

Kandungan Mikroplastik pada Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pantai Mangunharjo Semarang dan Pantai Sayung Demak

Content of Microplastics in Mullet (*Mugil cephalus*) and Green Shellfish (*Perna viridis*) at Mangunharjo Beach, Semarang and Sayung Beach, Demak

Ardhia Pratiwi Prameswari, Fuad Muhammad dan Jafron W. Hidayat

Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, SH, Semarang, 50275
Corresponding Author ; ardhiaprameswr@gmail.com

Abstract

Microplastics have polluted marine waters from the surface of the water to the sediments. High levels of microplastic contamination can cause some marine biota to become tolerant so it can disrupt the metabolism of marine biota. The aim of the study was to find out the content of the amount and type of microplastics in grey mullet, green mussel, water, and sediment also the correlation between the abundance of microplastics and the body length of fish and shellfish. The samples were obtained from four stations located in two locations. Microplastic analyzed by isolating microplastics in each sample. Fish and shellfish samples were isolated by dissolving the sample in a 10% KOH solution, then incubated at 60 °C for 24 hours. Water and sediment samples were isolated by soaking in saturated NaCl solution. Data analyzed by testing the correlation using SPSS software. The average microplastics value in each type in grey mullet (particles/individu) was pellet 27,25; film 25,36; fiber 49,28; and fragment 61,08 while the average microplastics value in shellfish was pellet 8,94; film 20,61; fiber 34,00; and fragment 35,28. The average microplastics abundance in each type in water was pellet 0,72; film 1,34; fiber 2,01; and fragment 3,11 particles/mL while in sediment was pellet 1,65; film 5,25; fiber 10,09; and fragment 12,87 particles/gram. The correlation relationship between the abundance of microplastics and the length of fish and shellfish was negative.

Keywords : *microplastic, Mugil cephalus, Perna viridis, Mangunharjo, Sayung*

Abstrak

Mikroplastik telah mencemari perairan laut dari permukaan perairan hingga mengendap di sedimen. Tingginya cemaran mikroplastik dapat menyebabkan beberapa biota laut menjadi toleran sehingga dapat mengganggu metabolisme biota laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan jumlah dan jenis mikroplastik yang terdapat pada ikan belanak, kerang hijau, air, dan sedimen serta hubungan antara kandungan mikroplastik dengan panjang tubuh ikan dan kerang. Sampel didapatkan dari empat stasiun yang berada di dua lokasi. Analisis mikroplastik dilakukan dengan mengisolasi mikroplastik pada setiap sampel. Isolasi sampel ikan dan kerang dilakukan dengan melarutkan sampel pada larutan KOH 10% kemudian diinkubasi pada suhu 60°C selama 24 jam. Sampel air dan sedimen diisolasi dengan perendaman dalam larutan NaCl jenuh. Analisis data dilakukan dengan menguji hubungan korelasi menggunakan software SPSS. Rata-rata jumlah tiap jenis mikroplastik (partikel/individu) pada ikan belanak ialah pelet 27,25; film 25,36; fiber 49,28; dan fragmen 61,08 sedangkan pada kerang hijau ialah pelet 8,94; film 20,61; fiber 34,00; dan fragmen 35,28. Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada air ialah pelet 0,72; film 1,34; fiber 2,01; dan fragmen 3,11 partikel/ml sedangkan pada sedimen ialah pelet 1,65; film 5,25; fiber 10,09; dan fragmen 12,87 partikel/gram. Hubungan korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan ukuran panjang ikan dan kerang yang didapatkan ialah negatif.

Kata Kunci : *mikroplastik, Mugil cephalus, Perna viridis, Mangunharjo, Sayung*

PENDAHULUAN

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel sintesis dengan susunan polimer kompleks yang memiliki bentuk tertentu maupun tidak beraturan dengan ukuran 5 mm sampai 1 mikro yang dihasilkan secara primer maupun sekunder (Frias, 2018). Mikroplastik primer diproduksi oleh industri plastik dan dapat ditemukan dalam produk pembersih dan kosmetik (Reisser *et al.*, 2013).

Mikroplastik sekunder merupakan plastik yang terdegradasi menjadi potongan yang lebih kecil (Anderson *et al.*, 2015). Berdasarkan bentuk yang biasa ditemukan, Syakti *et al.* (2018) menggolongkan mikroplastik menjadi pelet, film, fiber, dan fragmen.

Biasanya, mikroplastik sulit dibedakan ketika berada di perairan dan tanpa sengaja dapat dikonsumsi oleh organisme laut (Browne, 2015;

Tourinho *et al.*, 2010). Mikroplastik yang terkonsumsi dapat berdampak buruk seperti mengganggu saluran pencernaan (Tourinho *et al.*, 2010). Rochman *et al.* (2015) menyatakan mikroplastik dapat ditemukan pada hewan laut termasuk bivalvia dan ikan yang juga dipasarkan sebagai konsumsi manusia.

Mikroplastik banyak ditemukan di daerah pantai dan muara karena adanya pengaruh dari pasang surut dan angin (Jupriyati *et al.*, 2013; Zhang, 2017). Kawasan Pantai Mangunharjo dan Pantai Sayung digunakan sebagai tempat penelitian dikarenakan memiliki wilayah mangrove dan pantai yang dekat dengan pemukiman warga yang warganya memanfaatkan hasil laut untuk dijual kembali atau pun dikonsumsi sendiri. Biota perairan yang dapat dijumpai di perairan Mangunharjo dan Sayung yaitu ikan belanak dan kerang hijau.

Ikan belanak ialah ikan dari Famili Mugilidae yang memiliki toleransi kondisi yang ekstrem (Okfan, 2015). Ikan belanak ialah ikan omnivora yang bersifat demersal yakni hidup dan makan di dasar perairan sehingga dapat meningkatkan kemungkinan mencerna mikroplastik dari sedimen yang terkontaminasi mikroplastik (Whitfield, 2012). Kerang hijau termasuk ke dalam kelas Bivalvia dan hidup pada substrat pasir berlumpur di daerah perairan estuari-mangrove (Kastawi, 2008; Malik *et al.*, 2015). Kerang hijau mengambil makanannya secara *filter feeder* (Iqbal *et al.*, 2018). Mikroplastik di perairan dapat masuk ke dalam mukus lalu berasimilasi dengan epitel insang atau terbawa ke saluran pencernaan (Brate *et al.*, 2018; Kolandhasamy *et al.*, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah dan jenis mikroplastik pada ikan belanak dan kerang hijau, kelimpahan mikroplastik pada perairan dan sedimen, dan hubungan korelasi antara panjang tubuh ikan belanak serta kerang hijau dengan kelimpahan mikroplastik.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel dilakukan di Kawasan Pantai Mangunharjo, Semarang dan Pantai Sayung, Demak. Masing-masing stasiun mewakili daerah mangrove dan muara sungai. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Biosistemika Departemen Biologi dan Laboratorium Ce-MEBSA, Laboratorium Terpadu, Universitas Diponegoro.

Peralatan yang digunakan, yaitu ekman grab, mikroskop binokuler, wadah, timbangan, penggaris, pinset, bilik hitung, dan gelas beker.

Identifikasi mikroplastik dilakukan dengan bantuan buku *Microplastics Citizen Science Protocol dan Guide to Microplastic Identification*. Bahan yang digunakan, yaitu sampel kerang hijau berukuran 3 cm; 5 cm; dan 8 cm, ikan belanak berukuran < 15 cm; 16-18 cm; dan > 20 cm, sedimen, aluminium, alkohol, larutan KOH 10%, aquades, kertas saring, dan larutan NaCl pekat.

Pengambilan sampel ikan belanak dan kerang hijau diambil dengan metode *purposive sampling*. Sampel diambil di masing-masing stasiun. Sampel yang telah diambil diletakkan dalam wadah dan dipisah tiap stasiun. Sampel ikan dan kerang dipreparasi sesuai ukuran dengan direndam dalam alkohol. Sampel air diambil menggunakan water sampler. Sampel sedimen diambil pada kedalaman 0-10 cm dari permukaan sedimen.

Analisis dilakukan dengan mengukur panjang dan berat pada ikan dan kerang. Daging kerang dipisahkan dari cangkangnya. Jaringan lunak pada ikan dan kerang diekstraksi dengan KOH 10% lalu didiamkan selama 24 jam dalam suhu 60°C. Setelah itu suspensi yang berisi mikroplastik disaring menggunakan kertas saring lalu diamati menggunakan mikroskop. Sampel air sebanyak 250 mL ditambahkan NaCl hingga larutan menjadi jenuh kemudian diamati dengan mikroskop. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 100 gram kemudian dikeringkan di oven dengan suhu 80°C hingga kadar airnya hilang. Selanjutnya, pasir kering ditimbang sebanyak 50 gram lalu diberi NaCl pekat hingga 150 ml, diaduk dan didiamkan hingga pasir mengendap dan suspensi berwarna jernih. Larutan diamati dengan mikroskop.

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson menggunakan software SPSS. Menurut Sugiyono (2015), koefisien korelasi Pearson dapat ditentukan dengan rumus:

$$R = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n(\sum X^2) - (\sum X)^2\}\{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2\}}}$$

Keterangan:

r= koefisien korelasi Pearson

X= variabel independen

Y= variabel dependen

n= banyaknya sampel

Nilai korelasi Pearson selalu terletak antara - 1 ≤ r ≤ 1. Nilai = 0, maka tidak ada hubungan antara kedua variabel. Nilai = 1, berarti terdapat

hubungan positif antara kedua variabel. Nilai = -1, berarti terdapat hubungan negatif antara kedua variabel (Santoso, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroplastik pada Ikan Belanak

Mikroplastik yang ditemukan pada ikan belanak diantaranya yaitu pelet, film, fiber, dan fragmen. Berdasarkan Tabel 1. menunjukkan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada ikan belanak yaitu fragmen dengan nilai rata-rata

61,08 partikel, diikuti fiber dengan 49,28 partikel, lalu pelet 27,25 partikel, dan film sebagai jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan dengan 25,36 partikel. Rata-rata jumlah mikroplastik yang ditemukan pada tiap individu yakni 162,97 partikel. Mikroplastik ditemukan berukuran 0,03-3,52 mm dengan variasi warna hitam, kuning, biru, merah, hijau, coklat, putih, dan tidak berwarna.

Tabel 1. Jumlah rata-rata partikel tiap jenis mikroplastik pada tiap individu ikan belanak (partikel/individu).

Ukuran ikan (cm)	Jenis mikroplastik				Rata-rata jenis per ukuran
	Pelet	Film	Fiber	Fragmen	
< 15	17,75±7,66	15,42±8,23	30,67±15,73	38,08±11,74	101,92±25,23
16-18	21,33±6,56	26,00±11,21	38,50±18,09	53,00±24,18	138,83±39,09
> 20	42,67±11,08	34,67±11,22	78,67±27,64	92,17±28,44	248,17±45,33
Rata-rata jumlah mikroplastik berdasarkan jenisnya	27,25±13,99	25,36±12,98	49,28±29,81	61,08±32,10	162,97±72,54

Fragmen dan fiber merupakan dua jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan. Menurut Jabeen *et al.* (2016), konsumsi dan kelimpahan mikroplastik dapat dipengaruhi oleh kebiasaan makan dan kondisi habitat. Kebiasaan makan biota laut dapat memengaruhi bentuk mikroplastik yang dikonsumsi (Hastuti *et al.* 2019). Ikan belanak termasuk kelompok ikan demersal yakni hidup dan mencari makan di dasar perairan (Whitfield, 2012). Menurut Hastuti *et al.* (2019), fragmen memiliki densitas yang tinggi sehingga dapat tenggelam dan terbenam di dasar perairan. Hal ini memungkinkan tertelannya mikroplastik secara langsung ketika ikan belanak sedang mencari makan.



Gambar 1. Grafik korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan ukuran panjang tubuh ikan belanak

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan persamaan $y = -0,1091x + 4,7761$, di mana nilai tersebut didapatkan dari hubungan antara kelimpahan mikroplastik (sumbu y) dengan ukuran panjang tubuh ikan belanak (sumbu x) dan menunjukkan nilai R dari hasil uji korelasi yang telah dilakukan, yaitu -0,500. Nilai p untuk 36 sampel dengan tingkat signifikansi 5%, yaitu 0,329. Nilai tersebut dapat dinyatakan nilai R lebih besar daripada nilai p (-0,500 > 0,329) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan korelasi tingkat sedang antara kelimpahan mikroplastik dengan ukuran panjang ikan belanak namun korelasi yang dihasilkan bersifat negatif atau tidak searah. Critchell dan Hoogenboom (2018) menyatakan ikan yang terbiasa hidup di lingkungan yang tercemar mikroplastik mampu

menghindari konsumsi beberapa ukuran dan bentuk mikroplastik tergantung pada spesies ikan, jenis makanan ikan, dan lainnya karena telah teradaptasi. Berdasarkan penelitiannya, ikan dengan sumber makanan yang cukup mengandung mikroplastik lebih sedikit dan mikroplastik yang menggantikan partikel makanan di tubuh ikan dapat memperlambat laju pertumbuhan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan paparan toksisitas yang terdapat pada mikroplastik dapat menyebabkan perubahan metabolit sehingga berdampak pada perubahan metabolisme ikan (Wan *et al.*, 2018). Katzenberger (2015) menunjukkan penyumbatan pada saluran pencernaan untuk sementara waktu diakibatkan oleh adanya potongan plastik yang tidak seragam pada feses memungkinkan adanya ikan. Penyumbatan tersebut dapat menyebabkan terjadinya *pseudosatiation*. *Pseudosatiation* ini akan berdampak pada penurunan asupan makanan (Welden dan Cowie, 2016). Meskipun demikian, masih belum dapat disimpulkan ada atau tidaknya

terjadi bioakumulasi pada ikan belanak dikarenakan bioakumulasi membutuhkan proses yang cukup lama dan sampel yang diperoleh dari lapangan hanya berasal dari satu kali pengambilan serta tidak diamati secara berkelanjutan.

Mikroplastik pada Kerang Hijau

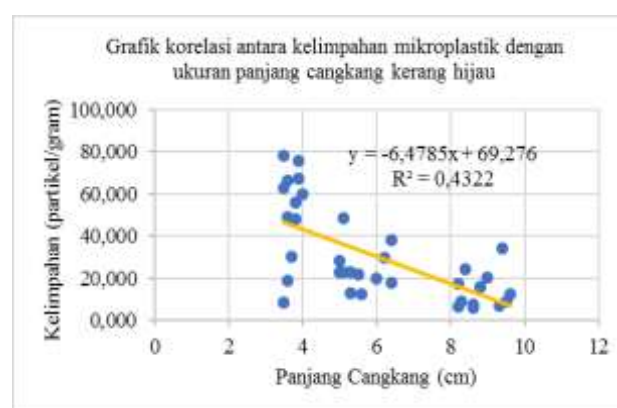
Mikroplastik yang ditemukan pada kerang hijau diantaranya yaitu pelet, film, fiber, dan fragmen. Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada ikan belanak yaitu fragmen dengan nilai rata-rata 35,28 partikel, diikuti fiber dengan 34,00 partikel, lalu film 20,61 partikel, dan pelet sebagai jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan dengan 8,94 partikel. Rata-rata mikroplastik yang ditemukan pada tiap individu yakni 98,83 partikel. Mikroplastik yang ditemukan berukuran 0,02-5,01 mm dengan variasi warna hitam, biru, merah, coklat, jingga dan tidak berwarna.

Tabel 2. Jumlah rata-rata partikel tiap jenis mikroplastik pada tiap individu kerang hijau (partikel/individu).

Ukuran kerang (cm)	Jenis mikroplastik				Rata-rata jenis per ukuran
	Pelet	Film	Fiber	Fragmen	
3	3,50±2,43	11,92±12,45	19,58±18,39	25,25±9,19	60,25±31,90
5	6,92±3,30	21,83±15,27	25,00±20,68	32,58±10,74	86,33±41,94
8	16,42±14,48	28,08±13,52	57,42±43,00	48,00±23,73	149,92±85,57
Rata-rata jumlah mikroplastik berdasarkan jenisnya	8,94±10,27	20,61±15,32	34,00±33,92	35,28±18,55	98,83±69,17

Selain banyak ditemukan pada ikan belanak, mikroplastik jenis fragmen dan fiber juga banyak ditemukan pada kerang hijau. Hal ini didukung oleh Khoironi *et al.* (2018) yang melakukan penelitian di Laut Jawa menemukan adanya kandungan mikroplastik berupa fiber dan fragmen dengan jumlah rata-rata kelimpahan mikroplastik sebanyak 20 partikel/gram. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kolandhasamy *et al.* (2018) diketahui fragmen banyak ditemukan di perut dan usus kerang hijau sedangkan fiber banyak ditemukan di insang dan kaki kerang. Mikroplastik yang masuk melalui insang dapat terperangkap di dalam mucus kemudian berasimilasi dengan epitel insang atau berpindah ke sistem pencernaan beserta bahan makanan (Rahim, 2019). Kerang mampu mengakumulasi mikroplastik dengan tipe

dan jumlah mikroplastik yang berbeda di setiap jaringan tubuhnya (Kolandhasamy *et al.*, 2018).



Gambar 2. Grafik korelasi antara kelimpahan mikroplastik dengan ukuran panjang cangkang kerang hijau.

Berdasarkan Gambar 2. didapatkan persamaan $y = -6,4785x + 69,276$, di mana nilai tersebut didapatkan dari hubungan antara kelimpahan mikroplastik (sumbu y) dengan ukuran panjang cangkang kerang hijau (sumbu x) dan menunjukkan nilai R dari hasil uji korelasi yang telah dilakukan, yaitu -0,657. Nilai p untuk 36 sampel dengan tingkat signifikansi 5%, yaitu 0,329. Nilai tersebut dapat dinyatakan nilai R lebih besar daripada nilai p ($-0,657 > 0,329$) sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan korelasi kuat antara kelimpahan mikroplastik dengan ukuran panjang cangkang kerang hijau namun korelasi yang dihasilkan bersifat negatif atau tidak searah. Hasil menunjukkan hubungan tidak searah dikarenakan makin tinggi laju filtrasi dapat meningkatkan penyerapan mikroplastik. Penyerapan dan akumulasi pencemaran dapat dipengaruhi oleh laju filtrasi (Ramli *et al.*, 2021). Hasil ini didukung oleh Tantanasarit *et al.* (2013) yang menyatakan terdapat perbedaan laju filtrasi antara kerang hijau ukuran kecil dan besar. Laju filtrasi akan melambat seiring dengan laju pertumbuhan kerang, maka laju filtrasi kerang ukuran kecil lebih tinggi dibandingkan dengan kerang ukuran besar. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa makin tinggi laju filtrasi, maka makin tinggi mikroplastik yang diserap. Namun, belum dapat disimpulkan ada atau tidaknya terjadi bioakumulasi pada kerang hijau dikarenakan bioakumulasi membutuhkan proses yang cukup lama dan sampel yang diperoleh dari lapangan hanya berasal dari satu kali pengambilan serta tidak diamati secara berkelanjutan.

Mikroplastik pada Perairan dan Sedimen

Jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada perairan ialah fragmen dengan kelimpahan 3,11 partikel/ml dilanjut fiber dengan 2,01 partikel/ml, lalu film 1,34 partikel/ml sedangkan jenis mikroplastik yang paling sedikit ditemukan ialah pelet dengan kelimpahan 0,72 partikel/ml. Jenis mikroplastik yang paling banyak ditemukan pada sedimen ialah fragmen dengan kelimpahan 12,87 partikel/gram dilanjut fiber dengan 10,09 partikel/gram, lalu film 5,25 partikel/gram, sedangkan jenis pelet ialah yang paling sedikit dengan kelimpahan 1,65 partikel/gram. Dengan demikian, diketahui sumber pencemar tertinggi berasal dari mikroplastik sekunder. Menurut Dewi *et al.* (2015), fragmen banyak ditemukan dikarenakan fragmen merupakan serpihan plastik dengan susunan polimer yang sangat kuat dapat terbenam di dalam sedimen. Selain itu, adanya faktor oseanografi

seperti arus pantai, pasang surut, dan aktivitas penangkapan yang dilakukan oleh nelayan juga dapat memengaruhi kelimpahan mikroplastik di perairan dan sedimen. Mikroplastik yang berada di perairan dapat mengendap di sedimen karena memiliki densitas yang lebih tinggi daripada air laut. Hal ini didukung oleh Zalasiewicz *et al.* (2016) yang menyatakan mikroplastik berpotensi terakumulasi di sedimen.

KESIMPULAN

Jenis mikroplastik yang didapatkan pada masing-masing sampel ialah pelet, film, fiber, dan fragmen. Rata-rata jumlah tiap jenis mikroplastik (partikel/individu) pada ikan belanak ialah pelet 27,25; film 25,36; fiber 49,28; dan fragmen 61,08 sedangkan pada kerang hijau ialah pelet 8,94; film 20,61; fiber 34,00; dan fragmen 35,28. Rata-rata kelimpahan mikroplastik pada air ialah pelet 0,72; film 1,34; fiber 2,01; dan fragmen 3,11 partikel/ml sedangkan pada sedimen ialah pelet 1,65; film 5,25; fiber 10,09; dan fragmen 12,87 partikel/gram. Fragmen merupakan jenis yang paling banyak ditemukan. Hubungan korelasi yang didapatkan antara ukuran panjang ikan belanak dan kerang hijau dengan kelimpahan mikroplastik ialah negatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Ekologi dan Biosistemika, Departemen Biologi dan Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro yang telah memfasilitasi prasarana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, A., Andrady, A., Hidalgo-Ruz, V., Kershaw, P. J. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment; *GESAMP Joint group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection*.
- Brate, I.L.N., Blazquez, M., Brooks, S.J., Thomas, K.V. 2018. Weathering impacts the uptake of polyethylene microparticles from toothpaste in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the Total Environment* 626: 1310 – 1318.
- Browne, M. A. 2015. Sources and Pathways of Microplastics to Habitats. *Marine Anthropogenic Litter* pp 229-244.
- Critchell, K., & Hoogenboom, M. O. 2018. Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous

- reef fish (*Acanthochromis polyacanthus*). *PLoS ONE*, 13(3), 1–19.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I R. 2015. Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3), 121–131.
- Frias, J. P. G. L., Nash, R. 2018. Microplastics: Finding a Consensus on The Definition. *Marine Pollution Bulletin*. 138. 145-147 Galway. Elsevier
- Hastuti, A. R., Lumbanbatu, D. T. F. & Wardiatno, Y. 2019. The Present of Microplastics in the Digestive Tract of Commercial Fishes of Pantai Indah Kapuk coast, Jakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(5), 1233-1242.
- Iqbal, T. H., Hajisamae, S., Khongpuang, S. 2018. Feeding Habits of Asian Green Mussel (*Perna viridis*): A Case Study from Andaman Sea and Gulf of Thailand. *Thesis*. Thailand: Prince of Songkla University.
- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., & Shi, H. 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution*, 221, 141–149.
- Jupriyati, R., Soenardjo, N., Suryono, C. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). *Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. Journal of Marine Research*, vol. 3, no. 1, pp. 61-68
- Kastawi, Yusuf. dkk. 2008. *Zoologi Avertebrata*. Malang: Jica.
- Katzenberger, T. D. 2015. Assessing the Biological Effects of Exposure to Microplastics in the Three-Spined Stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) (Linnaeus 1758). *Ph.D. these*, University of York.
- Khoironi, A. Anggoro, S., Sudarno. 2018. The existence of microplastic in Asian green mussels The existence of microplastic in Asian green mussels. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 131, 012050
- Kolandhasamy, P., Su, L., Li, J., Qu, X., Jabeen, K., & Shi, H. 2018. Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: A novel way to uptake microplastics beyond ingestion. *Science of the Total Environment*, 610–611, 635–640.
- Malik, I., Yusuf, M., Subachri, W., Yusuf, C. 2015. *Better Management Practices: Budidaya Kerang Hijau (Perna viridis)*. Jakarta: WWF Indonesia
- Okfan, A., M. R. Muskananfolo, and Djuwito. 2015. Studi Ekologi dan Aspek Biologi Ikan Belanak (*Mugil* sp.) di Perairan Muara Sungai Banger, Kota Pekalongan. *Journal of Maquares* 4, no. 3: 156-163.
- Rahim, N. F., Yaqin, K., & Rukminasari, N. 2019. Effect Of Microplastic On Green Mussel *Perna viridis*: Experimental Approach. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 5(2), 89.
- Ramli, Yaqin, K., & Rukminasari, N. 2021. Kontaminasi mikroplastik pada kerang hijau *Perna viridis* di Perairan Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia [Microplastics contamination in green mussels *Perna viridis* in Pangkajene Kepulauan Waters, South Sulawesi, Indonesia]. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*, 5(1), 1–5.
- Reisser, J., Shaw, J., Wilcox, C., Hardesty, B.D., Proietti, M., Thums, M. 2013. Marine plastic pollution in waters around Australia: characteristics, concentrations, and pathways. *PloS One*;8(11):e80466
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., and Teh, S. J. 2015. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5, 14340.
- Santoso, S. 2012. *Aplikasi SPSS pada Statistik non Parametrik*. Jakarta: Elex Media Komputindo
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syakti, A. D., Hidayati, N. V., Jaya, Y. V., Siregar, S. H., Yude, R., Suhendy, Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., Doumenq, P. 2018. Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 137. 593-600
- Tantanararit, C., Babel, S., Englande, A. J., & Meksumpun, S. 2013. Influence of size and density on filtration rate modeling and nutrient uptake by green mussel (*Perna viridis*). *Marine Pollution Bulletin*, 68(1–2), 38–45.
- Tourinho, P.S., Ivar do Sul, J. A., Fillmann, G. 2010. Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil?. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 396-401

- Wan, Z., Wang, C., Zhou, J., Shen, M., Wang, X., Fu, Z., Jin, Y. 2018. Effects of polystyrene microplastics on the composition of the microbiome and metabolism in larval zebrafish. *Chemosphere*, 217, 646–658.
- Welden, N. A. C., & Cowie, P. R. 2016. Long-term microplastic retention causes reduced body condition in the langoustine, *Nephrops norvegicus*. *Environmental Pollution*, 218, 895–900.
- Whitfield, A.K., Panfili, J., Durand, J.D. 2012. A global review of the cosmopolitan flathead mullet *Mugil cephalus* Linnaeus 1758 (Teleostei: Mugilidae), with emphasis on the biology, genetics, ecology and fisheries aspects of this apparent species complex. *Rev. Fish Biol. Fish.* 22:641–681.
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ivar do Sul, J. A., Corcoran, P. L., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Edgeworth, M., Gałuszka, A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Steffen, W., Summerhayes, C., Waple, M., Williams, M., Wolfe, A. P., & Yonah, Y. 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13, 4–17.
- Zhang, H. 2017. Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.