

Analisis Cemaran Mikroplastik di Pesisir Teluk Palu, Sulawesi Tengah

Roni Hermawan^{1*}, Yeldi S Adel¹, Mubin¹, Alismi M. Salanggon¹, Anita Treisya Aristawati¹, Renol¹, Eka Aji Pramita¹, Didit Kustantio Dewanto¹, Mohamad Syahril¹, Muliadin¹, Radhiyatul Ula¹

¹Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan (STPL) Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia

*Email : ronihermawan@stplpalu.ac.id

ABSTRAK

Akumulasi cemaran mikroplastik di Teluk Palu berpotensi masuk ke rantai makanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsentrasi dan identifikasi mikroplastik di permukaan air, kolom air dan sedimen di pesisir Teluk Palu. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus hingga Oktober 2022. Pengambilan sampel mikroplastik dilakukan pada 5 titik pengambilan sampel dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Sampel mikroplastik yang dianalisis menggunakan metode perendaman dengan larutan KOH 10% dan H₂O₂ 30% selama 4 hingga 10 hari dan untuk memastikan bahwa objek yang dianalisa adalah mikroplastik dilakukan metode *Hot Needle Test*. Mikroplastik jenis serpihan yang paling tinggi ditemukan. Titik pengamatan station 3, Lere, kepadatan mikroplastik tertinggi yaitu: permukaan air 11.29 partikel/l; kolom air 1.14 partikel/l; dan sedimen 62.08 partikel/kg. Penelitian ini menunjukkan bahwa input dari Sungai Palu sangat mempengaruhi kepadatan mikroplastik di Teluk Palu.

Kata Kunci: mikroplastik, kolom air, permukaan, polusi, sedimen, Teluk Palu

ABSTRACT

The accumulation of microplastic contamination in Palu Bay has the potential to get into the food chain. The aims of this study were the concentration and identification of microplastics in the water surface, water column and sediment on the coast of Palu Bay. The study was conducted from August to October 2022. Microplastic sampling was carried out at 5 sampling points with 3 repetitions. Microplastic samples were analyzed using the immersion method with 10% KOH and 30% H₂O₂ solution for 4 to 10 days and to ensure that the object being analyzed is microplastic, the Hot Needle Test method is used. The highest microplastic found was fragment type. Station 3 observation point. Lere, the highest density of microplastics were: water level 11.29 particles/l; water column 1.14 particles/l; and sediment 62.08 particles/kg. This study has shown that input from the Palu River greatly affects the density of microplastics in Palu Bay.

Keywords: microplastic, Palu bay, pollution, sediment, surface, water column.

PENDAHULUAN

Pesisir dan laut menopang hampir setengah kebutuhan dasar manusia (Field et al., 1998), yang sebagian besar dalam bentuk pangan dari perikanan (Pauly & Christensen, 1995). Pesisir dan laut merupakan magnet bagi sebagian besar kota besar yang dibangun diatas wilayah pesisir. Populasi di pesisir sangat mempengaruhi meningkatnya sampah laut.

Meskipun saat ini kesadaran dan upaya masyarakat untuk mengurangi sampah plastik sedang digalakkan, ketergantungan pada plastik memiliki beberapa kendala karena tidak adanya bahan yang efektif, efisien dan ekonomis seperti plastik (Horton & Barnes, 2020; Anggraini et al., 2020). Diperlukan kesadaran untuk melakukan terobosan atau perubahan yang signifikan, beberapa orang bisa lebih peduli jika mendapatkan data nyata dari daerah sekitarnya. Seluruh wilayah perlu memantau tingkat mikroplastik lepas pantai untuk membantu memperkirakan dan memahami kelimpahan mikroplastik global (Ajith et al., 2020).

Plastik merupakan polimer sintetis dari berbagai monomer yang berasal dari ekstrak minyak atau gas (Güven et al., 2017). Produksi plastik diperkirakan mencapai 311 juta ton kubik pada tahun 2014 dan terus meningkat setiap tahunnya (Webb et al., 2015). Mikroplastik (MP) adalah material plastik yang berukuran dari <5mm hingga 1 μ m. MP primer adalah bahan plastik berukuran kecil yang diproduksi langsung dari pabrik seperti pelet plastik (microbeds) dijumpai pada bahan perawatan tubuh dan industri sebagai bahan baku untuk dicetak (moulding). Mikroplastik sekunder adalah fragment atau serpihan/luruhan material plastik menjadi ukuran yang lebih kecil. Fragmentasi terjadi bahan plastik seperti tekstil, cat dan ban kendaraan ataupun sisa plastik yang terbuang. Plastik akan mengalami proses fragmentasi, terutama akibat adanya kerusakan mekanis oleh gelombang dan proses fotokimia yang dipicu oleh sinar UV-B (Corcoran et al., 2009; Andrady, 2011; GESAMP, 2015).

Beberapa penelitian menunjukkan mikroplastik telah menyebar hampir seluruh habitat perairan, diperkirakan lebih dari 5% produksi plastik setiap tahun berakhir di perairan laut (Jambeck et al., 2015; Horton & Barnes, 2020). Kepadatan mikroplastik di Samudera Pasifik 100.000 MP/m³ dipermukaan, subpermukaan mencapai 9180 MP/m³ (Noren, 2007) dan sedimen lebih tinggi lagi, tercatat di Easter Island >800 item/m² dimana Easter Island adalah lokasi yang terpencil (Lusher, 2015; Digka et al., 2018). Semakin kecil partikel mikroplastik, semakin besar kemungkinan partikel tersebut untuk dicerna oleh organisme di perairan (Andrady, 2011; Carson et al., 2013). Mikroplastik menjadi ancaman potensial terhadap kesehatan dan kegiatan manusia (De-la-Torre, 2020; Campanale et al., 2020; Thompson et al., 2009). Mikroplastik yang terakumulasi dalam tubuh organisme, mengakibatkan kerusakan fisik dan kimia seperti kerusakan organ internal dan penyumbatan saluran pencernaan, bersifat karsinogenik dan gangguan endokrin (Oehlmann et al., 2009; Talsness et al., 2009). Selain itu, mikroplastik juga berkontribusi terhadap hilangnya keanekaragaman hayati (Sharma & Chatterjee, 2017; Hermawan et al., 2017a).

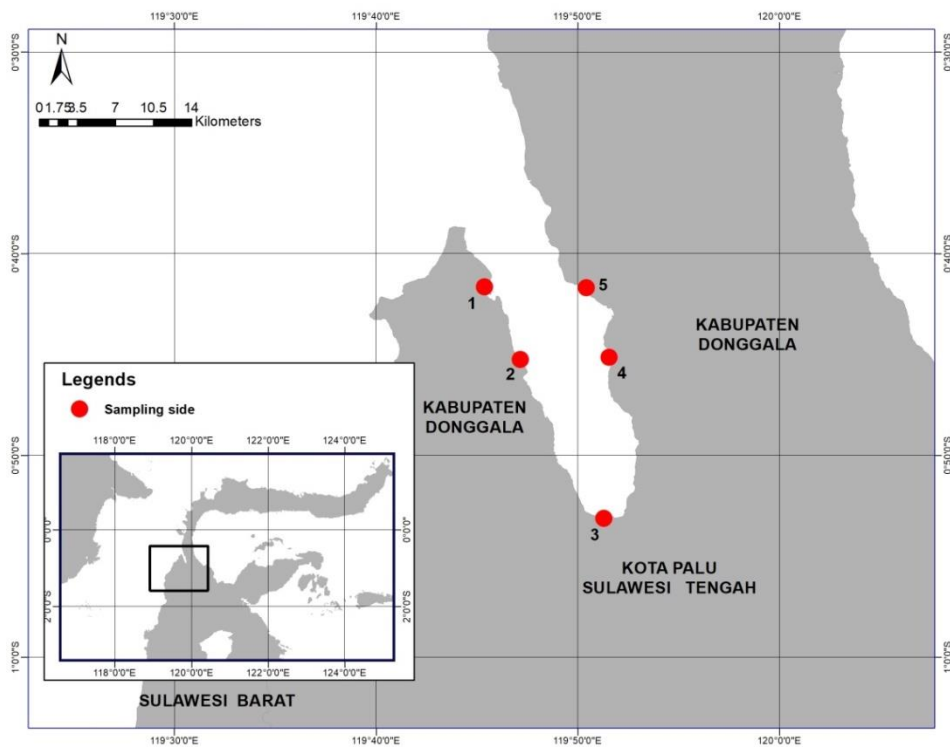
Tujuan dari penelitian ini adalah; menghitung konsentrasi dan identifikasi mikroplastik di permukaan air, kolom air, dan sedimen; menilai

kualitas kimia dan fisik perairan seperti suhu, salinitas, TSS (kekeruhan), pH di Teluk Palu. Penelitian ini dilakukan karena keberadaan mikroplastik terus meningkat seiring semakin banyaknya sampah plastik yang dibuang ke laut di Teluk Palu. Kontribusi penelitian ini untuk dapat menyediakan data untuk pengelolaan sampah plastik, sehingga sampah plastik dapat dikendalikan di masa yang akan datang.

METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Teluk Palu dan dilakukan observasi sampel di Laboratorium Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan (STPL) Palu. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2022. Pengambilan sampel mikroplastik dilakukan di 5 titik pengambilan sampel (Gambar 1). Titik pengamatan adalah Kabonga Kecil (stasiun 1), Loli (stasiun 2), muara Sungai Palu, Lere (stasiun 3), Kayumalue (stasiun 4), Pantoloan (stasiun 5).



Gambar 1. Titik Pengamatan

Sampling Sedimen, Permukaan dan Kolom Air

Pengambilan sampel mikroplastik pada sedimen diambil pada substrat pesisir, sampel diambil dari sampah laut yang terdampar pada sedimen pesisir. Sampel diambil dengan cara menancapkan pipa dengan diameter 3 inchi dan kedalaman 20 cm, mengambil 5 titik sampel pada transek sepanjang 50 m dan diulang sebanyak 3 kali (Digka et al., 2018). Pengambilan sampel air permukaan dan kolom air dengan penyaringan

dengan jarak 300m sampai dengan 500m menggunakan perahu untuk menarik jaring plankton dengan ukuran mata jaring 200 μ m dengan diameter 30cm. Sampel kolom air diambil hingga kedalaman 50m sampai 60m (Hermawan et al., 2017b; Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Analisis Sampel Mikroplastik

Sampel dianalisis di Laboratorium STPL Palu. Analisis dimulai dengan pemisahan material mikroplastik dari sedimen yang dilakukan (Hidalgo-Ruz et al., 2012), sampel sedimen dikeringkan anginkan selama 24 jam, untuk mempermudah dalam tahap penyaringan selanjutnya, penyaringan menggunakan filter ukuran mesh 5mm.

Sampel selanjutnya didestruksi untuk menghilangkan bahan organik dengan ditambahkan larutan KOH 10% hingga terendam (kurang lebih sebanyak 3x volume sampel atau terendam seluruhnya) menggunakan erlenmeyer untuk mendestruksi bahan organik selama 24 jam hingga 60 jam tergantung volume sampel, selanjutnya sampel didestruksi kembali dengan larutan H₂O₂ 30% sekitar 5% dari volume sampel direndam selama 48 hingga 60 jam proses destruksi selesai jika sampel berubah menjadi bening (Simongini et al., 2022; Yona et al., 2020). Sampel perlu didestruksi bahan organiknya karena banyak ditemukan bahan organik seperti karapaks udang, kepiting, sisik ikan dan bahan organik lainnya.

Sampel kemudian dilarutkan ke dalam larutan NaCl jenuh (1,2 g cm⁻³), kemudian diaduk selama 0,5-110 menit tergantung volume sampel sedimen (Villanova-Solano et al., 2022; Kononov et al., 2022; Claessens et al., 2011; Thompson et al., 2004). Pengadukan dalam larutan garam jenuh akan meningkatkan perbedaan densitas sampel, sedangkan sampel mikroplastik (Hidalgo-Ruz et al., 2012) yang memiliki densitas lebih rendah akan mengapung dan dapat dipisahkan secara manual. Pengamatan dilakukan secara manual sebesar 100 hingga 5000 m, sedangkan ukuran yang lebih kecil akan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40X hingga 600X (Manalu et al., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Palu adalah ibu kota Sulawesi Tengah dan terletak di Teluk Palu. Kegiatan masyarakat di sepanjang Sungai Palu, seluruh sampah dari Sungai Palu membawa material sampah plastik sisa kegiatan masyarakat ke Teluk Palu. Limbah tersebut dibawa oleh sungai ke muara dan kemudian hanyut ke Teluk Palu. Kondisi Teluk Palu saat ini pasca bencana tsunami pada 28 September 2018 tidak banyak berubah. Pembangunan penahan gelombang laut yang saat ini sedang dilakukan telah mengubah bentuk pantai menjadi tanggul berbatu yang sebelumnya merupakan pantai berpasir. Perkembangan ini menyebabkan sedimentasi yang sangat tinggi di sepanjang Pantai Talise (titik Lere di stasiun 3) yang merupakan muara

Sungai Palu.

Parameter Kualitas Air

Berdasarkan pengamatan (Tabel 1) nilai TSS di Teluk Palu sangat kontras terutama pada stasiun yang berada di muara Sungai Palu dengan nilai TSS sebesar 85,6 mg/l, jika dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya nilai TSS pada stasiun 3 paling tinggi. Di stasiun 3 yang merupakan muara Sungai Palu pada saat pengamatan sedang surut dan sedimentasi tinggi dari Sungai Palu. Pengamatan dilakukan pada saat musim hujan, sehingga banyak material sedimen yang terbawa sungai masuk ke laut. Perairan Teluk sebagai salah satu wilayah pesisir yang dipenuhi dengan berbagai aktivitas manusia, dampak dari aktivitas tersebut secara langsung dapat menyebabkan limbah pencemar masuk ke Teluk dan meningkatkan jumlah Total Suspended Solid (TSS) (Winnarsih et al., 2016).

Tabel 1. Rata-rata Kualitas Air di Teluk Palu

Parameter	Titik Stasiun				
	S1 (Kabonga)	S2 (Loli)	S3 (Lere)	S4 (Kayumalue)	S5 (Pantoloan)
Suhu	29.1	29.3	29	28.7	29.4
Salinitas ($^{\circ}/_{\infty}$)	31	30	31	31	31
pH	8.1	8	8.4	8.5	8.3
TSS (mg/l)	21.16	36.56	85.6	33.4	25.4

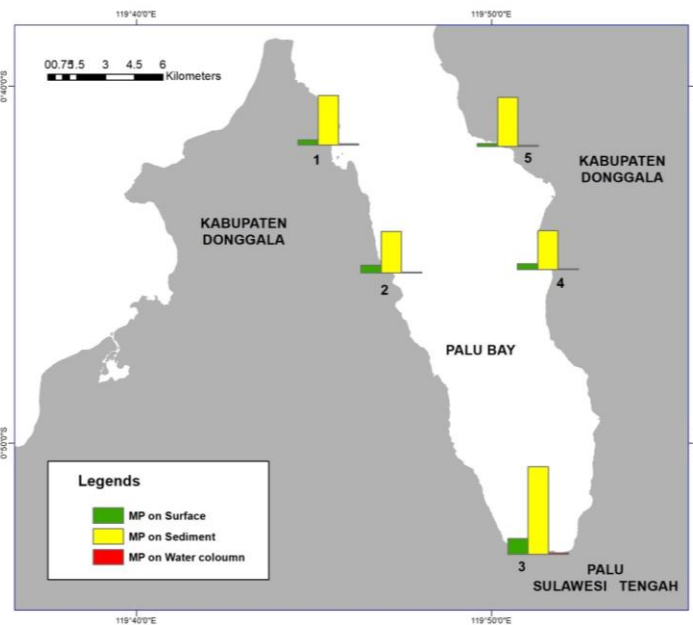
Konsentrasi dan Identifikasi Mikroplastik pada Air Permukaan, Kolom Air dan Sedimen.

Hasil pengamatan mikroplastik dibagi volume air yang tersaring dengan plankton net, untuk permukaan air diambil pada jarak 300m sampai dengan 500m, sampel pada kolom air diambil pada kedalaman 50m sampai 60m, sedangkan sedimen dengan pengulangan titik adalah 3 kali setiap titik stasiun (Tabel 2). Pengamatan dilakukan secara manual dengan mikroskop binokuler dengan perbesaran 40x sampai 600x dan mikroskop digital perbesaran 200x sampai 500x. Sebelum mengamati sampel terlebih dahulu dilakukan pemisahan dengan partikel lain (bahan organik, pasir, kayu dan partikel lain) dengan metode perendaman kimia (KOH dan H₂O₂), pemisahan densitas dan penyaringan yang berbeda. Metode untuk memastikan bahwa sampel yang ditemukan adalah material plastik dilakukan dengan Hot Needle Test, dimana memanaskan jarum dan menekan jarum panas tersebut ke sampel, material plastik akan meleleh atau rusak jika tersentuh jarum panas tersebut (Tunçer et al., 2018).

Tabel 2. Konsentrasi mikroplastik di air permukaan, kolom air dan sedimen

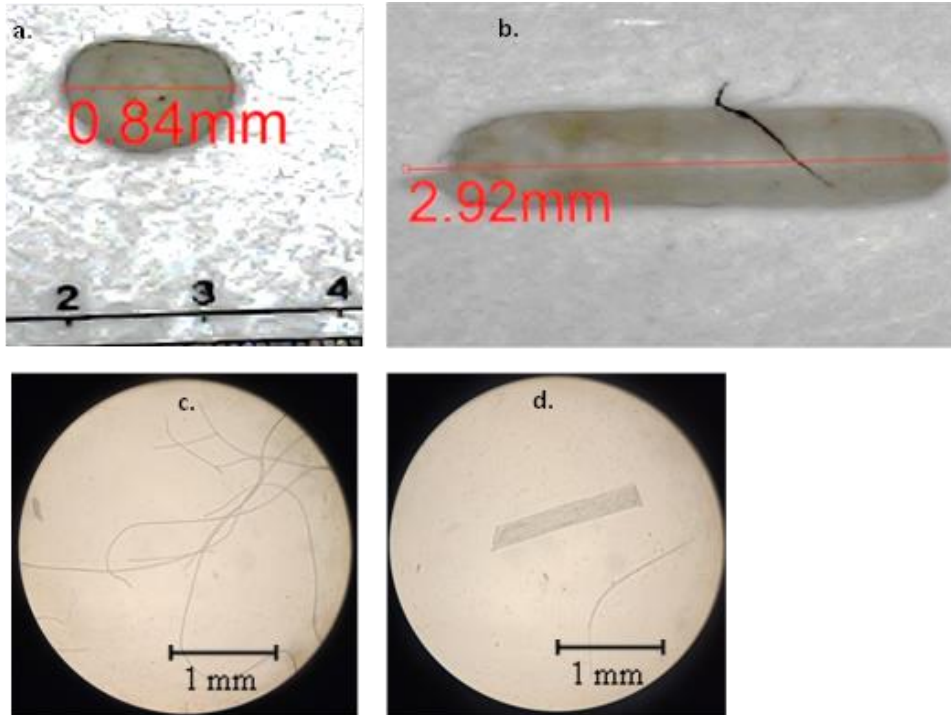
Stasiun	Konsentrasi Mikroplastik							
	Permukaan (part/l)		Kolom Air (part/l)			Sedimen (part/kg)		
Kabonga								
Kecil	3.80	± 1.25	0.72	± 0.66	35.03	± 9.16		
Loli	5.67	± 1.51	0.74	± 0.34	29.36	± 4.35		
Lere	11.29	± 2.72	1.14	± 0.33	62.08	± 16.64		
Kayumalue	4.21	± 1.81	0.48	± 0.35	27.56	± 10.65		
Pantoloan	2.02	± 0.75	0.70	± 0.44	34.78	± 14.64		

Keterangan: Konsentrasi pada partikel/liter (bagian/l) dan partikel/kilogram (bagian/kg). Nilai disajikan sebagai rata-rata ± standar deviasi

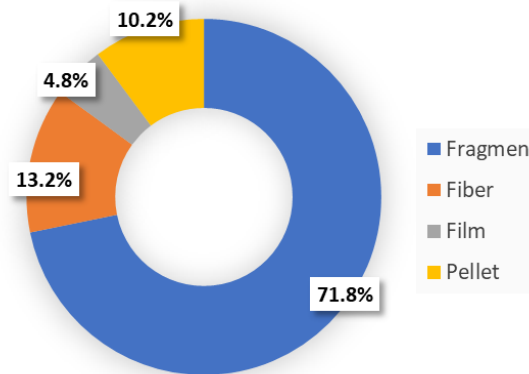


Gambar 2. Konsentrasi mikroplastik pada masing-masing titik pengamatan

Berdasarkan pengamatan (Tabel 2), konsentrasi mikroplastik tertinggi di permukaan air adalah pada stasiun 3 sebesar 11,29 partikel/liter, stasiun 1 sebesar 3,8 bagian/l dan stasiun 2 sebesar 5,67 bagian/l, stasiun 4 sebesar 4,21 bagian/l, dan stasiun 5 adalah 2,02 bagian/l. Pengamatan pada kolom air tertinggi juga terjadi pada stasiun 3 sebesar 1,14 bagian/l, sedangkan pada stasiun 1 sebesar 0,72 bagian/l, stasiun 2 sebesar 0,74 bagian/l, stasiun 4 sebesar 0,48 bagian/l dan pada stasiun 5 sebesar 0,70 bagian /l. Pada pengamatan mikroplastik pada sedimen, rendemen terbesar diperoleh pada stasiun 3 sebesar 62,08 bagian/l, sedangkan pada stasiun 1 sebesar 35,03 bagian/l, stasiun 2 sebesar 29,36 bagian/l, stasiun 4 sebesar 27,56 bagian/l dan stasiun 5 sebesar 34,78. bagian/l. Mikroplastik yang diamati berupa fragmen, serat dan film (Gambar 3 dan 4), fragmen merupakan bentuk mikroplastik tertinggi yang ditemukan (71,8%).



Gambar 3a. Foto-foto mikroplastik: a. pelet; b. serpihan/*fragment*; c. serat/*fiber*; d. film



Gambar 4. Jenis mikroplastik.

Berdasarkan hasil pengamatan di permukaan air, kolom air dan sedimen, diketahui bahwa stasiun 2 yang merupakan muara Sungai Palu mendapat pengaruh yang jauh lebih besar dari masuknya Sungai Palu. Masuknya Sungai Palu membawa material plastik ke Teluk Palu. Karakteristik teluk yang memiliki pola arus sangat lambat dan lemah menyebabkan penggelontoran air terjadi dalam waktu yang sangat lama (Asadi et al., 2019; James et al., 2020; Rahman et al., 2017; Saputra & Lekalette, 2016) sehingga terjadi sedimentasi dan akumulasi material dari Sungai Palu. tinggi

KESIMPULAN

Konsentrasi mikroplastik tertinggi di Teluk Palu pada stasiun 3 Lere yang merupakan muara Sungai Palu. Fragmen adalah jenis mikroplastik

yang paling umum ditemukan. Material input dari Sungai Palu memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap kualitas air dan konsentrasi mikroplastik di Teluk Palu. Pengelolaan sampah diperlukan untuk mengelola sampah plastik yang masuk ke sungai Palu karena semua sampah akan bermuara di Teluk Palu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kementerian Riset dan Teknologi dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (RISTEK-BRIN) yang membantu pelaksanaan penelitian melalui pendanaan skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun anggaran 2021/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajith, N., Arumugam, S., Parthasarathy, S., Manupoori, S., & Janakiraman, S. (2020). Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(21), 25970–25986. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09015-5>
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Anggraini, R., Risjani, Y., & Yanuhar, U. (2020). Jurnal ilmiah perikanan dan kelautan. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 12(1), 167–180.
- Asadi, M. A., Hertika, A. M. S., Iranawati, F., & Yuwandita, A. Y. (2019). Microplastics in the sediment of intertidal areas of Lamongan, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 12(4), 1065–1073.
- Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., & Uricchio, V. F. (2020). A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041212>
- Carson, H. S., Nerheim, M. S., Carroll, K. A., & Eriksen, M. (2013). The plastic-associated microorganisms of the North Pacific Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 75(1–2), 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.054>
- Claessens, M., Meester, S. De, Landuyt, L. Van, Clerck, K. De, & Janssen, C. R. (2011). Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 62(10), 2199–2204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>
- Corcoran, P. L., Biesinger, M. C., & Grifi, M. (2009). Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.08.022>
- De-la-Torre, G. E. (2020). Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1601–1608. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04138-1>
- Digka, N., Tsangaris, C., Kaberi, H., Adamopoulou, A., & Zeri, C. (2018). Microplastic Abundance and Polymer Types in a Mediterranean Environment. *Springer International Publishing AG, Proceedings of the*

- International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea*, Springer Water, 17–24. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71279-6_3
- Field, C., Behrenfeld, M., Randerson, J., & P Falkowski. (1998). Primary Production of the Biosphere. *Science*, 281, 237–240. <https://doi.org/10.1042/bst0040954>
- GESAMP. (2015). Sources, Fate and effects of Microplastics in the Marine Environment: A global Assessment. In *INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION* (Vol. 90). www.imo.org
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeys, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.025>
- Hermawan, R., Damar, A., & Hariyadi, S. (2017a). Daily Accumulation and Impacts of Marine Litter on The Shores of Selayar Island Coast, South Sulawesi. *Waste Technology*, 5(1), 15–20. <https://doi.org/10.12777/wastech.5.1>
- Hermawan, R., Damar, A., & Hariyadi, S. (2017b). Economic Impact From Plastic Debris On Selayar Island , South Sulawesi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 327–336. http://itk.fpik.ipb.ac.id/ej_itkt91
- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, 46(6), 3060–3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Horton, A. A., & Barnes, D. K. A. (2020). Microplastic pollution in a rapidly changing world: Implications for remote and vulnerable marine ecosystems. *Science of the Total Environment*, 738, 140349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140349>
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & K, L. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- James, K., Vasant, K., M, S. B. S., Padua, S., Jeyabaskaran, R., Thirumalaiselvan, S., Vineetha, G., & Benjamin, L. V. (2020). Seasonal variability in the distribution of microplastics in the coastal ecosystems and some commercially important fishes of the Gulf of Mannar and Palk Bay, Southeast coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, 101558. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101558>
- Kononov, A., Hishida, M., Suzuki, K., & Harada, N. (2022). *Microplastic Extraction from Agricultural Soils Using Canola Oil and Unsaturated Sodium Chloride Solution and Evaluation by Incineration Method*. *Soil Systems*, 6(2), 54.
- Lusher, A. (2015). Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 1–447). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>
- Manalu, A. A., Hariyadi, S., & Wardiatno, Y. (2017). Microplastics abundance in coastal sediments of Jakarta Bay, Indonesia. *AACL Bioflux*, 10(5), 1164–1173.

- Noren, F. (2007). Small plastic particles in Coastal Swedish waters . KIMO Sweden. *N-Research*, 0, 1–11.
https://www.researchgate.net/publication/284312290_Small_plastic_particles_in_Coastal_Swedish_waters
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., Wollenberger, L., Santos, E. M., Paull, G. C., VanLook, K. J. W., & Tyler, C. R. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2047–2062.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0242>
- Pauly, D., & Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 374(6519), 255–257.
<https://doi.org/10.1038/374255a0>
- Rahman, A., Arfiah, & Mudin, Y. (2017). Model Distribusi Salinitas dan Temperatur Air Laut Dengan Menggunakan Metode Numerik 2D di Muara Sungai Toaya dan Muara Sungai Palu. *Gravitasi*, 16 No 2(2).
- Saputra, F., & JD Lekalette. (2016). Dinamika Massa Air di Teluk Ambon. *Widyariset*, 2(2), 143–152.
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 21530–21547.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-9910-8>
- Simongini, C., Pucetaite, M., Serranti, S., van Praagh, M., Hammer, E., & Bonifazi, G. (2022). Microplastics identification in landfill leachates by different spectroscopic techniques. *Detritus*, 18, 58-69.
- Talsness, C. E., Andrade, A. J. M., Kuriyama, S. N., Taylor, J. A., & Saal, F. S. V. (2009). Components of plastic: Experimental studies in animals and relevance for human health. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2079–2096.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0281>
- Thompson, R. C., Moore, C. J., Saal, F. S. V., & Swan, S. H. (2009). Plastics, 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>
- Thompson, R. C., Olson, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838.
<https://doi.org/10.1126/science.1094559>
- Tunçer S, Artüz OB, Demirkol M, Artüz ML. (2018). First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Mar Pollut Bull* 135:283– 289.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.054>
- UNEP. (2005). Marine Litter An analytical Overview. In *UNEP*. http://www.unep.org/regionalseas/Publications/Marine_Litter.pdf%0AUNEP
- Villanova-Solano, C., Díaz-Peña, F.J., Hernández-Sánchez, C., González-Sálamo, J., González-Pleiter, M., Vega-Moreno, D., Fernández-Piñas, F., Fraile-Nuez, E., Machín, F. and Hernández-Borges, J., (2022).

- Microplastic pollution in sublittoral coastal sediments of a North Atlantic island: The case of La Palma (Canary Islands, Spain). *Chemosphere*, 288, p.132530.
- Webb, H. K., Arnott, J., Crawford, R. J., Ivanova, E. P., Ruj, B., Pandey, V., Jash, P., Srivastava, V. K., PlasticsEurope, Huyhua, B. S., EU DG, Claerbout, J., Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2015). Plastics - the facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data. *Science for Environmental Policy, In-Depth Reports*, 4(November), 41.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>
<http://www.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2013.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2>
http://issuu.com/plasticseuropeeuropee/doc/final_plastics_the_facts_2014_19122
- Winnarsih, W., Emiyarti, E., & Afu, L. O. A. (2016). Distribusi Total Suspended Solid Permukaan Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Sapa Laut*, 1(2), 54–59.
- Yona D, Maharani M D, Cordova M R, Elvania Y, Dharmawan I W E. (2020). Analisis Mikroplastik di Insang dan Saluran Pencernaan Ikan Karang di Tiga Pulau Kecil dan Terluar Papua, Indonesia: Kajian Awal. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2): 497-507. Vol. 12 No. 2 (2020): *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*