

Identifikasi Mikroplastik pada *Gastropoda* dan Udang di Sungai Brantas

✉ Shinta Nur Fitria, Vita Anggraeni, Indah Wahyuni Abida, Abdus Salam Junaedi
Universitas Trunojoyo Madura, Indonesia

ABSTRAK

Mikroplastik memiliki ukuran yang kecil <5 mm sehingga mikroplastik dapat mengontaminasi biota yang ada pada perairan. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi mikroplastik pada udang dan gastropoda Sungai Brantas. Metode dalam penelitian ini memiliki beberapa tahap yaitu sampling, preparasi sampel, identifikasi sampel dan analisa data. Pengambilan sampel diambil sebanyak 7 stasiun. Hasil yang diperoleh dalam penelitian yaitu ditemukan sebanyak 0,6-5,8 partikel/ekor pada udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) dan sebanyak 1,8-26 partikel/ekor pada gastropoda (*Theodoxus sp*, *Oncomelania sp*, *Filopaludina javanica*, *Pomacea canaliculata*). Persentase bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah fiber, bentuk lain yang ditemukan adalah film dan fragmen. Sebaiknya perlu adanya IPAL Komunal agar limbah yang dibuang bisa diolah terlebih dahulu dan tentunya perlu peran masyarakat dalam pengurangan penggunaan sampah plastik sekali pakai yang menjadi salah satu pemicu adanya pencemaran mikroplastik.

Kata kunci: Mikroplastik, Udang, Gastropoda, Brantas.

Identification of Microplastiks in Gastropods and Shrimp in the Brantas River

ABSTRACT

Microplastiks have a small size of <5 mm so that they can contaminate the biota in the waters. This study was conducted to identify microplastiks in the Brantas River shrimp and gastropods. The method in this study has several stages, namely sampling, sample preparation, sample identification and data analysis. Sampling was taken as many as 7 stations. The results obtained in the study were found as many as 0.6-5.8 particles/head in giant prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) and as many as 1.8-26 particles/head in gastropods (*Theodoxus sp*, *Oncomelania sp*, *Filopaludina javanica*, *Pomacea canaliculata*). The highest percentage of microplastiks found was fiber, other forms found were films and fragments. There is a need for a communal IPAL so that the waste that is disposed of can be processed first and of course the role of the community in reducing the use of single-use plastic waste is one of the triggers for microplastic pollution.

Keywords: Microplastiks, Shrimp, Gastropods, Brantas.

PENDAHULUAN

Sungai adalah salah satu ekosistem yang memunculkan interaksi antar biota di dalamnya dengan kondisi baik buruknya suatu perairan. Keanekaragaman dan struktur komunitas sangat dipengaruhi oleh baik maupun buruknya kualitas perairan. Kualitas perairan sungai akan sangat dipengaruhi oleh bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalamnya.

Masuknya bahan pencemar seperti limbah aktivitas industri, pertanian, perikanan dan pemukiman di sepanjang aliran sungai akan memberikan dampak bagi peningkatan bahan pencemar pada suatu perairan. Bahan pencemar yang menjadi ancaman paling banyak didominasi oleh sampah plastik.

Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH), penduduk

✉ Corresponding author :

Address : Jl. Raya Telang Kamal Bangkalan Madura
Email : shintazaenuri@gmail.com

Indonesia dapat menghasilkan 0,8 kg sampah per orang dalam satu hari (Purnomo & Setiawan, 2019). Dari data tersebut 15% merupakan sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik per hari (Arico & Jayanthi, 2018). Plastik memiliki bahan yang tidak mahal, ringan, dan anti karat (Thompson et al., 2009). Sifat plastik yang sulit terurai menjadikan plastik sebagai penyumbang limbah terbesar yang menyebabkan kerusakan lingkungan (Asia & Zainul, 2017). Salah satu pendorong utama pencemaran plastik adalah seringnya penggunaan plastik sekali pakai sehingga pencemaran plastik mengalami peningkatan secara terus-menerus dalam pembuangan sampah plastik ke lingkungan terutama pada lingkungan perairan dikarenakan peningkatan populasi manusia (Thompson dkk., 2013).

Mikroplastik merupakan remahan-remahan kecil yang berukuran <5 mm. Mikroplastik terbagi menjadi dua yaitu mikroplastik primer merupakan partikel yang sejak awal berukuran kecil, mikroplastik primer ada dalam bentuk *microbeads* yang ada pada *personal care* seperti pembersih wajah dan pasta gigi (Napper dkk., 2015). Serat mikro dari limbah cuci baju juga merupakan mikroplastik primer (Kalčíková dkk., 2017). Sedangkan mikroplastik sekunder merupakan mikroplastik yang melalui proses degradasi dan fragmentasi dari makroplastik (Andrady, 2011). Fragmentasi terjadi melalui proses fotodegradasi, biodegradasi oleh mikroorganisme. Apabila kepadatan sampah plastik rendah, maka sampah plastik tersebut akan mudah terdegradasi. Plastik dengan kepadatan rendah dapat mengakibatkan plastik terapung dan terpapar langsung ke UV dan udara (Teuten dkk., 2009). Distribusi dan kelimpahan mikroplastik ditentukan oleh faktor lingkungan seperti arus, pasang surut, angin, dan hidrodinamika sungai (Shahul Hamid dkk., 2018), dan faktor antropogenik seperti kepadatan penduduk (Kataoka dkk., 2019).

Mikroplastik memiliki sifat hidrofob

yang artinya dapat mengikat senyawa kimia seperti logam berat (tembaga dan seng) (Brennecke dkk., 2016). Selain itu plastik mengandung senyawa polimer seperti (PP, PET, PVC dll) dan mengandung zat aditif yang berbahaya seperti (Dioksin, BPA, Alkylphenol). Mikroplastik memiliki ukuran yang kecil sehingga mikroplastik dapat mengontaminasi biota yang ada pada perairan. Apabila mikroplastik tertelan oleh biota maka akan menyebabkan gangguan dalam reproduksi, penyumbatan saluran pencernaan dan pertumbuhan biota tersebut. Dampak lain yang dapat ditimbulkan dari mikroplastik yaitu menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormone steroid, dan dapat menyebabkan besarnya sifat toksik pada paparan aditif plastik (Wright dkk., 2013). Kandungan kimia pada plastik akan ikut terserap juga dalam tubuh biota perairan, sehingga jika dikonsumsi oleh manusia akan terjadi transfer toksik (Tuhumury, 2020).

Biota yang terkena kontaminasi mikroplastik salah satunya adalah udang dan golongan gastropoda. Udang merupakan biota *filter feeder* yang menyaring makanan (Nimrat dkk., 2011), sedangkan gastropoda merupakan biota *deposit feeder* yang mencari makan dengan menyedot. Udang dan Gastropoda akan memakan apa saja yang datang sehingga biota tersebut tidak dapat membedakan makanannya dengan mikroplastik, sehingga membuat biota tersebut rentan terhadap resiko tinggi menelan mikroplastik dan menumpuk di usus biota tersebut (Gutow dkk., 2016).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencernaan udang dan gastropoda mengandung mikroplastik. Menurut (Patria dkk., 2020) pada penelitiannya menemukan sebanyak 41-116 partikel/gram pada siput *Littoriascabra*. Mikroplastik juga ditemukan pada udang *Littopenaeus vannamei* di Malaysia sebanyak 0,275-205 partikel/gram (Curren dkk., 2020). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelimpahan dan bentuk mikroplastik pada udang dan gastropoda Sungai Brantas.

METODE PENELITIAN

Sampling

Sampling mikroplastik dilakukan pada bulan April 2021. Pengambilan sampel di Sungai Brantas pada bagian hilir sungai Brantas yang dibagi lagi menjadi segmen hulu, tengah, dan hilir meliputi kota Jombang, Mojokerto, Gresik, dan Surabaya. Terdapat 7 titik pengambilan sampel yaitu Jatigedong, Gedek, Pening, Bambe, Karang Pilang, Gunung Sari, Wonorejo atau bisa dilihat pada Gambar 1. Pengambilan sampel udang dan gastropoda menggunakan teknik kicking dan jabbing selama 1 menit sepanjang 5 meter. Setelah sampel terjaring sampel dituang di nampan atau ayakan guna untuk memisahkan sampel dan batu kerikil yang ikut terjaring. Setelah sampel terkumpul langsung dimasukkan dalam botol sampel lalu disimpan dalam cool box untuk dilakukan pengujian di laboratorium.

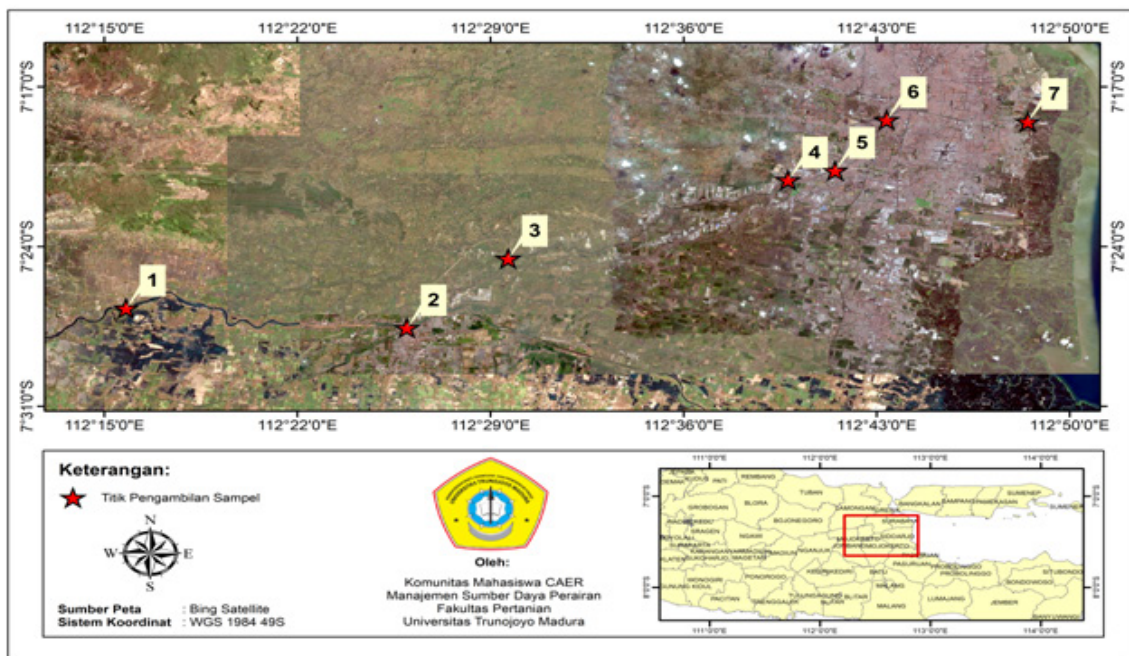
Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan melalui beberapa tahap yaitu sampel udang dan gastropoda diukur panjang dan

berat, kemudian sampel dihaluskan dengan cara menghancurkan cangkang untuk sampel gastropoda lalu diambil saluran pencernaannya, untuk sampel udang langsung diambil bagian saluran pencernaan pengecualian untuk udang yang berukuran kecil bisa langsung dihaluskan dengan tubuhnya sekaligus, kemudian pemberian larutan H_2SO_4 dan H_2O_2 3:1 lalu sampel diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya sampel di steambath selama 2 jam dengan api kecil kemudian didinginkan lalu sampel dicuci dengan aquades dan disaring dengan kertas saring whattman.

Identifikasi Mikroplastik

Identifikasi mikroplastik dilakukan di laboratorium ECOTON. Hasil saringan sampel ditampung pada cawan petri yang dialasi dengan milimeter blok, dan diamati menggunakan mikroskop stereo *digital ways* dilengkapi dengan kamera *sanqtid* perbesaran 40 kali. Partikel mikroplastik yang diamati dikelompokkan menjadi bentuk fiber, film, fragmen, filamen dan lain-lain.



Sumber: Data Primer Diolah, 2021

Gambar 1
Peta Lokasi Penelitian

Analisa Data

Data bentuk dan kelimpahan mikroplastik yang diperoleh dihitung dengan membagikan jumlah mikroplastik yang diperoleh dengan jumlah sampel yang digunakan. Kelimpahan dan bentuk mikroplastik yang ditemukan disajikan dalam bentuk grafik. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan Software Ms. Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengambilan sampel udang dan gastropoda disajikan pada **Gambar 1**. Yang mana menemukan empat spesies gastropoda (*Filopaludina javanica*, *Pomacea canaliculata*, *Oncomelania sp*, *Theodoxus sp*), dan sampel udang ditemukan satu spesies yaitu (*Macrobrachium rosenbergii*).

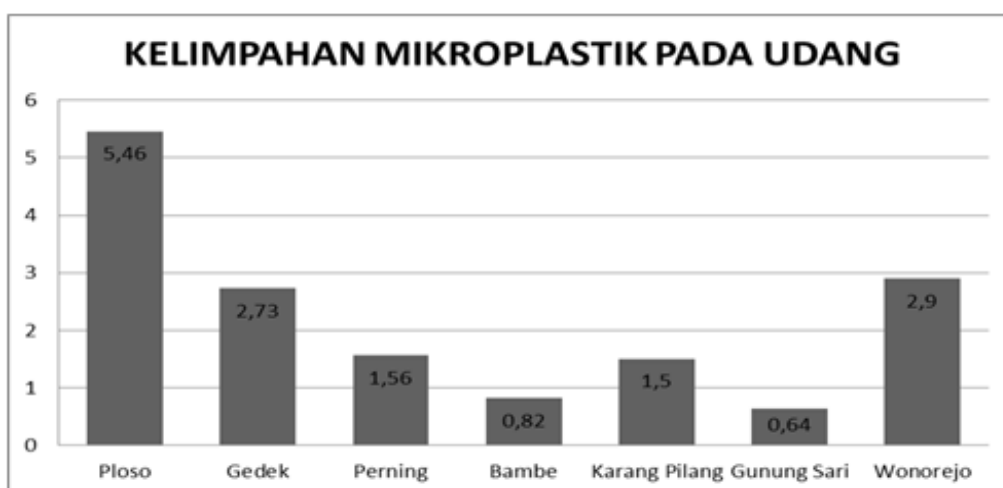
Udang

Berdasarkan identifikasi ditemukan bahwa 80 ekor sampel udang positif mikroplastik yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Kelimpahan mikroplastik pada stasiun 1 ditemukan sebanyak 5,8 partikel/ekor, stasiun 2 sebanyak 3 partikel/ekor, stasiun 3 sebanyak 1,53 partikel/ekor, stasiun 4 sebanyak 0,82 partikel/ekor, stasiun 5 ditemukan sebanyak 1,5 partikel/ekor, stasiun 6 sebanyak 0,6 partikel/ekor dan stasiun 7 ditemukan sebanyak 3,2 partikel/ekor. Kelimpahan mikroplastik

yang paling tinggi pada stasiun Ploso, Jombang (stasiun 1) sebanyak 5,8 partikel/ekor, sedangkan kelimpahan mikroplastik yang paling rendah pada stasiun Gunung Sari, Surabaya (stasiun 6) sebanyak 0,64 partikel/ekor. Presentase bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan adalah mikroplastik bentuk fiber dengan nilai presentase yaitu 95% dikarenakan mikroplastik ini pada umumnya memiliki daya apung yang negatif sehingga membuatnya tenggelam ke dasar sedimen. Hal ini memungkinkan udang secara tidak sengaja mengkonsumsi mikroplastik. Bentuk mikroplastik fragmen 4%, dan bentuk film 1%.

Gastropoda

Berdasarkan identifikasi yang ditemukan bahwa sampel *gastropoda* positif mikroplastik. Kelimpahan mikroplastik *gastropoda* pada stasiun 1-7 masing-masing sebanyak 2 partikel/ekor, 8 partikel/ekor, 26 partikel/ekor, 6 partikel/ekor, 1,8 partikel/ekor, 3,5 partikel/ekor, dan 3,8 partikel/ekor. Kelimpahan mikroplastik yang paling tinggi ditemukan pada stasiun Pening, Mojokerto (stasiun 3) dengan nilai 26 partikel/ekor, dikarenakan pada stasiun Pening hanya menemukan satu ekor gastropoda, sedangkan untuk kelimpahan mikroplastik yang terendah pada stasiun



Sumber: Data Primer Diolah, 2021

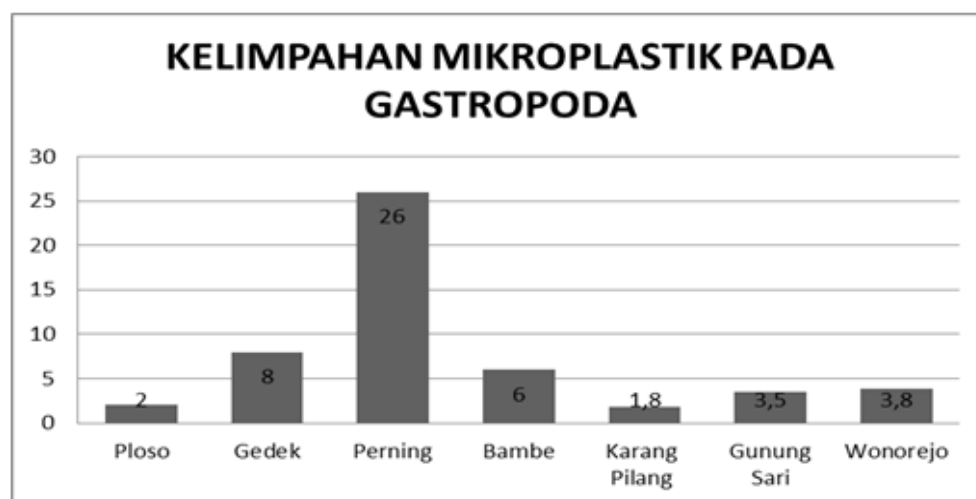
Gambar 2
Grafik Kelimpahan Mikroplastik Pada Udang

Karang Pilang, Surabaya (stasiun 5) ditemukan sebanyak 1,8 partikel/ekor, dikarenakan pada stasiun Karang Pilang ditemukan 12 ekor gastropoda. Presentase bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan dalam sampel gastropoda adalah bentuk fiber 97%, film 2%, dan fragmen 1%.

Bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sampel udang dan gastropoda adalah fiber. Bentuk tersebut berasal dari serat tekstil akibat buangan limbah rumah tangga seperti air bekas cuci baju atau laundry di sungai. Sesuai dengan pernyataan (Browne dkk., 2011). Mikroplastik jenis fiber berasal dari pencucian pakaian, jala ikan, bahan baku industry, perabotan rumah tangga, kantong plastik yang dirancang untuk terdegradasi di lingkungan atau akibat pelapukan produk plastik. Fiber mirip dengan serabut atau jaring nelayan. Hal ini dikarenakan pengambilan sampel dekat dengan pemukiman warga. Mikroplastik bentuk film berasal dari fragmentasi kantong plastik atau plastik kemasan dan memiliki densitas rendah (Simamora dkk., 2020). Bentuk film tersebut memiliki karakteristik fisik fleksibel dan tipis (Ebere dkk., 2019). Fragmen berasal dari potongan produk plastik dan kerusakan plastik kaku dengan polimer sintetis yang

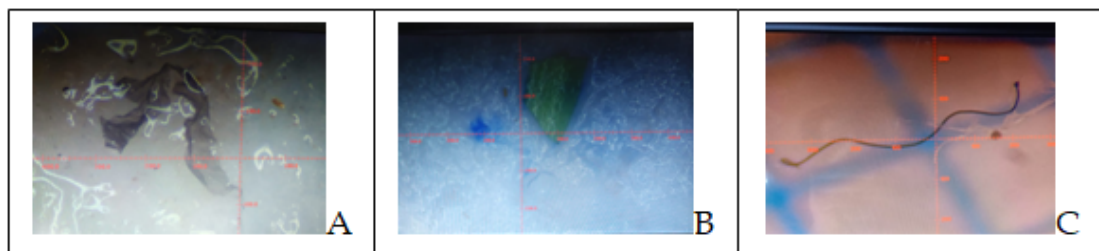
sangat kuat. Bentuk frgamen memiliki bentuk karakteristik fisik yaitu memiliki bentuk yang tidak beraturan, tebal dengan tepi yang tajam (Ebere dkk., 2019). Sedangkan mikroplastik bentuk filamen berasal dari plastik PET, plastik wrapping, dan laminasi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencernaan udang dan gastropoda mengandung mikroplastik. Menurut (Patria dkk., 2020) pada penelitiannya menemukan sebanyak 41-116 partikel/gram pada siput *Littoria scabra*. Mikroplastik juga ditemukan pada udang *Littopenaeus vannamei* di Malaysia sebanyak 0,275-205 partikel/gram (Curren dkk., 2020). Hal ini dikarenakan sampel diambil dari perairan payau dan laut, dimana laut merupakan titik akumulasi dan muara terkumpulnya mikroplastik. Bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada kedua adalah fiber. Keberadaan mikroplastik pada sampel udang dan gastropoda berpengaruh pada berat badan biota tersebut, semakin besar biota tersebut maka semakin banyak mikroplastik yang ada dalam biota tersebut. Pada sampel gastropoda tidak dibedakan per spesies tetapi dibedakan per stasiun, sehingga peneliti menjadikan satu sampel gastropoda lalu dihancurkan.



Sumber: Data Primer Diolah, 2021

Gambar 3
Grafik Kelimpahan Mikroplastik Pada Gastropoda



Sumber: Data Primer Diolah, 2021

Gambar 4
Bentuk Mikroplastik
Ket : A. Film; B. Fragmen; C. Fiber

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa udang dan gastropoda positif terkontaminasi oleh mikroplastik. Kelimpahan mikroplastik pada sampel udang tertinggi ditemukan pada stasiun Ploso, Jombang (stasiun 1) sebanyak 5,8 partikel/ekor, sedangkan yang paling rendah pada stasiun Gunung Sari, Surabaya (stasiun 6) sebanyak 0,64 partikel/ekor. Kelimpahan pada sampel gastropoda yang paling tinggi pada stasiun Pening, Mojokerto (stasiun 3) 26 partikel/ekor, dan yang paling rendah pada stasiun Karang Pilang, Surabaya (stasiun 5) 1,8 partikel/ekor. Bentuk mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sampel udang dan gastropoda adalah bentuk fiber dikarenakan berasal dari serat textile dikarenakan masyarakat membuang limbah rumah tangga seperti air bekas cuci baju atau laundry ke sungai, oleh karena itu perlu adanya IPAL Komunal agar limbah yang dibuang bisa diolah terlebih dahulu dan tentunya perlu peran masyarakat dalam pengurangan penggunaan sampah plastik sekali pakai yang menjadi salah satu pemicu adanya pencemaran mikroplastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Terimakasih kepada pihak ECOTON (Ecological Observation and Wetlands Conservation) Gresik yang telah memberikan fasilitas laboratorium sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

2. Terimakasih kepada dosen pembimbing kami Bapak Abdus Salam Junaedi, S.Si., M.Si dan Ibu Indah Wahyuni Abida, S.Pi., M.Si yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penelitian ini berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. (2011). Microplastiks in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- Arico, Z., & Jayanthi, S. (2018). Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Produk Kreatif Sebagai Peningkatan Ekonomi Masyarakat Pesisir. *Martabe : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.31604/jpm.v1i1.1-6>.
- Asia, & Zainul, M. A. (2017). Dampak Sampah Plastik Bagi Ekosistem Laut. *Buletin Matric*, 14(1), 44–48.
- Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., Caçador, I., & Canning-Clode, J. (2016). Microplastiks as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 178, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>.

- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastik on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>.
- Curren, E., Leaw, C. P., Lim, P. T., & Leong, S. C. Y. (2020). Evidence of Marine Microplastiks in Commercially Harvested Seafood. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(December), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.562760>.
- Ebere, E. C., Wirnkor, V. A., Ngozi, V. E., & Chukwuemeka, I. S. (2019). Macrodebris and microplastiks pollution in Nigeria: First report on abundance, distribution and composition. *Environmental Health and Toxicology*, 34(4). <https://doi.org/10.5620/eaht.e2019012>.
- Gutow, L., Eckerlebe, A., Giménez, L., & Saborowski, R. (2016). Experimental Evaluation of Seaweeds as a Vector for Microplastiks into Marine Food Webs. *Environmental Science and Technology*, 50(2), 915–923. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02431>.
- Kalčíková, G., Alič, B., Skalar, T., Bundschuh, M., & Gotvajn, A. Ž. (2017). Wastewater treatment plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater. *Chemosphere*, 188, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.131>.
- Kataoka, T., Nihei, Y., Kudou, K., & Hinata, H. (2019). Assessment of the sources and inflow processes of microplastiks in the river environments of Japan. *Environmental Pollution*, 244, 958–965. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.111>.
- Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastiks extracted from cosmetics. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1–2), 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029>.
- Nimrat, S., Boonthai, T., & Vuthiphandchai, V. (2011). Effects of probiotic forms, compositions of and mode of probiotic administration on rearing of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae and postlarvae. *Animal Feed Science and Technology*, 169(3–4), 244–258. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.07.003>.
- Patria, M. P., Santoso, C. A., & Tsabita, N. (2020). Microplastik ingestion by periwinkle snail *Littoraria scabra* and mangrove crab *Metopograpsus quadridentata* in Pramuka Island, Jakarta Bay, Indonesia. *Sains Malaysiana*, 49(9), 2151–2158. <https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4909-13>.
- Purnomo, S. Y., & Setiawan, A. P. (2019). Experiment Material Sampah Laut Sebagai Material Pendukung Ruang Interior. *Jurnal Intra*, 7(2), 24–29.

- Richard C. Thompson, 1* Ylva Olsen, 1 Richard P. Mitchell, 1 Anthony Davis, 1 Steven J. Rowland, 1 Anthony W. G. John, 2 Daniel McGonigle, 3 Andrea E. Russell. (2013). lost at sea: where is all the plastik? *Soil Use and Management*, 29(3), 354–364. <https://doi.org/10.1111/sum.12058>.
- Shahul Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of mikroplastik: How dire is the situation? *Waste Management and Research*, 36(10), 873–897. <https://doi.org/10.1177/0734242X18785730>.
- 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>.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., ... Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastiks to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. V., & Swan, S. H. (2009). Plastiks, the environment and human health: Current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053>.
- Tuhumury, N. C. (2020). IDENTIFIKASI KEBERADAAN DAN JENIS MIKROPLASTIK PADA KERANG DARAH (*Anadara granosa*) DI PERAIRAN TANJUNG TIRAM , TELUK AMBON (Identification of Existance and Type of Mikroplastiks in Cockle at Tanjung Tiram Waters , Ambon Bay). *Jurnal TRITON*, 16(April), 1–7.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of mikroplastiks on marine organisms: a review. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)*, 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>.