

Identifikasi Mikroplastik Menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) pada *Atyidae* di Kali Surabaya

Syariyfa Khansa Zulfaiz[✉] & Dian Aliviyanti
Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Plastik yang bermuara ke perairan seperti di Kali Surabaya pada akhirnya terpecah menjadi mikroplastik. Mikroplastik tersebut mencemari sungai dan dapat termakan oleh biota di dalamnya seperti *Atyidae*. *Atyidae* yang tercemar mikroplastik menempati rantai makanan tingkat trofik sehingga mempengaruhi tingkat atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis, kelimpahan dan polimer mikroplastik yang ditemukan pada *Atyidae*. Metode yang digunakan adalah purposive sampling untuk menentukan titik lokasi. Uji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan untuk mengetahui polimer penyusun mikroplastik. Semua sampel *Atyidae* positif mengandung mikroplastik dengan kelimpahan tertinggi berada di Desa Karangpilang. Jenis yang ditemukan yaitu fiber dan fragmen. Polimer penyusun hasil uji FTIR diduga berupa PIB (*Polyisobutylene*). Hasil ini menunjukkan adanya kontaminasi mikroplastik pada rantai makanan di sungai melalui proses fotodegradasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi. Maka dari itu diperlukan IPAL komunal untuk mengelola limbah domestik sebelum bermuara ke sungai.

Kata kunci: Mikroplastik, *Atyidae*, FTIR, Bioakumulasi, Biomagnifikasi

Identification of Microplastic Using FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) in *Atyidae* in Kali Surabaya

ABSTRACT

Plastic that empties into waters such as Kali Surabaya eventually breaks down into microplastics. Microplastics pollute the river and can be eaten by biota in it such as *Atyidae*. *Atyidae* polluted with microplastics occupy the trophic level food chain, thus affecting its upper level. This study aims to determine the type, abundance and polymer of microplastics found in *Atyidae*. The method used is purposive sampling to determine the location point. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) test was conducted to determine the polymers that make up microplastics. All *Atyidae* samples were positive for microplastics with the highest abundance in Karangpilang Village. The types found were fiber and fragments. The constituent polymer of the FTIR test results is suspected to be PIB (*Polyisobutylene*). These results indicate the presence of microplastic contamination in the river food chain through the processes of photodegradation, bioaccumulation, and biomagnification. Therefore a communal IPAL is needed to manage domestic waste before it flows into the river.

Keywords: Microplastic, *Atyidae*, FTIR, Bioaccumulation, Biomagnification

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan pencemar perairan yang meresahkan sebab air menjadi sumber kehidupan masyarakat. Sampah plastik telah banyak ditemukan mengalir bahkan menumpuk di sungai. Kali Surabaya merupakan anak sungai atau cabang dari Sungai Brantas yang

mengalir sepanjang 41 km (Yulfiah et al., 2019). DAM Mlirip Mojokerto merupakan hulu dari Kali Surabaya yang kemudian mengalir sampai hilir DAM Jagir Surabaya. Pemanfaatan air Kali Surabaya oleh masyarakat dan industri di sekitarnya tidak diimbangi dengan

[✉] Corresponding author
Address : Malang, Jawa Timur
Email : khansa22ilkel@gmail.com

kesadaran untuk menjaga sungai, banyak limbah rumah tangga maupun industri yang dibuang ke sungai dan mencemari Kali Surabaya. Aliran Kali Surabaya melewati empat wilayah yaitu Kota Mojokerto, Kabupaten Gresik, Kabupaten Sidoarjo, dan Kota Surabaya (Putri et al., 2023). Kanal Mangetan merupakan sungai yang mengalir 36,3 km di sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Dewiyanti et al., 2015). Kanal Mangetan dimanfaatkan oleh beberapa industri untuk suplai air dan juga membuang limbahnya. Aliran air sungai membawa sampah melalui kota-kota tersebut, baik sampah organik maupun anorganik terutama plastik. Masyarakat masih menganggap bahwa sungai merupakan tempat pembuangan sampah alami. Alhasil banyak plastik yang terbawa aliran dan terpecah menjadi partikel yang lebih kecil yang dapat termakan oleh biota di sungai.

Fragmen plastik yang terpecah dan berukuran <5 mm disebut sebagai mikroplastik (Safitri, 2023). Mikroplastik tersebut mencemari perairan dan termakan oleh biota di sungai, sehingga terjadi kontaminasi dalam rantai makanan. Ukuran mikroplastik yang kecil menyerupai plankton menjadikannya termakan oleh biota di tingkat konsumen primer seperti Crustacea. Atyidae, salah satu Famili udang tawar yang termasuk dalam Crustacea memiliki peluang untuk memakan mikroplastik yang mencemari sungai. Atyidae yang berperan sebagai konsumen primer pada rantai makanan di sungai mengakumulasi mikroplastik dalam tubuhnya, yang kemudian dimangsa oleh predator di atasnya. Predator yang memangsa Atyidae ataupun konsumen primer lainnya mengakibatkan terjadinya transfer mikroplastik pada rantai makanan di sungai (Tobing et al., 2020). Ikan dari sungai yang terkontaminasi mikroplastik kemudian dikonsumsi oleh manusia maka terjadi transfer melalui bioakumulasi dan biomagnifikasi yang membahayakan kesehatan manusia (Wang et al., 2016).

Plastik merupakan jenis sampah anorganik yang membutuhkan waktu ratusan tahun untuk terurai. Penggunaan plastik yang dimaksudkan untuk menyimpan produk dalam jangka waktu lebih lama, tidak diseimbangkan dengan kesadaran dan wawasan masyarakat terhadap pengelolaan dan bahayanya (Arwini, 2022). Plastik dibedakan menjadi dua, yaitu plastik termoset dan *thermoplastik*. Plastik termoset adalah plastik yang bersifat keras, *durable*, dan tidak dapat diolah menjadi bentuk asalnya, contohnya yaitu *polyester*. *Thermoplastik* adalah plastik yang umum digunakan dan bisa dipanaskan menjadi bentuk asalnya, jenis ini terdiri dari *Polyethylene (PE)*, *Polypropylene (PP)*, *Polyvinyl Chloride (PVC)* (Asrul, 2022).

Udang air tawar termasuk ke dalam Crustacea yang terbagi menjadi dua famili, salah satunya yaitu Atyidae. Atyidae adalah udang air tawar yang memiliki capit berukuran sama, kecil, dan pendek pada kaki pertama dan keduanya. Atyidae juga memiliki setae yang terletak di ujung chela (Rahayu & Annawaty, 2019). Atyidae dapat ditemukan di air tawar yang tergenang (lentik) maupun mengalir (lotik) (Setiawati & Annawaty, 2019). Udang air tawar ini memiliki habitat yang beragam, dapat ditemukan di akar tanaman, rerumputan, di bawah serasah daun dan juga terdapat di sela batu. Peran udang di ekosistem perairan ini sebagai detritus yang memakan bangkai dan mendaur ulang komponen organik. Ukuran udang yang relatif kecil menjadikannya sebagai makanan untuk biota lainnya yang lebih besar (Mangesa, 2016). Kali Surabaya yang telah tercemar limbah industri dan limbah domestik memungkinkan terdapat partikel mikroplastik di dalamnya yang termakan oleh biota seperti udang.

Pada tahun 2020 ditemukan adanya akumulasi mikroplastik jenis fiber, fragmen, filamen, dan granula pada udang air tawar di Kali Surabaya pada stasiun Desa Mlirip, Mojokerto, stasiun Desa Penambangan, Sidoarjo, dan stasiun Desa

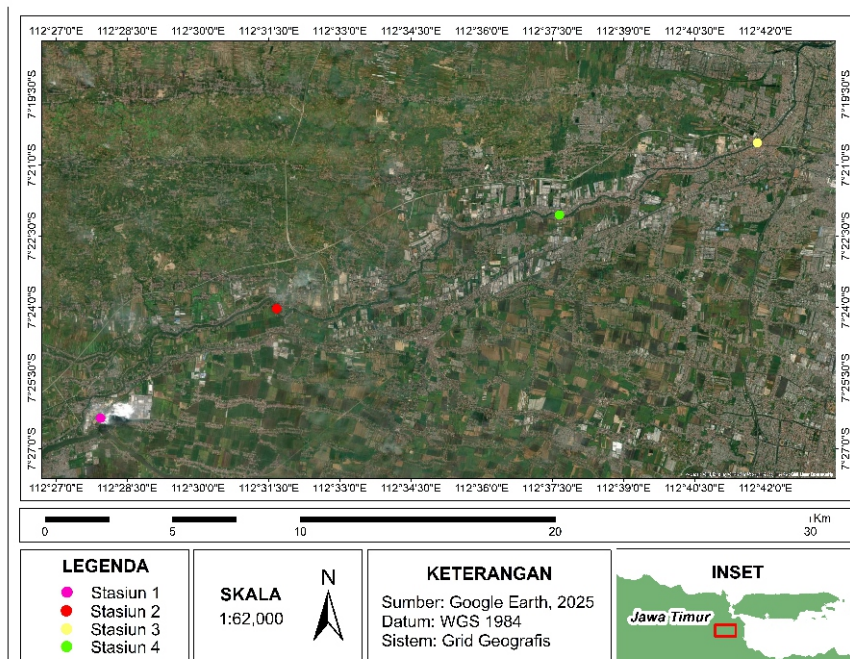
Bambe, Gresik dengan kelimpahan tertinggi berada pada stasiun Desa Penambangan, Sidoarjo (Aprilianti et al., 2021). Air di Kali Mas Surabaya teridentifikasi tercemar mikroplastik mulai dari hulu hingga hilir bahkan sampai muara dengan kelimpahan tertinggi berada di hilir sejumlah 3,98 partikel/L (Murtadho et al., 2023). Penelitian korelasi antara mikroplastik dengan kelimpahan makrozoobentos yang dilakukan di Sungai Siak, Pekanbaru menunjukkan adanya hubungan positif dengan nilai korelasi 0,751 yang masuk dalam kategori kuat (Ismi et al., 2019). Mikroplastik yang terakumulasi pada Ikan Nila di Sungai Porong, Sidoarjo menunjukkan kelimpahan tertinggi sejumlah 114 partikel/15 ekor dan kelimpahan terendah 34 partikel/15 ekor (Seftianingrum et al., 2023). Pada Sungai Brantas, ditemukan mikroplastik di saluran pencernaan dan insang sampel ikan yang telah diamati. Mikroplastik tersebut mencapai kelimpahan sebesar 25,22 partikel/ikan pada saluran pencernaan, dan 21,54 partikel/gr pada insang (Rofiq & Sari, 2022).

Udang yang menjadi sumber makanan bagi biota lainnya dapat menjadi

media transfer mikroplastik. Hal tersebut tentu berbahaya dan akhirnya menyerang kesehatan manusia yang memakan udang ataupun biota air lainnya yang telah terakumulasi mikroplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis, kelimpahan dan polimer mikroplastik yang terakumulasi pada Atyidae di Kali Surabaya.

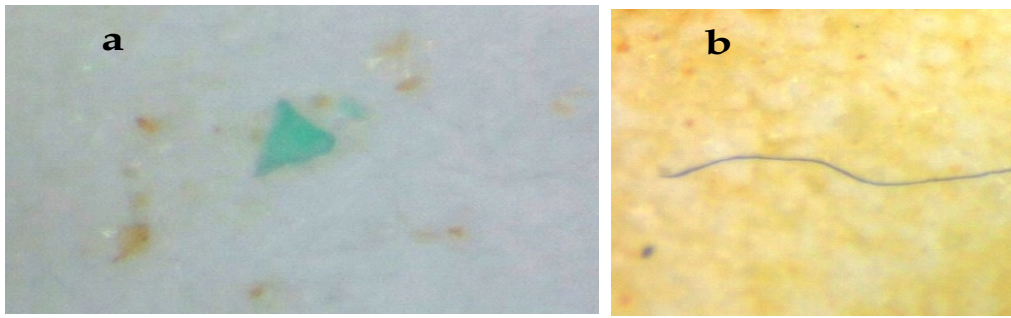
METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel penelitian dilakukan di Kanal Mangetan dan Kali Surabaya pada Bulan Maret 2025. Lokasi *sampling* berjumlah 4 stasiun, yaitu stasiun 1 bagian hulu terletak di Desa Wringinanom, stasiun 2 bagian tengah di Desa Cangkir, stasiun 3 bagian hilir di Desa Karangpilang yang mana ketiga stasiun tersebut mewakili Kali Surabaya, dan stasiun 4 berada di Kanal Mangetan yang aliran airnya akan menuju Desa Karangpilang. Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* di 4 stasiun. Pengambilan sampel Atyidae dilakukan dengan 3x pengulangan setiap stasiunnya menggunakan jaring serangga. Atyidae yang tertangkap jaring diletakkan di nampan, kemudian diberi air supaya Atyidae nampak di permukaan dan



Sumber: Data Primer Diolah, 2025

Gambar 1
Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)

Gambar 2

Jenis Mikroplastik Pada Atyidae di Kali Surabaya: a) Fragmen; b) Fiber

diambil menggunakan sendok putih, lalu disimpan ke dalam botol sampel kaca untuk dilakukan identifikasi di laboratorium.

Identifikasi sampel Atyidae dilakukan di laboratorium ECOTON, Gresik, Jawa Timur. Sampel Atyidae diukur beratnya dan dicatat setiap titiknya. Preparasi sampel Atyidae dilakukan dengan memberikan larutan H_2O_2 30% sebanyak 20 ml dan Fe_2SO_4 sebanyak 5 tetes untuk menghancurkan material organik. Sampel ditunggu 3x24 jam sampai hancur untuk kemudian dicampur NaCl guna memisahkan partikel organik dengan mikroplastik. Langkah selanjutnya sampel disentrifugasi selama 30 menit, kemudian difiltrasi pada kertas Whattman menggunakan *vacum filter*. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x untuk mengidentifikasi jenis mikroplastik berdasarkan bentuknya (fiber, fragmen, dan film). Kelimpahan mikroplastik dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A=N/M \quad (1)$$

Dimana A merupakan simbol kelimpahan mikroplastik, N digunakan untuk partikel mikroplastik, dan M untuk massa sampel (gram).

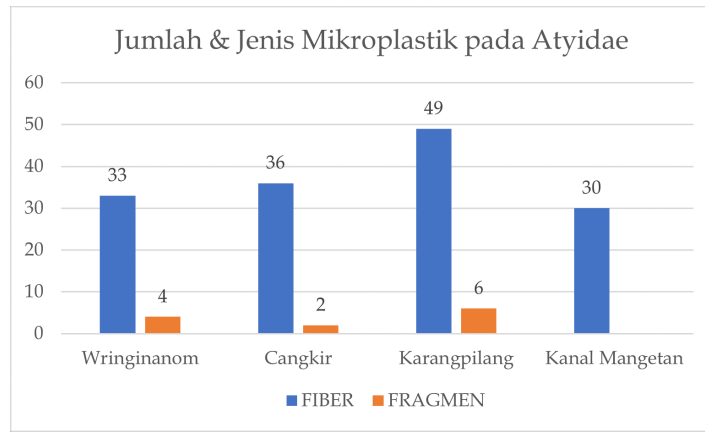
Hasil yang telah diidentifikasi dapat diolah ke dalam grafik dan diagram jenis dan kelimpahan mikroplastik. Penyajian data tersebut mempermudah dalam memahami informasi. Adapun pengolahan data dan pembuatan grafik menggunakan Microsoft Excel. Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) juga

dilakukan untuk mengetahui polimer penyusun mikroplastik. FTIR menggunakan infra merah yang dipancarkan pada sampel sehingga intensitas yang diserap akan terdeteksi dan disajikan dalam bentuk grafik transmitansi (Yumni et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Kali Surabaya dan aliran Kanal Mangetan ditemukan adanya kontaminasi mikroplastik yang terakumulasi pada Atyidae. Jenis mikroplastik yang didapatkan yaitu fiber dan fragmen yang ditunjukkan pada Gambar 2. Mikroplastik jenis fiber lebih banyak ditemukan daripada fragmen dikarenakan lokasi sungai pengambilan sampel berada di sekitar pemukiman warga. Fiber merupakan mikroplastik yang berbentuk serat, serat tersebut bersumber dari pakaian, jaring, tali rafia, dan karung plastik (Aulia et al., 2023). Adanya aktivitas domestik seperti mencuci pakaian, dapat menyebabkan serat tersebut terbawa ke aliran sungai dan masuk ke dalam pencernaan Atyidae.

Mikroplastik jenis fragmen berasal dari pecahan plastik menjadi bentuk yang tidak beraturan seperti serpihan atau kristal dengan struktur yang halus dan kasar. Fragmen yang terkonsumsi oleh biota akan menghambat makanan untuk masuk ke dalam saluran pencernaannya (Nisa et al., 2024). Fragmen memiliki struktur yang lebih kuat karena berasal dari patahan plastik yang tebal seperti dari botol kemasan plastik.



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)

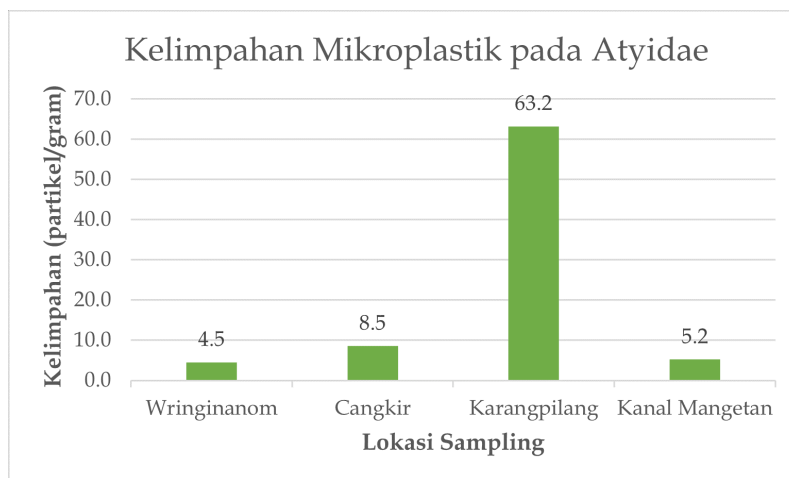
Gambar 3
Grafik Jumlah Jenis Mikroplastik

Berdasarkan Gambar 3 total fiber yang didapatkan sejumlah 148 partikel dan fragmen sejumlah 10 partikel. Kanal Mangetan memiliki jumlah partikel paling sedikit yaitu 30 partikel fiber. Pada Kali Surabaya jumlah partikel mikroplastik semakin banyak menuju hilir. Pada area hulu, Desa Wringinanom ditemukan 33 partikel fiber dan 4 fragmen, semakin bertambah banyak menjadi 36 fiber dan 2 fragmen di area tengah yang terletak di Desa Cangkir. Desa Karangpilang yang merupakan area hulu menjadi puncak tertinggi jumlah mikroplastik ditemukan, yaitu 49 fiber dan 6 fragmen yang terakumulasi pada Atyidae.

Stasiun 1 di Desa Wringinanom memiliki kelimpahan terendah yaitu 4,5 partikel/gram. stasiun 4 di Kanal

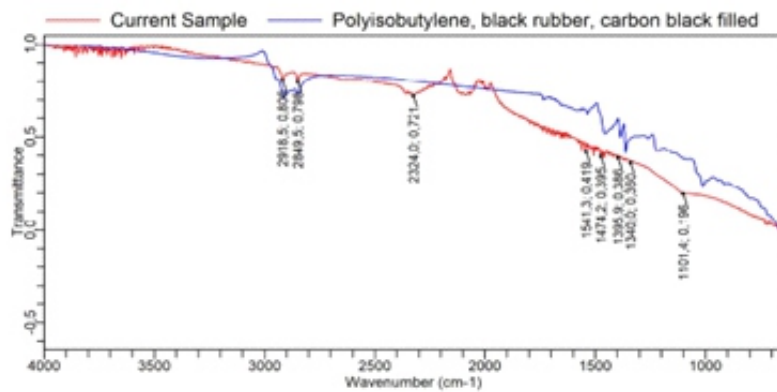
Mangetan sejumlah 5,2 partikel/gram, dan stasiun 2 di Desa Cangkir sejumlah 8,5 partikel/gram. Kelimpahan tersebut lebih rendah dari stasiun 3, karena kondisi lokasi masih terdapat vegetasi, dan tidak dipenuhi pemukiman pada bantaran dan sempadan sungainya.

Penelitian ini berbanding lurus dengan penelitian mikroplastik pada Atyidae di Kali Surabaya sebelumnya yang dimulai dari Driyorejo, Bambe dan Karangpilang yang menunjukkan kelimpahannya semakin tinggi dengan jumlah tertinggi sebanyak 1805 partikel/m³ di Karangpilang (Putri et al., 2023). Pencemaran yang meningkat di hilir diakibatkan oleh limbah yang mengalir dari hulu dan kemudian terakumulasi di (Machairiyah et al., 2020). Selain itu



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)

Gambar 4
Grafik Kelimpahan Mikroplastik



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)

Gambar 5
Grafik Hasil Uji FTIR

padatnya penduduk di bantaran sungai Desa Karangpilang dengan aktivitas domestiknya seperti mencuci pakaian menambah tingginya pencemaran mikroplastik fiber. Padatnya pemukiman tersebut membutuhkan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) komunal untuk mengelola limbah domestik sebelum dibuang ke sungai (Kurnianingtyas et al., 2020).

Berdasarkan hasil uji FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) pada Gambar 5 didapatkan gelombang 2918,5–2894,5 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi C-H. Gugus C-H tersebut memiliki intensitas 0,806 yang menunjukkan rantai polimer jenuh seperti *polyisobutylene* (PIB). Pada penelitian (Farak et al., 2019) ditemukan polimer *polyisobutylene* (PIB) dengan gelombang 2951–2889 cm^{-1} . Hasil ini diperkuat dengan gelombang pada range ke-3 yaitu 1340 cm^{-1} yang menandakan gugus $-\text{CH}_3$ dengan jumlah gugus metil yang cukup. Karakteristik polimer *polyisobutylene* ditemukan pada gelombang 1366 dan 1388 cm^{-1} (Anifowoshe et al., 2024).

Polyisobutylene (PIB) merupakan polimer plastik yang bersifat elastis dan banyak digunakan industri. PIB biasa digunakan untuk bahan baku ban, perekat, alat farmasi, bahkan dalam permen karet (Anifowoshe et al., 2024). Berdasarkan FDA (*Food and Drug Administration*) Amerika, PIB telah terkonfirmasi aman dikonsumsi sebagai

bahan baku permen karet dengan kadar maksimal 2% dari berat total permen karet. PIB meskipun dikonfirmasi aman oleh FDA, namun jika kadarnya berlebih akan berbahaya. PIB yang mencemari perairan tersebut menyerap polutan yang membahayakan pencernaan biota.

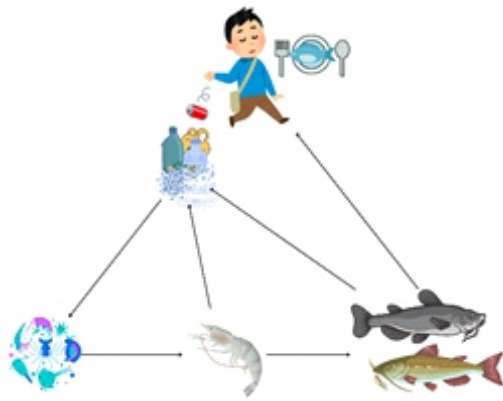


Sumber: Data Primer Diolah, (2025)

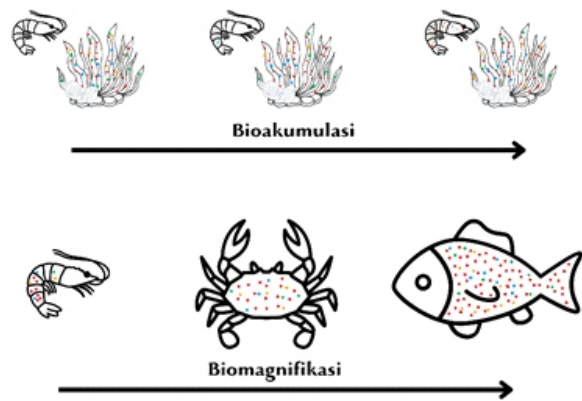
Gambar 6
Morfologi Udang

Udang famili Atyidae menempati tingkat trofik yang menjadi kunci penting rantai makanan di ekosistem sungai. Atyidae bertahan hidup dengan memakan bangkai di perairan dan juga plankton. Ukuran mikroplastik yang serupa dengan plankton memungkinkannya untuk termakan oleh Atyidae. Udang menjadi mangsa bagi predator yang lebih besar di perairan, seperti ikan (Rahmi et al., 2016). Tercemarnya Atyidae oleh mikroplastik mempengaruhi rantai makanan di atasnya.

Mikroplastik tersebut terbentuk dari degradasi plastik besar akibat paparan sinar UV matahari yang kemudian disebut proses fotodegradasi (Barus et al., 2024). Ukurannya yang sangat kecil dan hanyut di perairan sangat



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)
Gambar 7
Rantai Makanan Terkontaminasi Mikroplastik



Sumber: Data Primer Diolah, (2025)
Gambar 8
Proses Bioakumulasi dan Biomagnifikasi

memungkinkan mikroplastik untuk termakan oleh biota di perairan tersebut. Kontaminasi mikroplastik pada rantai makanan terjadi dengan proses bioakumulasi dan perpindahan atau transfer dari mangsa kepada predatornya (Yusuf & Effendi, 2024). Bioakumulasi merupakan proses mengendapnya zat polutan mikroplastik pada tubuh biota yang mengonsumsinya. Rantai makanan akan terus berjalan dari Atyidae kemudian dimangsa predator di atasnya sehingga menyebabkan adanya biomagnifikasi. Biomagnifikasi merupakan peningkatan jumlah polutan mikroplastik pada tubuh organisme (Ariyunita et al., 2022). Transfer mikroplastik terus terjadi hingga ke ikan di sungai yang akhirnya dikonsumsi manusia dan menyerang kesehatan manusia.

SIMPULAN

Penelitian mikroplastik yang telah dilakukan pada Atyidae di Kali Surabaya mendapatkan hasil semua sampel positif mengandung mikroplastik. Jenis mikroplastik yang ditemukan adalah fiber dan fragmen dengan jumlah fiber yang lebih banyak. Kelimpahan mikroplastik menunjukkan semakin meningkat dari hulu ke hilir. Kelimpahan tertinggi berada di stasiun 4 Desa Karangpilang. Hal tersebut disebabkan oleh akumulasi mikroplastik yang terbawa dari hulu.

Kondisi bantaran sungai Desa Karangpilang yang telah dipadati rumah warga menjadi faktor lain tingginya kelimpahan mikroplastik di lokasi tersebut. Hasil uji FTIR mikroplastik ditemukan dugaan polimer penyusunnya adalah PIB (*polyisobutylene*) yang bersifat elastis dan biasa digunakan sebagai bahan baku ban maupun permen karet. PIB yang telah hanyut di perairan menjadi mikroplastik akan menyerap polutan yang membahayakan ketika masuk dalam rantai makanan. Udang yang menempati rantai makanan trofik terkontaminasi mikroplastik yang memungkinkan adanya transfer dan biomagnifikasi pada konsumen atau predator yang memangsanya. Maka dari itu diperlukan penataan ulang serta penegakan hukum terkait penggunaan lahan bantaran sungai di sepanjang Kali Surabaya. IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) komunal juga perlu dibangun untuk mengelola limbah domestik sebelum bermuara ke sungai.

DAFTAR PUSTAKA

Anifowoshe, A. T., Mukherjee, A., Ajisafe, V. A., Raichur, A. M., & Nongthomba, U. (2024). Synthesis and characterization of micro-sized polyisobutylene and evaluation of its toxicological effects on the development and homeostasis of zebrafish (*Danio rerio*). *Scientific*

- Reports*, 14(1), 20300. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70757-0>
- Aprilianti, R., Rahmawati, K., Rahmatullah, M. A., Akbar, I. F., Muzammil, M. I., & Alfin Pamungkas, A. (2021). Studi awal identifikasi mikroplastik pada udang segmen hulu dan tengah kali surabaya. *Environmental Pollution Journal*, 1(1), 1-14. <https://doi.org/10.58954/epj.v1i1.2>
- Ariyunita, S., Subchan, W., Alfath, A., Wardatun Nabilla, N., & Nafar, S. A. (2022). Analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan gastropoda di sungai bedadung segmen kecamatan kaliwates kabupaten jember. *Jurnal Biosense*, 5(2), 47-51. <https://doi.org/10.36526/biosense.v5i2.2267>
- Arwini, N. P. D. (2022). Sampah plastik dan upaya pengurangan timbulan sampah plastik. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(1), 72-82. <https://doi.org/10.47532/jiv.v5i1.412>
- Asrul, N. A. M. A. (2022). *Fundamental Mikroplastik*. CV Jejak.
- Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature review: Dampak mikroplastik terhadap lingkungan pesisir, biota laut dan potensi risiko kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 328-341. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>
- Barus, B. S., Fauziyah, & Surbakti, H. (2024). *Mikroplastik dalam Konteks Sebaran dan Interaksinya dengan Logam Berat di Lingkungan*. Bening Media.
- Dewiyanti, G. A. D., Irawan, B., & Moehammadi, N. (2015). *Kepadatan dan keanekaragaman plankton di perairan mangetan kanal kabupaten sidoarjo provinsi jawa timur dari daerah hulu, daerah tengah dan daerah hilir bulan maret 2014*. 3(1).
- Frag, R., Goma, H., Helal, H., & Mostafa, S. (2019). Comparative analytical study of polyisobutylene succinic anhydride-modified triethanolamine emulsifier. *Al-Azhar Bulletin of Science*, 30(1), 21-35. <https://doi.org/10.21608/absb.2019.67888>
- Ismi, H., Amalia, A. R., Sari, N., Gesriantuti, N., & Badrun, Y. (2019). Dampak mikroplastik terhadap makrozoobentos; suatu ancaman bagi biota di sungai siak, pekanbaru. *Prosiding SainsTeKes*, 1, 92-104. <https://doi.org/10.37859/sainstekes.v1i0.1600>
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Kajian kinerja sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 62-70. <https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1372>
- Machairiyah, M., Nasution, Z., & Slamet, B. (2020). Pengaruh pemanfaatan lahan terhadap kualitas air sungai percut dengan metode indeks pencemaran (IP). *Limnotek : Perairan Darat Tropis Di Indonesia*, 27(1), 13-25. <https://doi.org/10.14203/limnotek.v27i1.320>
- Mangesa, H. E. (2016). Inventarisasi udang air tawar di sungai toranda, palolo, sigi, sulawesi tengah, Indonesia inventory of the freshwater shrimp in toranda stream, palolo, sigi, central sulawesi, Indonesia. *Online Journal of Natural Science*, 5(3), 288-295. <http://dx.doi.org/10.22487/25411969.2016.v5.i3.7212>
- Murtadho, M. F., Aliyansyah, G., Wienardy, A. E., & Ramadhani, R. A. (2023). Identifikasi kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air kali mas, kota surabaya. *Environmental Pollution Journal*, 2(2), 436-444. <https://doi.org/10.58954/epj.v2i2.86>
- Nisa, N. K., Syarifuddin, & Herbert Sipahutar. (2024). *Mikroplastik Pada Ikan Laut Di Pasar Tradisional Medan*. PT. Adab Indonesia Grup.

- Putri, A. S., Nurhalimah, L., & Firda Azzahra, M. (2023). Identifikasi karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada sampel air kali surabaya. *Environmental Pollution Journal*, 2(2), 426-435. <https://doi.org/10.58954/epj.v2i2.85>
- Rahayu, P., & Annawaty, A. (2019). Komposisi jenis udang air tawar di sungai batambean, pulau labobo, banggai laut, sulawesi tengah, indonesia: Composition of freshwater shrimps in batambean stream, labobo island, banggai laut, central sulawesi, indonesia. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(2), 120-126. <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i2.13540>
- Rahmi, R., Annawaty, A., & Fahri, F. (2016). Keanekaragaman jenis udang air tawar di sungai tinombo kecamatan tinombo kabupaten parigi moutong provinsi sulawesi tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 5(2), 199-208. <https://doi.org/10.22487/25411969.2016.v5.i2.6707>
- Rofiq, A. A. R., & Sari, I. K. S. (2022). Analisis Mikroplastik Pada Saluran Pencernaan dan Insang Ikan di Brantas, Jawa Timur. *Environmental Pollution Journal*, 2(1). <https://doi.org/10.58954/epj.v2i1.38>
- Safitri, T. A. N. (2023). Identifikasi jenis dan kelimpahan mikroplastik pada perairan di sulawesi tengah. *Environmental Pollution Journal*, 3(1), 553-559. <https://doi.org/10.58954/epj.v3i1.105>
- Seftianingrum, B., Hidayati, I., & Zummah, A. (2023). Identifikasi mikroplastik pada air, sedimen, dan ikan nila (*oreochromis niloticus*) di sungai porong, kabupaten sidoarjo, jawa timur. *Jurnal Jeumpa*, 10(1), 68-82. <https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.7408>
- Setiawati, N. L., & Annawaty, A. (2019). Distribusi dan preferensi habitat udang air tawar *caridina ensifera schenkel*, 1902 pada dua inlet danau poso, sulawesi tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(2), 87-93. <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i2.13531>
- Tobing, S. J. B. L., Hendrawan, I. G., & Faiqoh, E. (2020). Karakteristik mikroplastik pada ikan laut konsumsi yang didaratkan di bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 3(2), 102-107. <https://doi.org/10.24843/JMRT.2020.v03.i02.p07>
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.10.014>
- Yulfiah, Y., Suzantho, F., & Kusuma, M. N. (2019). Agihan kualitas air kali surabaya berdasarkan perbedaan penggunaan lahan. *Jurnal Serambi Engineering*, 4(1), 426-431. <https://doi.org/10.32672/jse.v4i1.975>
- Yumni, Z., Yunita, D., & Sulaiman, M. I. (2020). Identifikasi cemaran mikroplastik pada ikan tongkol (*Euthynnus affinis* C.) dan dencis (*Sardinella lemuru*) di TPI lampulo, banda aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(1), 316-320. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v5i1.13808>
- Yusuf, Muh. A., & Effendi, I. (2024). Evaluasi dampak pencemaran mikroplastik pada sistem budidaya perikanan: Strategi pengelolaan berkelanjutan. *e-Journal Budidaya Perairan*, 12(2), 92-101. <https://doi.org/10.35800/bdp.v12i2.59436>