan sedimen yang lebih dalam. Sedangkan pada penelitian Pohl et al. (2020) menjelaskan bahwa pada lapisan sedimen, mikroplastik dengan massa jenis lebih berat seperti fragmen dapat terendap lebih cepat dikarenakan oleh massa jenisnya sendiri, disusul jenis mikroplastik dengan massa jenis yang lebih ringan seperti filamen dan fiber yang terdeposisi oleh butir partikel sedimen diatasnya dengan massa jenis lebih berat. Hal ini lah yang mendasari penelitian mengenai kandungan mikroplastik pada dua tingkat kedalaman sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kelimpahan mikroplastik yang terdistribusi secara vertikal pada sedimen serta pengaruhnya terhadap ekosistem mangrove.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada area Ekosistem Mangrove Gunung Anyar Surabaya Jawa Timur. Sampel sedimen diambil dari tiga stasiun berbeda yang mewakili tiap pengaruh berbeda. Stasiun 1 berada di dekat gerbang masuk wisata yang mewakili pengaruh aktivitas wisata, stasiun 2 berada di pertemuan dua sungai dekat tambak yang mewakili aktivitas kapal dan juga budidaya udang, stasiun 3 berada di muara sungai Gunung Anyar yang mewakili faktor hidro oseanografi laut dan proses sedimentasi pesisir. Sampel sedimen diambil menggunakan pipa paralon berdiameter 12 cm dengan tiga kali pengulangan pada setiap stasiun. Sampel sedimen dibedakan dalam dua jenis kedalaman yaitu 1-10 cm dan 11-20 cm. Sampel lalu disimpan dalam *aluminium foil* dan diberi label (Willis et al., 2017).

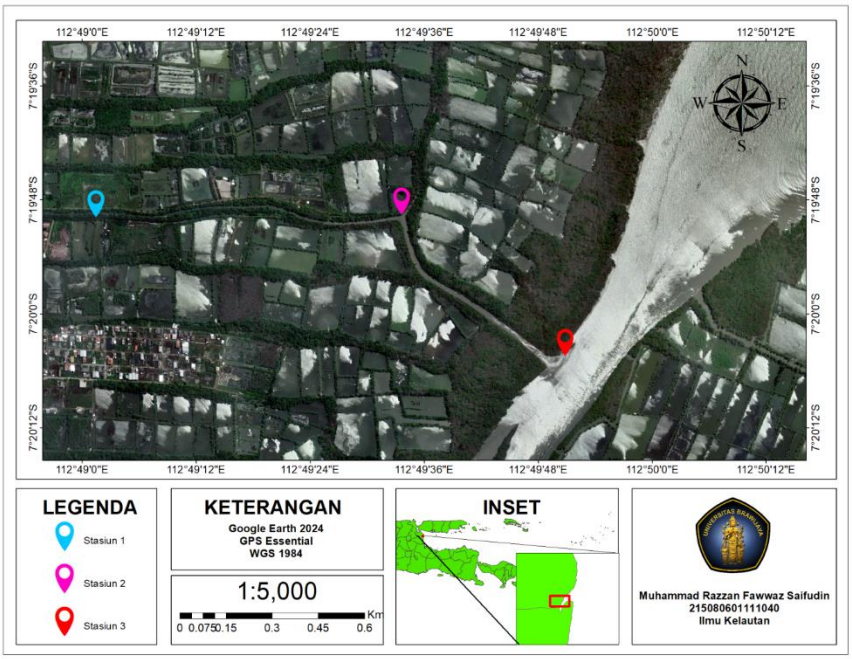
Sampel sedimen yang telah diambil lanjut dikeringkan dengan cara dipanaskan menggunakan oven pada suhu 90-120°C selama 1-3 jam tergantung banyak kadar air setiap sampel. Sampel sedimen kemudian dihaluskan dan diambil sebanyak 50 gram setiap sampel. Sampel sedimen selanjutnya dipisahkan dari sampel mikroplastik dengan pemisahan densitas menggunakan 100ml larutan NaCl dan di biarkan dalam wadah tertutup selama 24 jam agar sedimen mengendap dan mikroplastik akan mengambang di permukaan. Sampel air yang digunakan dan sisa sedimennya disimpan. Untuk memisahkan butir sedimen yang masih tercampur dengan cairan mmaka dipisahkan menggunakan *sentrifudge* dengan kecepatan 350 *rpm* selama 3 menit. Sampel selanjutnya disaring menggunakan saringan 300 *mesh*, mikroplastik yang tertahan pada saringan selanjutnya diluruhkan menggunakan spatula dengan bantuan larutan H202 sebanyak 20 ml ke wadah sampel kaca. Selanjutnya sampel di tetesi larutan FeSO4 sebanyak 5 ml dan dibiarkan bereaksi selama 24 jam. Fungsi pemberian larutan asam untuk mendestruksi bahan organik yang tersisa pada sampel sehingga memudahkan proses identifikasi. Setelah 24 jam, sampel kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan suhu 70°C selama 30 menit. Sampel selanjutnya didinginkan dalam suhu ruang dan disaring sekali lagi menggunakan saringan 300 mesh, mikroplastik yang tertahan lanjut diluruhkan menggunakan larut an NaCl. Sampel mikroplastik dapat dipindahkan pada cawan petri untuk diidentifikasi menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x. Mikroplastik di identifkasi jenisnya seperti *fragmen, fiber, filamen, foam, granul.* Kelimpahan mikroplastik dihitung menggunakan rumus (Magdalena et al., 2024) :

$$K=\frac{Ni}{N} \quad (1)$$

Kelimpahan Mikroplastik (K) didapatkan dengan membagi Jumlah partikel mikroplastik yang ditemukan (Ni) dengan Berat sedimen yang diambil (N) dalam satuan gram, dimana pada penelitian ini sampel sedimen yang digunakan sebesar 50 gram.

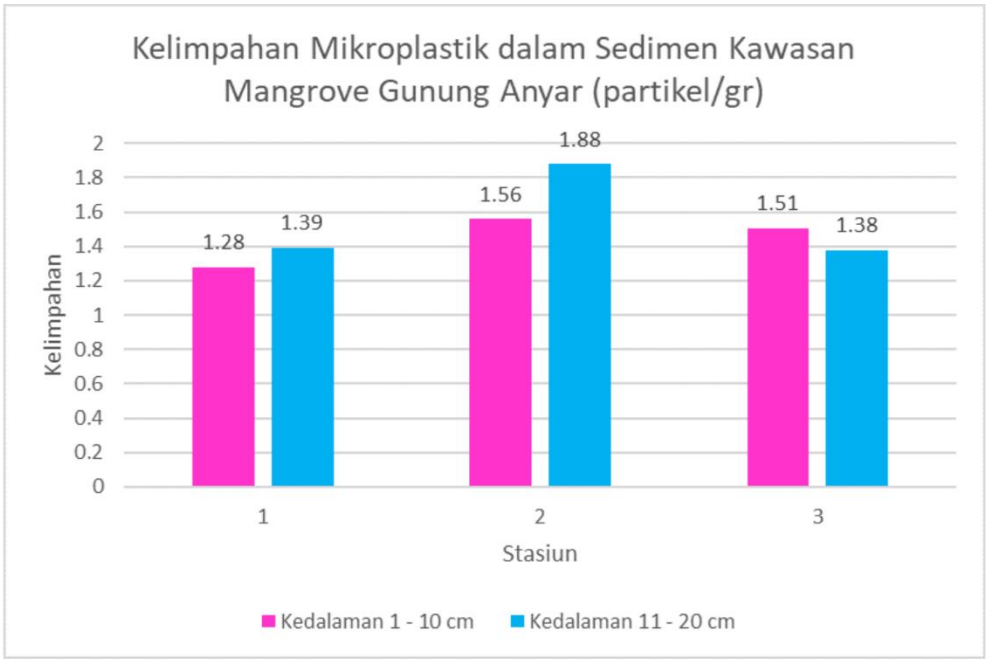
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan kelimpahan mikroplastik pada strata sedimen mangrove Gunung Anyar, didapatkan data semakin dalam sedimen maka kelimpahan mikroplastik semkin tinggi. Pada stasiun 1 yang berlokasi di dekat gerbang masuk Wisata Mangrove Gunung Anyar, ditemukan data kelimpahan mikroplastik pada kedalaman 1-10 cm sebesar 1.28 partikel/gram sedangkan pada kedalaman 11-20 cm sebesar 1.39 partikel/gram. Hal serupa juga ditemukan pada stasiun 2 yang berlokasi di mangrove dekat area tambak, dimana pada kedalaman 1-10 cm (1.56 partikel/gram) memiliki kelimpahan yang lebih rendah dibanding pada kedalaman 11-20 cm (1.88 partikel/gram). Namun pada stasiun 3 yang berlokasi di muara ditemukan hal yang berbeda dengan kedalaman 1-10 cm (1.51 partikel/gram) kelimpahan mikroplastiknya lebih tinggi dibandingkan kedalaman 11-20 cm (1.38 partikel/gram) (Gambar 2). Hal ini sesuai dengan penelitian serupa oleh Mohamed et al. (2023) yakni tingkat kedalaman dan



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 1
Peta Lokasi

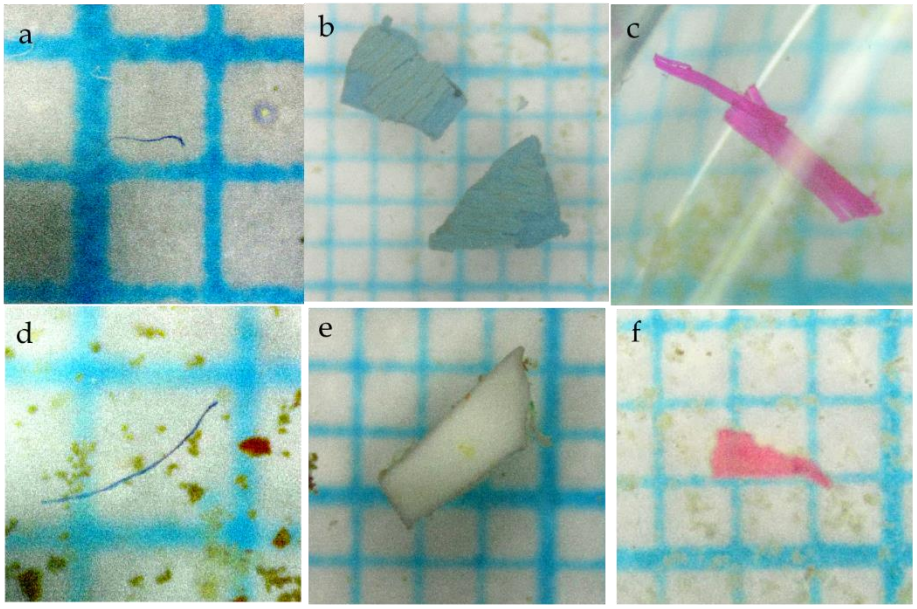


Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 2
Kelimpahan Mikroplastik Sedimen Mangrove Gunung Anyar

tingkat kelimpahan sedimen berbanding lurus.

Data kelimpahan mikroplastik yang berbeda tidak lepas dari kondisi fisik lokasi pengambilan sampel yang berada pada muara. Area muara sungai memiliki tingkat sedimentasi yang tinggi akibat pasokan sedimen sungai serta pengaruh kondisi hindro-oseanografi seperti arus, gelombang dan pasang surut (Burchard et al., 2018). Karakteristik sedimen di area ini cenderung berlumpur basah dengan butir sedimen halus. Kondisi sedimen yang dinamis mengakibatkan struktur dan tingkat kerapatan sedimen di area ini renggang sehingga sulit bagi partikel



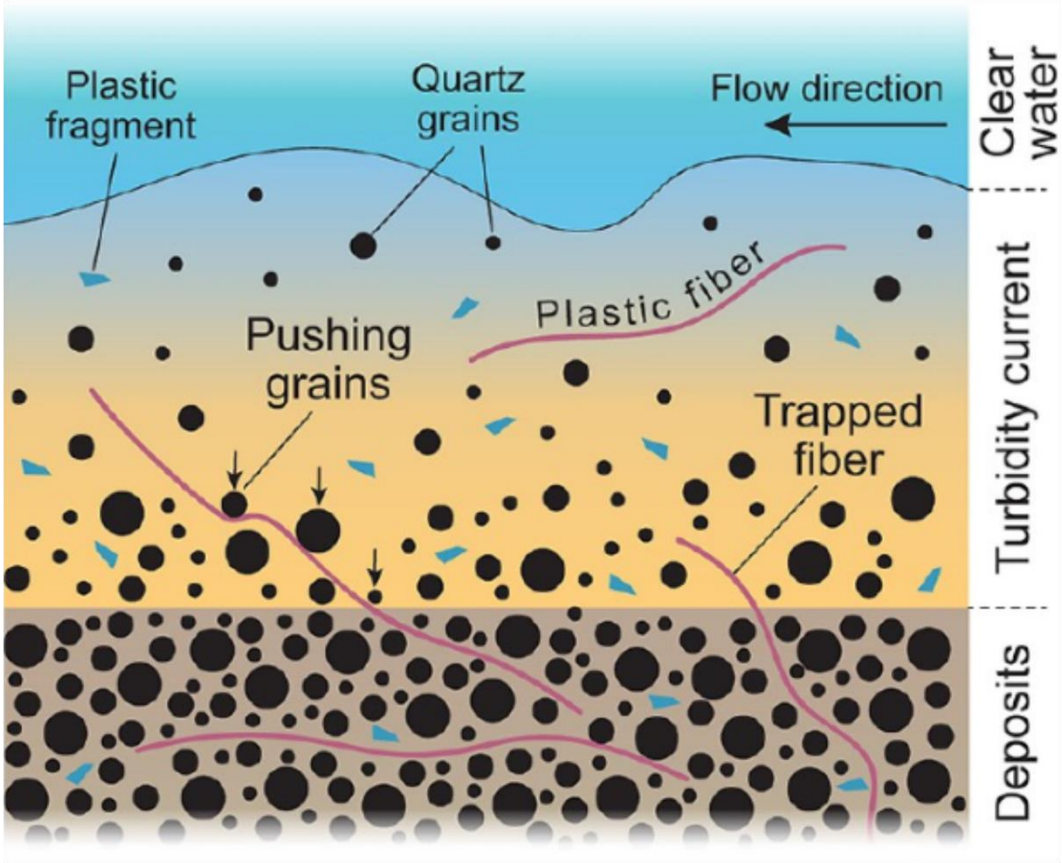
Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 3.
a, d *Fiber*; b, e *Fragmen*; c, f *Filamen*

mikroplastik tertahan dalam waktu yang lama setelah terdeposisi (Green & Coco, 2014). Diperlukan tingkat kedalaman yang lebih dalam pada kondisi seperti stasiun 3 untuk mendapatkan hasil yang sesuai seperti stasiun 1 dan 2 dengan struktur sedimen yang lebih padat. (Malli et al., 2022).

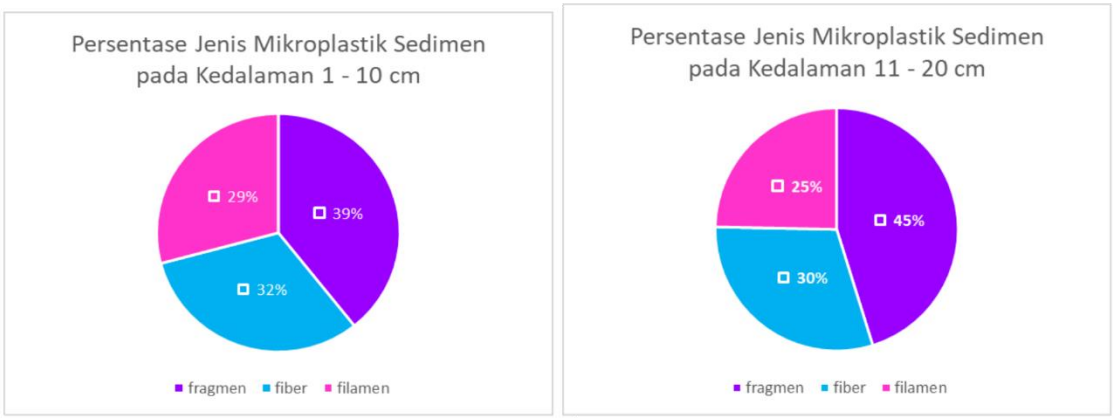
Hasil identifikasi mikroplastik pada sedimen di Kawasan Mangrove Gunung Anyar ditemukan tiga jenis partikel mikroplastik yaitu *filamen*, *fiber* dan *fragmen* (gambar 3). Mikroplastik jenis *filamen* memiliki ciri berbentuk lembaran tipis semi transparan yang berasal dari *fragmen*tasi kresek, tali rafia maupun bungkus makanan, *fiber* berbentuk seperti serat memanjang, tipe ini dapat berasal dari *fragmen*tasi jarring nelayan, serat pakaian, dan industri tekstil. Mikroplastik tipe *fragmen* memiliki ciri tebal dan keras dibanding tipe mikroplastik lainnya, *fragmen* dapat berasal dari *fragmen*tasi botol minuman botol sampo, dan berbagai kemasan rumah tangga lain. Penemuan tipe *fragmen* pada stasiun 1 dan 2 diduga berasal dari aktivitas pariwisata serta limpahan dari sungai Gunung Anyar, sedangkan pada stasiun 3 selain berasal dari aliran sungai juga berasal dari sampah plastik yang terbawa ke daratan akibat faktor hidro oseanografi berupa arus, pasang surut dan gelombang.

Berdasarkan strata kedalamannya (gambar 4), jenis mikroplastik yang mendominasi adalah *fragmen* dimana pada kedalaman 1-10 cm memiliki persentase 39% (256 partikel) dan disusul *fiber* dengan persentase 32% (206 partikel) dan teraknhir *filamen* dengan persentase 29% (190 partikel), sedangkan pada kedalaman 11-20 cm, jenis *fragmen* memiliki persentase 45% (315 partikel), persentase *fiber* 30% (210 partikel), dan persentase *filamen* 25% (172 partikel). Partikel mikroplastik jenis *fragmen* paling banyak ditemukan karena tipe ini memiliki ciri keras serta masa jenisnya tinggi sehingga paling mudah mengalami deposisi dan terendap di dalam sedimen. Lain halnya dengan mikroplastik jenis *fiber* dan *filamen* yang proses deposisinya dipengaruhi oleh bentuknya. Partikel *fiber* dan *filamen* yang terendap, terperangkap oleh partikel sedimen hasil deposisi setelahnya, partikel sedimen ini menutupi permukaan partikel *fiber* maupun *filamen* yang memiliki bentuk memanjang dan dan melebar (Pohl et al., 2020).



Sumber: Pohl et al. (2020)

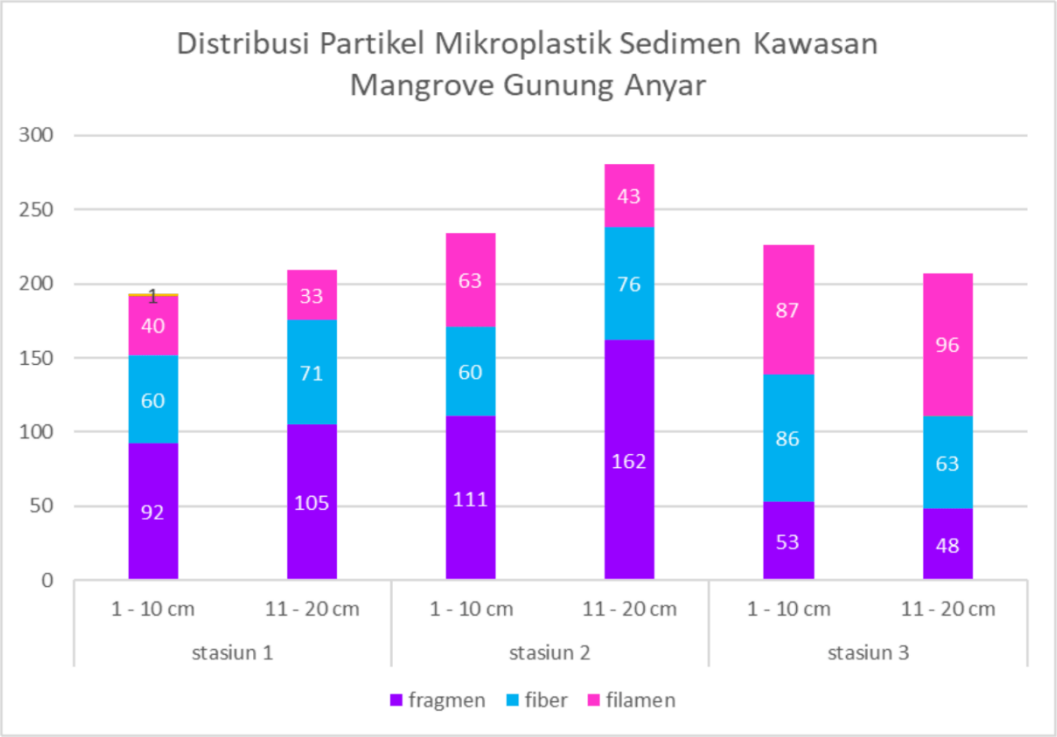
Gambar 4.
Distribusi Vertikal Mikroplastik Sedimen



Sumber, Data Primer Diolah (2024)

Gambar 5.
Persentase Jenis Mikroplastik kedalaman 1-10 cm dan 11-20 cm

Data komposisi jenis partikel mikroplastik berbeda apabila ditinjau dari lokasi stasiun pengambilan sampel sedimen (Gambar 5). Pada stasiun 1 dan 2 yang memiliki kondisi sedimen yang lebih padat didominasi oleh tipe *fragmen* dengan jumlah 197 partikel untuk stasiun 1 dan 273 partikel untuk stasiun 2 sedangkan pada stasiun 3 yang berada di muara dengan struktur sedimen berdensitas rendah didominasi oleh *filamen* dengan jumlah 183 partikel. Komposisi *fragmen* yang mendominasi stasiun 1 dan 2, dikarenakan tipe *fragmen*



Sumber: Data Primer Diolah, (2024)

Gambar 6
Distribusi Mikroplastik Sedimen Mangrove Gunung Anyar

memiliki masa jenis yang lebih besar dibanding tipe mikroplastik lainnya sehingga pada sedimen yang lebih padat lebih banyak ditemukan tipe *fragmen* sedangkan tipe *fiber* serta *filamen* lebih banyak ditemukan pada kolom dan permukaan air dikarenakan masa jenisnya lebih rendah dibanding tipe *fragmen* (Dai et al., 2018). Massa jenis mikroplastik menjelaskan mengenai seberapa cepat proses deposisi dan seberapa luas distribusinya, partikel mikroplastik dengan massa jenis yang lebih berat akan lebih cepat terdeposisi dan diikuti oleh partikel dengan massa jenis lebih ringan. Proses biofouling juga berpengaruh terhadap proses deposisi partikel mikroplastik. Partikel mikroplastik dapat berikatan dengan berbagai unsur nutrient di perairan yang memicu terbentuknya koloni mikroorganisme, mikroalga dan berbagai organisme lainnya yang disebut dengan biofilm. Massa jenis partikel mikroplastik yang membentuk biofilm akan lebih besar dibanding partikel mikroplastik yang masih bersih (Leiser et al., 2020).

Proses deposisi jenis *fragmen* cenderung lebih cepat dibanding jenis *filamen* dan *fiber*, hal ini lah yang menjelaskan mengapa pada stasiun 3 yang berlokasi di muara sungai memiliki komposisi jenis partikel mikroplastik dengan dominasi tipe *filamen* dan *fiber*. Kondisi stasiun 3 berupa daratan hasil proses sedimentasi yang dinamis akibat limpasan butir sedimen dari sungai serta pengaruh kondisi hidro oseanografi dari laut (Alomar et al., 2016). Sedimen yang terendam air membuat jenis partikel mikroplastik bertipe *filamen* dan *fiber* banyak ditemukan pada kedalaman 1-10 cm serta 11-20 cm.

Mikroplastik memiliki dampak pada pertumbuhan mangrove terutama pada bagian akar. Tanaman mangrove yang terpapar mikroplastik dapat menurunkan biomassa akar. Partikel mikroplastik memungkinkan berubah menjadi ukuran nano plastik yang cukup kecil untuk bisa diserap akar tanaman (Chai et al., 2023). Komposisi dan kandungan zat hara dalam tanah juga berubah akibat paparan mikroplastik

pada sedimen itu sendiri. Penyerapan unsur hara makro essensial seperti P, K dan Mn dapat terganggu sehingga konsentrasinya pada tanaman mangrove dapat berbeda dengan yang tidak terpapar partikel mikroplastik, unsur hara makro-essensial penting untuk proses pertumbuhan keberlangsungan hidup individu tanaman tersebut (Chen et al., 2022). Selain dari sifat kimia tanah, mikroplastik juga mempengaruhi sifat fisik tanah dengan mengurangi kerapatan tanah dan kemampuan menahan air. Kepadatan mikroplastik sendiri lebih rendah dibanding mineral tanah yang membuat kepadatan tanah berkurang diikuti peningkatan aerasi tanah yang berdampak pada kemampuan penetrasi akar ke dalam tanah (Abel et al., 2019). Mikroplastik dapat menyerap berbagai bahan kimia berbahaya yang bisa mengancam ekosistem sekitar seperti logam berat, PAHs, DDT, PCBs (Zheng et al., 2023). Kandungan PAHs (*polycyclic aromatic hydrocarbons*) memiliki dampak negatif pada pertumbuhan mangrove seperti menghambat proses fotosintesis dan nekrosis daun (Robin & Marchand, 2022).

Dampak negatif dari paparan mikroplastik bukan hanya dirasakan oleh tumbuhan mangrove saja melainkan juga organisme sekitarnya. Makroplastik terhadap keberadaan rantai makanan atau tingakatan trofik, mikroplastik dapat berpindah tempat melalui organisme tingkat trofik rendah kemudian keatasnya. Kelimpahan mikroplastik terbanyak ditemukan pada konsumen tingkat tinggi, hal ini dikarenakan mereka mengkonsumsi berbagai organisme yang berada pada level trofik dibawah mereka (Pohl et al., 2020). Belum adanya ketetapan baku mutu yang pasti mengenai jumlah mikroplastik di lingkungan membuat pengukuran mikroplastik cukup susah dilakukan, sehingga perlu segera di tetapkan baku mutunya guna mengontrol keberadaan mikroplastik di lingkungan terutama pada kawasan ekosistem mangrove. Keikutsertaan seluruh elemen masyarakat dalam menerapkan gaya hidup minim plastik sekali pakai juga harus terus digalakkan sebagai upaya mencegah semakin banyaknya partikel mikroplastik di lingkungan kedepannya.

SIMPULAN

Jenis mikroplastik yang ditemukan di Kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu *fragmen*, *fiber* dan *filamen*. Partikel mikroplastik tipe *fragmen* mendominasi pada kedua kedalaman baik pada kedalaman 1-10 cm maupun 11-20 cm. Kelimpahan partikel mikroplastik tertinggi di stasiun 2 pada kedalaman 20 cm sebesar 1.88 partikel/gram sedangkan kelimpahan terendah berada di stasiun 1 pada kedalaman 1-10 cm sebesar 1.28 partikel/gram. Keberadaan mikroplastik di Kawasan Mangrove Gunung Anyar dapat diakibatkan oleh aktivitas antropogenik serta limpasan sampah plastik dari daerah Surabaya dan sekitarnya melalui aliran sungai maupun dari laut. Perlu adanya Tindakan tegas dari pemerintah mengenai kontrol sampah plastik dan baku mutu mikroplastik serta kesadaran masyarakat akan gaya hidup minim plastik sekali pakai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada pihak ECOTON (*Ecological Observation And Wetland Conservation)* yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini. Ucapkan terimakasih juga disampaikan kepada Mahasiswa Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah turut membantu penelitian ini (sebutin, misal dalam pengambilan sampel, atau analisis atau apa.

DAFTAR PUSTAKA

Abel, A., Machado, D. S., Lau, C. W., Kloas, W., & Bergmann, J. (2019). Microplastics can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. *Environmental Science & Technology*, *53*, 6044−6052. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01339

Akdogan, Z., & Guven, B. (2019). Micro-

plastics in the Environment: A Critical Review of Current Understanding and Identification of Future Research Needs. *Environmental Pollution*, *254*, 113011. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113011

Alomar, C., Estarellas, F., & Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in Coastal Shallow Sediments, Spatial Variation and Preferential Grain Size. *Marine Environmental Research*, *115*, 1–10.https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.01.005

Burchard, H., Schuttelaars, H. M., & Ralston, D. K. (2018). Sediment Trapping in Estuaries. *Annual Review of Marine Science*, *10*, 371–395. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060535

Chai, M., Li, R., Li, B., Wu, H., & Yu, L. (2023). Responses of Mangrove (Kandelia obovata) Growth, Photosynthesis, and Rhizosphere Soil Properties to Microplastic Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, *189*(January), 114827. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114827

Chen, G., Li, Y., Liu, S., Junaid, M., & Wang, J. (2022). Effects of Micro(Nano)Plastics on Higher Plants and the Rhizosphere Environment. *Science of the Total Environment*, *807*, 150841. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150841

Dai, Z., Zhang, H., Zhou, Q., Tian, Y., Chen, T., Tu, C., Fu, C., & Luo, Y. (2018). Occurrence of Microplastics in the Water Column and Sediment in an Inland Sea Affected by Intensive Anthropogenic Activities. *Environmental Pollution*, *242*, 1557–1565.https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.131

Green, M. O., & Coco, G. (2014). Review of Wave-Driven Sediment Resuspension and Transport in Estuaries Reviews of Geophysics. *Eos, Transactions American Geophysical*, *52*, 77–117. https://doi.org/10.1002/2013RG000437.Received

Leiser, R., Wu, G. M., Neu, T. R., & Wendt-Potthoff, K. (2020). Biofouling, Metal Sorption and Aggregation are Related to Sinking of Microplastics in a Stratified Reservoir. *Water Research*, *176*,115748.https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115748

Li, T., Wang, Y., Jiao, M., Zhao, Z., Li, R., & Qin, C. (2023). Distinct Microplastics Abundance Variation in Root-Associated Sediments Revealed the Underestimation of Mangrove Microplastics Pollution. *Science of the Total Environment*, *899*(May), 165611. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165611

Magdalena, M., Ngai, M., Nauli, L., Toruan, L., Tallo, I., Hapitasari, L., & Kedonganan, P. P. I. (2024). Jenis dan Kelimpahan Mikroplastik pada Ikan Kakap Merah (Lutjanus malabaricus) di Perairan Teluk Kupang , Nusa Tenggara Timur Types and Abundance of Microplastics in Red Snapper (Lutjanus Malabaricus) in Kupang Bay Waters , East Nusa. *Habitus Aquatica*, *5*(February), 11–20.

Malli, A., Corella-Puertas, E., Hajjar, C., & Boulay, A. M. (2022). Transport Mechanisms and Fate of Microplastics in Estuarine Compartments: A review. *Marine Pollution Bulletin*, *177* (September 2021),113553.https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113553

Mohamed, C. A. R., Shahruddin, A. N., Pradit, S., Loh, P. S., Nitiratsuwan, T., Kobkeatthawin, T., Noppradit, P., Le, T. P. Q., Oeurng, C., Sok, T., Lee, C. W., Bong, C. W., Lu, X., Anshari, G. Z., Kandasamy, S., & Wang, J. (2023). Depth Profiles of Microplastic in Sediment Cores in the Mangrove Area of Kuala Gula Mangrove, Malaysia. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(6). https://doi.org/10.3390/jmse11061223

Ng, C. H., Mistoh, M. A., Teo, S. H., Galassi, A., Ibrahim, A., Sipaut, C. S., Foo, J., Seay, J., Taufiq-Yap, Y. H., & Janaun, J. (2023). Plastic Waste and Microplastic Issues in Southeast Asia. *Frontiers in Environmental Science*, *11*(April),1–15.https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1142071

Niu, L., Li, Y., Li, Y., Hu, Q., Wang, C., Hu, J., Zhang, W., Wang, L., Zhang, C., & Zhang, H. (2021). New Insights Into the Vertical Distribution and Microbial Degradation of Microplastics in Urban River Sediments. *Water Research*, *188*. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116449

Pohl, F., Eggenhuisen, J. T., Kane, I. A., & Clare, M. A. (2020). Transport and Burial of Microplastics in Deep-Marine Sediments by Turbidity Currents. *Environmental Science and Technology*, *54*(7), 4180–4189. https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07527

Pradiptaadi, B. P. A., & Fallahian, F. (2022). Analisis Kelimpahan Mikroplastik Pada Air dan Sedimen di Kawasan Hilir DAS Brantas. *Environmental Pollution Journal*, *2*(1), 344–352. https://doi.org/10.58954/epj.v2i1.39

Robin, S. L., & Marchand, C. (2022). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Mangrove Ecosystems: A Review. *Environmental Pollution*, *311*(8),119959.https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119959

Simamora, C. S. L., Warsidah, W., & Nurdiansyah, S. I. (2020). Identifikasi dan Kepadatan Mikroplastik pada Sedimen di Mempawah Mangrove Park (MMP) Kabupaten Mempawah, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, *2*(3), 96. https://doi.org/10.26418/lkuntan.v2i3.34828

Willis, K. A., Eriksen, R., Wilcox, C., & Hardesty, B. D. (2017). Microplastic Distribution at Different Sediment Depths in an Urban Estuary. *Frontiers in Marine Science*, *4*(DEC). https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00419

Yunanto, A., & Fitriah, N. (2021). Karakteristik Mikroplastik pada Ekosistem Pesisir di Kawasan Mangrove Perancak, Bali. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research,5*(2).https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.02.31

Zheng, X., Sun, R., Dai, Z., He, L., & Li, C. (2023). Distribution and Risk Assessment of Microplastics in Typical Ecosystems in the South China Sea. *Science of the Total Environment*, *883*(February), 163678. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163678