

Kontaminasi Mikroplastik pada *Perna viridis* di Teluk Lampung

Zakiyah Rahim¹, Neviaty Putri Zamani^{2*}, Meutia Samira Ismet²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University

Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia

Email: neviaty@apps.ipb.ac.id

Abstract

Microplasti contamination in *Perna viridis* of Lampung Bay

Fisheries activity in Lampung Bay which has been very active in recent years is the cultivation of green mussels (*P. viridis*) for consumption. Located in Teluk Betung Timur sub-district, this is considered appropriate because of the environmental parameters that support the life of *P. viridis*. The location of *P. viridis* cultivation is not far from coastal settlements (± 500 -600 m from settlements). Anthropogenic activities of coastal residents as well as the use of plastic materials in the cultivation are concerned to be the source of microplastic contamination that found in *P. viridis*. This study aims to determine the presence and characteristics of microplastics in *P. viridis* as well as to compare the abundance of microplastics in the gills and digestive organs. Taking 30 *P. viridis* by purposive sampling with homogeneous size. The samples were analyzed by microplastics in chemical oceanography and biology micro Laboratory, FPIK, IPB University. *P. viridis* tissue was destructed by using 10% KOH solution at a ratio of 1:3 (m/v) at 60 °C for 24 hours and then filtered using a 1.6 μ m Whatman GF/A filter paper. Abundance of microplastics in whole soft tissue were 0.53 ± 0.7 mg/l/g. The gill organs were found to be more microplastic than the digestive organs ($p < 0.05$). The fragments microplastic is most commonly found in intact tissues and digestive organs, while fiber is mostly found in the gills of *P. viridis*. Blue color and size $< 100 \mu$ m were most commonly found in intact tissues, gills and digestive organs of *P. viridis*.

Keywords : Lampung Bay; Microplastic; *P. viridis*

Abstrak

Kegiatan perikanan di Teluk Lampung yang sangat aktif dalam beberapa tahun ini yaitu kultivasi kerang hijau (*P. viridis*) konsumsi. Berlokasi di kecamatan Teluk Betung Timur, hal ini dinilai tepat karena parameter lingkungan yang menunjang kehidupan *P. viridis*. Lokasi pembesaran *P. viridis* tidak jauh dari pemukiman penduduk pesisir (± 500 -600 m dari pemukiman). Kegiatan antropogenik penduduk pesisir juga penggunaan material plastik pada sistem pembesaran dikhawatirkan dapat menjadi sumber cemaran mikroplastik yang terdapat pada *P. viridis*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan karakteristik mikroplastik pada *P. viridis* juga membandingkan kelimpahan mikroplastik pada insang dan organ pencernaan. Pengambilan 30 *P. viridis* secara purposive sampling dengan ukuran homogen. Analisis mikroplastik dilakukan di laboratorium oseanografi kimia dan biologi mikro, FPIK, Universitas Pertanian Bogor. Destruksi jaringan *P. viridis* dengan menggunakan larutan KOH 10% perbandingan 1:3 (m/v) pada suhu 60 °C selama 24 jam lalu difiltrasi menggunakan filter paper whatman GF/A 1,6 μ m. Mikroplastik tubuh kerang utuh yaitu $0,53 \pm 0,7$ mg/l/g. Organ insang lebih banyak ditemukan mikroplastik dibandingkan organ pencernaan ($p < 0,05$). Bentuk fragmen paling banyak ditemukan di jaringan utuh dan organ pencernaan, sedangkan fiber banyak ditemukan di insang *P. viridis*. Warna biru dan ukuran $< 100 \mu$ m paling banyak ditemukan di jaringan utuh, insang maupun organ pencernaan *P. viridis*.

Kata kunci : Mikroplastik; *P. viridis*; Teluk Lampung

PENDAHULUAN

Permintaan dan produksi plastik diestimasikan meningkat 200 kali lipat selama 65 tahun terakhir seiring bertambahnya populasi manusia, namun peningkatan tersebut tidak disertai dengan pengelolaan limbah yang tepat (Ritchie & Max, 2018). Limbah plastik yang sifatnya sulit terurai akan menumpuk dan menjadi ancaman lingkungan yang dapat mengganggu nilai estetika suatu lokasi (Thushari & Senevirathna, 2020) menjadi ancaman bagi berbagai organisme (Anastasopoulou & Fortibuoni, 2019), menghambat aliran pada sistem buangan air Honingh *et al.* (2020), serta dapat menyerap dan melepaskan bahan polutan ke lingkungan (Teuten *et al.*, 2009). Indonesia menjadi salah satu negara penyumbang limbah plastik tidak terkelola kedua tertinggi di dunia dan limbah tersebut diestimasikan masuk ke perairan laut sebanyak 1,29 juta ton metrik (Jambeck *et al.*, 2015). Provinsi Lampung ikut disorot menjadi kontributor penyumbang limbah plastik perairan Indonesia,

sekitar 8000 ton limbah plastik ditemukan menumpuk di perairan Teluk Lampung (DLH Lampung, 2020).

Limbah plastik di perairan dapat terdegradasi secara kimiawi, fisikal, maupun biologis menjadi plastik berukuran 1 μm hingga 5 mm, partikel ini disebut sebagai mikroplastik (GESAMP, 2016). Mikroplastik terdistribusi secara luas di berbagai lapisan laut (Song *et al.*, 2018). Distribusi yang luas dan ukurannya yang sangat kecil menyebabkan mudahnya mikroplastik menempel dan tertelan oleh berbagai organisme laut dari level tropik yang berbeda (Athey *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2020; Nelms *et al.*, 2018). Organisme tropik terendah diketahui memiliki resiko paling tinggi terpapar kontaminasi mikroplastik (Walkinshaw *et al.*, 2020).

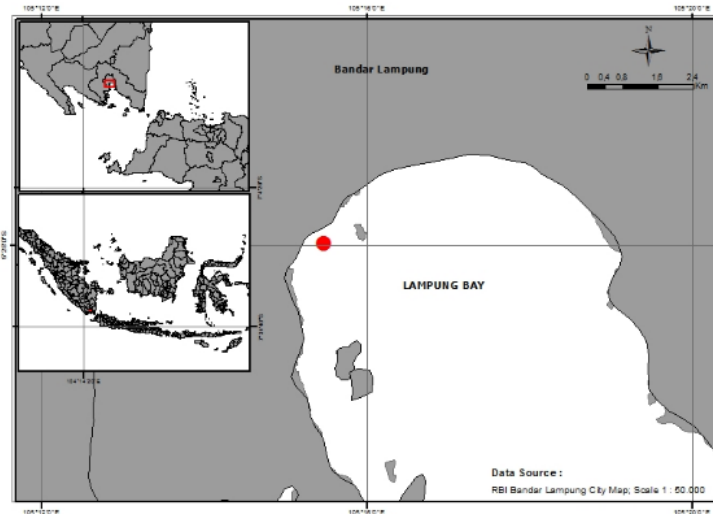
Kerang merupakan salah satu organisme tropik rendah yang paling mudah terpapar mikroplastik sebab kerang bersifat sesil dan memiliki kemampuan untuk menyaring perairan disekitarnya (Setälä *et al.*, 2016; Lusher, 2015). Kerang konsumsi yang terpapar mikroplastik menjadi salah satu jalur persebaran mikroplastik melalui rantai makanan yang akhirnya dapat terakumulasi pada manusia, terlebih kerang biasanya dimakan utuh sehingga tidak dapat dihindari adanya mikroplastik (Baechler *et al.*, 2019; Smith *et al.*, 2018; Van Cauwenberghe & Janssen, 2014). Beberapa penelitian banyak menemukan kehadiran mikroplastik pada kerang konsumsi, penelitian Li *et al.* (2016) mengungkapkan bahwa kerang *Mytilus edulis* yang diambil dari lokasi pembesaran di Perairan China mengandung 1,6 mikroplastik partikel (mp)/g, sedangkan *M. edulis* pada perairan cukup tercemar mikroplastik ditemukan 3,3 mp/g. *Perna viridis* dari Perairan India ditemukan mengandung 0,33-1,53 mp/g (Patterson *et al.*, 2021), sedangkan kandungan mikroplastik *P. viridis* di Indonesia yang berasal dari Perairan Lae-Lae sebanyak 0,04-0,13 mp/g (Fachruddin *et al.*, 2019) dan Perairan Pangkajene sebanyak 0,32-0,60 mp/g (Ramli *et al.*, 2021).

Kerang hijau (*P. viridis*) banyak ditemukan pada lokasi pembesaran Teluk Lampung. Kegiatan pembesaran *P. viridis* berjarak \pm 600 m dari pemukiman masyarakat pesisir dan banyak menggunakan peralatan yang berbahan plastik. Jumlah dan jarak masyarakat yang hidup dekat dengan lokasi pembesaran, serta penggunaan alat plastik pada proses pembesaran disebut dapat berdampak pada kelimpahan mikroplastik di tubuh kerang (Lusher *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2016). Kehadiran mikroplastik pada kerang hijau konsumsi diduga menjadi salah satu ancaman bagi keamanan pangan dan kesehatan manusia (De-la -Torre, 2019; Smith *et al.*, 2018; Sharma & Chatterjee, 2017), namun penelitian mengenai kelimpahan mikroplastik pada kerang hijau dan penelusuran organ yang paling banyak ditemukan mikroplastik masih belum banyak dilakukan terutama pada *P. viridis* Teluk Lampung. Informasi mengenai keberadaan mikroplastik di jaringan tubuh, organ insang, dan organ pencernaan *P. viridis* konsumsi yang diambil dari perairan Teluk Lampung belum banyak terhimpun, hal ini mendorong dilakukannya penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan dan karakteristik mikroplastik di seluruh jaringan lunak kerang hijau juga membandingkan kelimpahan pada bagian insang dan pencernaan *P. viridis* Teluk Lampung, sehingga diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan keamanan pangan terutama pada kerang hijau konsumsi

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel kerang diambil dari perairan Teluk Lampung pada kecamatan Teluk Betung Timur (Gambar 1) pada bulan September 2020. Analisis dilakukan di laboratorium oseanografi kimia dan Biologi Mikro fakultas perikanan dan ilmu kelautan IPB. Lokasi penelitian dipilih berdasarkan metode *purposive sampling* dimana lokasi banyak ditemukan *P. viridis* konsumsi yang dikultivasi menggunakan alat-alat berbahan plastik dan berlokasi tidak jauh dari pemukiman masyarakat pesisir. Timur Laut lokasi pengambilan sampel merupakan Pulau Pasaran sedangkan pada bagian Utara merupakan pesisir kecamatan Teluk Betung Timur. Pengambilan sampel dilakukan pada satu lokasi dikarenakan lokasi tersebut merupakan satu satunya lokasi pembesaran *P. viridis* di wilayah Lampung yang dekat dengan pemukiman masyarakat dan banyak menggunakan peralatan berbahan plastik.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel di Teluk Lampung

Sampel *P. viridis* diambil langsung pada satu lokasi pembesaran *P. viridis*. Lokasi pembesaran seluas ± 1 Ha. Kondisi perairan lokasi pembesaran saat pengambilan sampel sedang pasang dan kecepatan arus $\pm 0,02$ m/s. Kerang diambil kurang lebih sebanyak 30 individu secara acak dengan ukuran terbanyak yaitu ukuran 6,5 cm. Ukuran 6,5 cm merepresentatifkan kerang dewasa, dimana pada ukuran tersebut rata-rata *P. viridis* telah memiliki fungsi sistem organ yang baik. *P. viridis* diangkut tanpa penambahan media air selama diperjalanan dan diletakkan langsung ke dalam freezer pada suhu -4°C untuk kemudian dilanjutkan pada proses analisis. Seluruh sampel *P. viridis* dengan ukuran panjang yang seragam (6,5 cm) diukur lebar dan tinggi cangkangnya menggunakan jangka sorong, dicuci bersih menggunakan air mengalir, kemudian ditimbang berat basahnya menggunakan neraca analitik. Proses analisis mikroplastik pada sampel *P. viridis* mengacu pada Dehaut *et al.* (2016) dan Thiele *et al.* (2019), sampel jaringan lunak utuh dari 30 individu kerang dibuat menjadi 7 ulangan dengan banyak 4-5 individu *P. viridis*, kemudian insang dan organ pencernaan dari 30 individu lainnya juga dikompositkan menjadi 6 ulangan untuk didestruksi, selanjutnya komposit jaringan kerang dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer kaca volume 100 ml. Komposit jaringan kerang kemudian didestruksi menggunakan larutan KOH 10% (w/v, 3x volume jaringan) lalu didiamkan pada suhu 60°C selama 24 jam di dalam oven. Penambahan larutan KOH 10% bertujuan untuk menghilangkan materi organik *P. viridis* sehingga mikroplastik dapat dipisahkan (Rochman *et al.*, 2015). Sampel kerang yang sudah terdestruksi selanjutnya disaring menggunakan kertas saring whatman GF/A $1,6\ \mu\text{m}$ menggunakan alat *vacuum pump*. Kertas saring kemudian dikeringkan di oven pada suhu 40°C selama 24 jam. Mikroplastik yang tersaring dari *P. viridis* kemudian diamati secara visual baik warna, bentuk, juga dihitung ukurannya menggunakan mikroskop stereo (Olympus SZ61) perbesaran 45 dengan bantuan kamera yang terintegrasi dengan software BetaView. Pengamatan bentuk, warna, dan ukuran mikroplastik secara visual mengacu GESAMP (2019) dan Barboza *et al.* (2018). Partikel mikroplastik yang teridentifikasi dihitung nilai kelimpahannya dengan satuan mp/g.

Analisis perbedaan kelimpahan mikroplastik pada insang dan organ pencernaan dilakukan menggunakan Independent Sample t-Test, analisis Kruskal wallis digunakan untuk melihat perbedaan kelimpahan mikroplastik berdasarkan bentuk, warna, dan ukuran menggunakan software SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

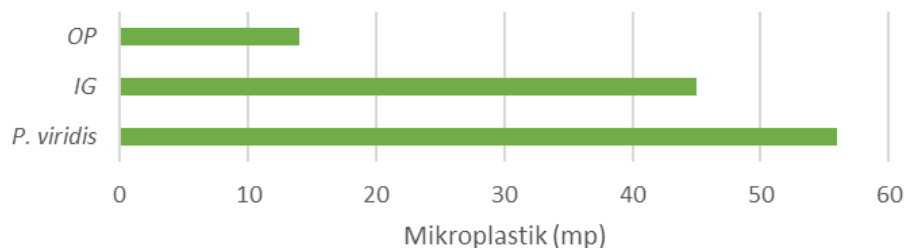
Total keseluruhan partikel mikroplastik dari 30 jaringan utuh *P. viridis* yang dibesarkan selama ± 6 bulan yaitu 56 partikel, sedangkan pada insang dan organ pencernaan yaitu 45 dan 14 partikel.

Kerang hijau memiliki rata-rata ukuran panjang cangkang 6,5 cm dan berat basah rata-rata $3,45 \pm 0,6$. Jumlah partikel yang ditemukan pada *P. viridis* sebanyak $0,53 \pm 0,07$ mp/g ($n = 56$ partikel). Kelimpahan mikroplastik di tubuh kerang juga berhubungan dengan banyaknya kegiatan manusia di sekitarnya (Li *et al.*, 2016). Kelimpahan mikroplastik *P. viridis* di Teluk Lampung relatif hampir sama dengan *P. viridis* perairan Sulawesi Selatan yang berkisar 0.32-0.6 mp/g (Ramli *et al.*, 2021), namun nilainya lebih rendah dari pada *P. viridis* dari perairan Teluk Jakarta (Fathoniah & Patria, 2021). Kelimpahan mikroplastik di insang lebih banyak dibandingkan dengan organ pencernaan (Gambar 2) dengan nilai kelimpahan $1,5 \pm 0,15$ mp/g dan $0,23 \pm 0,02$ mp/g ($p < 0,05$).

Kelimpahan mikroplastik lebih tinggi berada pada organ insang, begitu juga pada *P. viridis* yang diamati oleh Fathoniah & Patria (2021) dengan jumlah mikroplastik 551 mp pada insang dan 206 mp pada organ pencernaan. Insang merupakan organ pertama yang akan menangkap partikel sebelum akhirnya terseleksi, tertelan dan masuk ke dalam organ pencernaan (Riisgård *et al.* 2011, 2014). Perairan yang dipompa masuk ke dalam tubuh kerang hijau pada awalnya akan bergerak menuju insang dan mengarah ke bagian axial insang (dorsal), frontal silia (yang terpapar langsung oleh partikel) akan menangkap partikel yang dianggap sebagai makanan. Partikel yang sudah tertangkap kemudian ditransfer menuju bagian *food groove* (ventral) dan siap untuk dibawa menuju *labial palp* (Gosling, 2015). *P. viridis* memiliki tipe insang *homorhabdic* yang hanya dapat membawa partikel ke satu arah menuju *labial palp* (organel utama penyeleksi partikel), hal ini menyebabkan proses penyeleksian partikel untuk ditelan tidak maksimal, Walaupun demikian insang tetap memproduksi mukosa yang membantu dalam pengangkutan partikel ke *labial palp* (Ward *et al.*, 2019b).

Mukosa juga terdapat pada *labial palp*, mukosa pada *labial palp* menyebabkan adanya interaksi dengan sifat fisikokimia partikel. Penyeleksian partikel oleh *labial palp* bergantung dari ukuran, bentuk, hidropobisitas permukaan partikel serta ada tidaknya kandungan nutrisi pada partikel (Rosa *et al.*, 2018). Mukosa pada *labial palp* keluarga *mytilidae* akan memilih partikel yang secara fisik lebih hidropobik dan secara kimia memiliki permukaan yang mengandung glukosa agar bisa berikatan dengan lektin mukosa. Hal-hal inilah yang diduga kuat mempengaruhi perbedaan kelimpahan mikroplastik dimana insang lebih banyak mengakumulasi mikroplastik dibandingkan organ pencernaan. Selain itu, penelitian Madeppungeng *et al.* (2021) juga membuktikan bahwa banyak mikroplastik yang tertahan dibagian axial insang dibandingkan dengan kelimpahan mikroplastik yang berada di bagian *food groove* insang *P. viridis*, artinya banyak mikroplastik yang tertahan di insang dan sedikit yang dapat dibawa menuju *labial palp*. Partikel yang tidak ditelan akan digumpalkan oleh mukosa dan didepositkan ke tempat spesifik di bagian mantel lalu ditransfer oleh silia untuk dikeluarkan melalui sipon pembuangan (Garrido *et al.*, 2012)

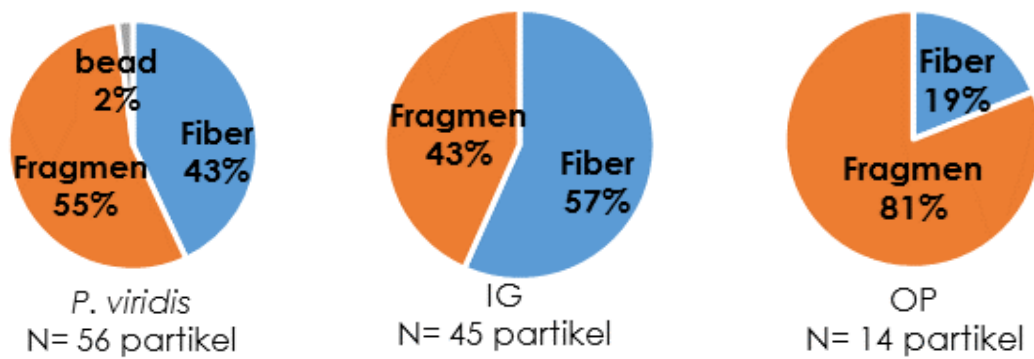
Bentuk mikroplastik yang ditemukan di seluruh jaringan tubuh *P. viridis* Teluk Lampung yaitu fiber, fragmen, dan bead (Gambar 5), sedangkan bentuk mikroplastik yang berasal dari insang dan organ pencernaan terpisah kerang *P. viridis* hanya fiber dan fragmen (Gambar 3). Fragmen banyak ditemukan pada 30 jaringan tubuh utuh dengan nilai persentase 55% ($n = 31$ partikel). Organ insang lebih banyak ditemukan mikroplastik dengan bentuk fiber dengan nilai persentase 57% ($n = 26$ partikel) dibandingkan bentuk fragmen 43% ($n = 19$ partikel), sedangkan organ pencernaan lebih didominasi bentuk fragmen dengan nilai persentase 81% ($n = 11$ partikel) dibandingkan bentuk fiber 19% ($n = 3$ partikel) dengan $p < 0,05$.



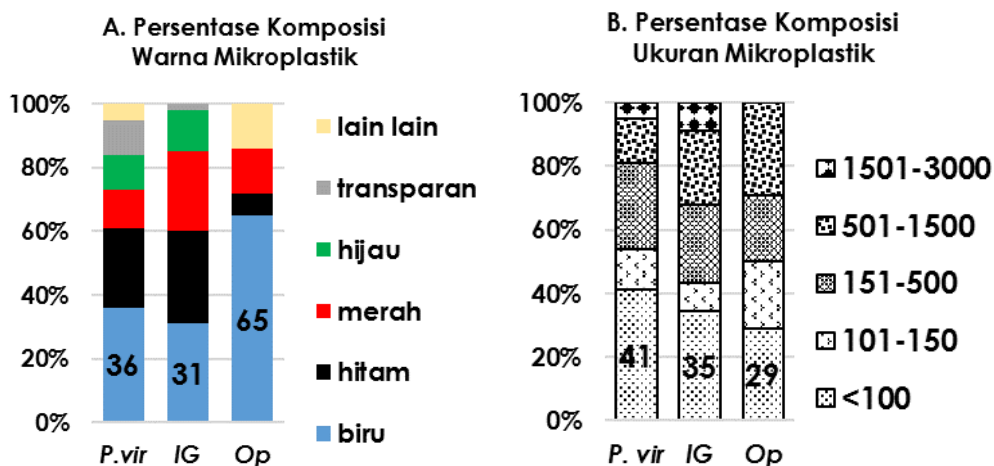
Gambar 2. Total mikroplastik pada *P. viridis*. Keterangan: IG=Insang; OP=organ Pencernaan

Warna mikroplastik yang ditemukan baik pada jaringan utuh, insang maupun organ pencernaan didominasi oleh mikroplastik berwarna biru dengan nilai persentase 36% (n= 20 partikel); 35% (n= 14 partikel); dan 46% (n= partikel 9) (Gambar 4A). Penelitian ini membagi ukuran mikroplastik menjadi 6 katagori mengacu pada Barboza *et al.* (2018) yaitu <100; 101-150; 151-500; 501-1500; 1501-3000; dan 3001-5000 μm . Ukuran mikroplastik yang ditemukan di jaringan utuh, insang dan organ pencernaan *P. viridis* Teluk Lampung didominasi dengan ukuran <100 μm dengan nilai persentase secara berurutan 41% (n= 23 partikel); 35% (n= 15 partikel); 46% (n= 6 partikel) (Gambar 4B) dengan ukuran terkecil 18 μm dan yang paling besar berukuran 2076,9 μm .

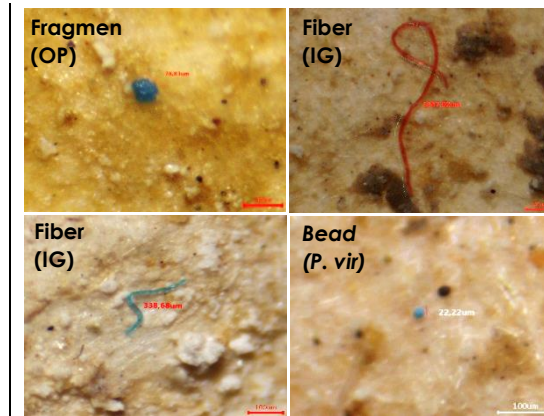
Fiber maupun fragmen merupakan produk sekunder dari degradasi makroplastik, keduanya banyak ditemukan pada perairan yang banyak dihuni penduduk (Li *et al.*, 2021). Fiber diketahui dapat bersumber dari tali rafia atau tali yang digunakan untuk kegiatan perikanan, seperti jaring ikan, tali pancing, juga dapat dihasilkan dari sisa pencucian pakaian (poliester) penduduk yang ikut mengalir ke perairan (GESAMP, 2016). Mikroplastik fragmen yang ada di perairan merupakan hasil dari makroplastik yang terfregmentasi, banyak menemukan fragmen berpolimer polietilen, dimana bahan ini merupakan bahan penyusun utama kantong plastik dan botol plastik (Egger *et al.*, 2020). Oleh sebab itu sangat wajar apabila *P. viridis* hijau didominasi oleh mikroplastik bentuk fragmen, karena lokasi tersebut sangat banyak menggunakan kantong plastik, drum plastik, dan botol plastik yang mengapung. Kehadiran mikroplastik pada perairan juga dapat dipengaruhi oleh penempelan mikroorganisme atau agregrat di mikroplastik, hal ini menyebabkan adanya preferensi mikroplastik dengan agregrat yang lebih banyak ditelan oleh kerang (Kooi *et al.*, 2017).



Gambar 3. Persentase bentuk mikroplastik (IG: Insang; OP: organ Pencernaan)



Gambar 4. Persentase komposisi warna (A) dan ukuran (B) mikroplastik *P. viridis* Teluk Lampung
Keterangan: P.vir= *P. viridis*; IG= Insang; Op= Organ Pencernaan



Gambar 5. Mikroplastik pada *P. viridis* Teluk Lampung
 Keterangan : *P. vir*= *P. viridis*; IG= Insang; Op= Organ Pencernaan

Proses degradasi pada mikroplastik juga menjadi salah satu faktor meningkatnya kelimpahan mikroplastik dengan ukuran yang lebih kecil (Wagner & Lambert, 2018). Proses degradasi akan terjadi apabila terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi seperti pengaruh dari penyinaran matahari, degradasi akibat suhu, pH, akibat kondisi hidrodinamika, serta oleh agen biodegradasi yang menempel di mikroplastik tersebut (Crawford & Quinn 2017; Gong *et al.*, 2018). Ukuran mikroplastik <100 µm dapat memberikan ancaman bagi kehidupan organisme laut, sebab ukuran ini merupakan ukuran yang mudah untuk tertelan, terutama pada organisme sesil seperti kerang-kerangan (Browne *et al.*, 2008). Kerang mampu menelan mikroplastik pada ukuran <1500 µm (De Witte *et al.*, 2014). Mikroplastik pada awalnya akan menempel dan dibawa oleh silia yang ada pada insang, kemudian diarahkan menuju ke labial palp untuk diseleksi. Partikel terseleksi akan ditransfer ke sistem organ pencernaan, sedangkan yang tidak akan dibuang dalam bentuk pseudofeces kembali ke lingkungan (Gosling, 2015). Penelitian ini menemukan ukuran mikroplastik yang cukup besar untuk tertelan oleh *P. viridis* (1501-3000 µm), dipastikan mikroplastik tersebut tidak tertelan namun hanya menempel pada permukaan tubuh kerang atau menempel pada insang kerang. Kedua kerang dengan kedalaman yang berbeda lebih banyak menangkap mikroplastik bentuk fragmen dengan ukuran didominasi <100 µm. Hal ini menunjukkan bahwa kebiasaan makan kerang yang hidup pada kedalaman yang berbeda tetap akan menyaring partikel yang relatif lebih kecil dan sesuai dengan kelimpahan mikroplastik diperairannya.

Mikroplastik yang didominasi berwarna biru mungkin dihasilkan dari masukan sampah masyarakat pesisir juga dari alat pembesaran kerang metode rawai panjang yang banyak menggunakan botol plastik, beberapa tali rafia berwarna biru, juga menggunakan beberapa drum HDPE biru sebagai pengapung. Selain itu, bead yang ditemukan juga berwarna biru, *microbead* ini berkarakter hampir sama dengan *microbead* yang ditemukan pada penelitian Cheung & Fok (2016), *microbead* yang ditemukan juga berwarna biru, *microbead* tersebut merupakan jenis mikroplastik primer yang dapat ditemukan dari produk perawatan diri atau kosmetik yang berasal dari buangan dan aliran sungai daerah pemukiman.

Mikroplastik fiber yang banyak ditemukan pada insang kerang hijau diduga dapat disebabkan oleh banyaknya mukosa insang yang melapisi fiber tersebut sebelum dibawa menuju labial palp, namun pada penelitian Woods *et al.* (2018) mengatakan bahwa proses depurasi dapat membantu menurunkan konsentrasi fiber di insang sehingga laju filtrasi dapat kembali meningkat. Mikroplastik fiber dengan ukuran 450 µm dan mikroplastik butiran ukuran 250 µm yang ditemukan pada insang *M. edulis* memiliki efek yang sama yaitu dapat menurunkan laju filtrasi sebanyak 50% dari keadaan normal (Woods *et al.*, 2018). Ward *et al.* (2019a) mengatakan bahwa kerang *M. edulis* lebih banyak menelan microfiber, dibandingkan *microbead* yang panjangnya sama (> 1000 µm), microfiber yang tertelan pada akhirnya akan terjerat pada organ pencernaan dan membutuhkan waktu eksresi dan retensi yang lama.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kerang hijau Teluk Lampung yang dibesarkan dekat dengan pemukiman penduduk dan banyak menggunakan alat berbahan plastik dapat mengakumulasi mikroplastik, dengan bentuk yang paling banyak ditemukan fragmen dan fiber, juga didominasi warna biru dan ukuran <100 µm. Kelimpahan mikroplastik paling banyak ditemukan di Insang dibandingkan organ pencernaan. Penelitian ini masih belum menjelaskan secara rinci mengenai pengaruh karakteristik mikroplastik dan zat aditifnya terhadap kesehatan kerang hijau, untuk itu diperlukan kajian mendalam mengenai efek efek yang ditimbulkan dari mikroplastik dengan karakteristik yang berbeda pada kesehatan kerang hijau Teluk Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasopoulou, A., & Fortibuoni, T. (2019). Impact of Plastic Pollution on Marine Life in the Mediterranean Sea. *The Handbook of Environmental Chemistry*. 1-62. doi: 10.1007/698_2019_421
- Athey, S.N., Albotra, S.D., Gordon, C.A., Monteleone, B., Seaton, P., Andrady, A. & Brander, S.M. (2020). Trophic transfer of microplastics in an estuarine food chain and the effects of a sorbed legacy pollutant. *Limnology and Oceanography Letters*, 5(1), 154–162. doi: 10.1002/lol2.10130
- Baechler, B.R., Stienbarger, C.D., Horn, D.A., Joseph, J., Taylor, A.R., Granek, E.F., & Brander, S.M. (2019). Microplastic occurrence and effects in commercially harvested North American finfish and shellfish: Current knowledge and future directions. *Limnology and Oceanography Letters*. 5(1), 113-136. doi: 10.1002/lol2.10122
- Barboza, L.G.A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B.R.B.O., Lundebye, A.K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.05.047
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M., & Thompson, R.C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology*, 42(13), 5026–5031. doi: 10.1021/es800249a
- Cheung, P.K., & Fok, L. (2016). Evidence of microbeads from personal care product contaminating the sea. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 582–585. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.046
- Costa, E., Piazza, V., Lavorano, S., Faimali, M., Garaventa, F., & Gambardella, C. (2020). Trophic Transfer of Microplastics From Copepods to Jellyfish in the Marine Environment. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 158. doi: 10.3389/fenvs.2020.571732
- Crawford, C.B., & Quinn, B. (2017). Physicochemical properties and degradation. *Microplastic Pollutants*. pp57-100. doi: 10.1016/b978-0-12-809406-8.00004-9
- De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., & Robbens, J. (2014). Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 146–155. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.006
- Dehaut, A., Cassone, A.L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., & Paul-Pont, I. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, 215, 223–233. doi: 10.1016/j.envpol.2016.05.018
- De-la -Torre, G.E. (2019). Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *Journal of Food Science and Technology*. doi:10.1007/s13197-019-04138-1
- DLH Provinsi Lampung. (2020). Unpublished data. Dalam: Mongebay. <https://www.mongabay.co.id/2020/12/09/sampah-sumber-segala-masalah-lingkungan-di-teluk-lampung/>. Diakses 5 Juli 2021
- Egger, M., Sulu-Gambari, F., & Lebreton, L. (2020). First evidence of plastic fallout from the North Pacific Garbage Patch. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. doi: 10.1038/s41598-020-64465-8
- Fachrudin, L., Khusnul, Y., & Reski, lin. (2021). Perbandingan dua metode analisis konsentrasi mikroplastik pada kerang hijau, *Perna viridis* dan penerapannya dalam kajian ekotoksikologi. *Jurnal Pengelolaan Perairan* 3(1), 1-13.
- Fathoniah, I., & Patria, M. P. (2021). Abundance of microplastic in green mussel *Perna viridis*, water, and sediment in Kamal Muara, Jakarta Bay. *Journal of Physics: Conference Series*, 1725(1), p012042. doi: 10.1088/1742-6596/1725/1/012042

- Garrido, M.V., O.R., Chaparro, R.J., Thompson, O., Garrido, & J.M., Navarro. (2012). Particle sorting and formation and elimination of pseudofeces in the bivalves *Mulina edulis* (siphonate) and *Mytilus chilensis* (asiphonate). *Marine Biology*, 159: 987–1000. doi: 10.1007/s00227-012-1879-8
- GESAMP. (2016). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part 2 of a global assessment. (IMO, FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP). In: Kershaw, P.J. (Ed.), Rep. Stud. GESAMP No. 90 (96 pp). Reports and Studies GESAMP, No. 93, 96 P., 93.
- GESAMP. (2019). Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. Reports and Studies GESAMP, No 99, 130. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>
- Gong, J., Kong, T., Li, Y., Li, Q., Li, Z., & Zhang, J. (2018). Biodegradation of microplastic derived from poly(ethylene terephthalate) with bacterial whole-cell biocatalysts. *Polymers*, 10(12), 1326. doi: 10.3390/polym10121326
- Gosling, E. (2015). *Marine Bivalve Molluscs*. John Wiley & Sons. doi: 10.1002/9781119045212
- Hannah, R., & Max, R. (2018). Plastic Pollution. Published online pada OurWorldInData.org. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Diakses 29 Nopember 2021
- Honingh, D., van Emmerik, T., Uijttewaald, W., Kardhana, H., Hoes, O., & van de Giesen, N. (2020). Urban River Water Level Increase Through Plastic Waste Accumulation at a Rack Structure. *Frontiers in Earth Science*, 8(2020), 28p. doi: 10.3389/feart.2020.00028
- Jambeck, J.R., Ji, Q., Zhang, Y.G., Liu, D., Grossnickle, D.M., & Luo, Z.X. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* (80), 347(6223):764–768. doi: 10.1126/science.1260879.
- Kooi, M., Van Nes, E.H., Scheffer, M., & Koelmans, A.A. (2017). Ups and Downs in the Ocean: Effects of Biofouling on Vertical Transport of Microplastics. *Environmental Science and Technology*, 51(14): 7963–7971. doi: 10.1021/acs.est.6b04702
- Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., & Shi, H. (2016). Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environmental Pollution*, 214:177–184. doi: 10.1016/j.envpol.2016.04.012
- Li, Y., Zhang, Y., Chen, G., Xu, K., Gong, H., Huang, K., Yan, M., & Wang, J. (2021). Microplastics in surface waters and sediments from Guangdong coastal areas, South China. *Sustainability*, 13(5): 1–15. doi: 10.3390/su13052691
- Lusher, A. (2015). Marine anthropogenic litter-Chapter 10 : Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. *Marine Anthropogenic Litter*. doi: 10.1007/978-3-319-16510-3
- Lusher, A.L., Hollman, P.C.H., & Mendoza-Hill, J.J. (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. FAO, Rome. <https://www.fao.org/3/i7677en/i7677EN.pdf>
- Madeppungeng, E.R., M., P. Patria, & A., Suryanda. (2021). Analysis location of microplastics in green mussel's *Perna viridis* Gills (Linnaeus, 1758). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 1098, 05205. doi: 10.1088/1757-899X/1098/5/052050
- Nelms, S.E., Tamara, S.G., Brendan, J.G., & Penelope, K.L. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999-1007. doi: 10.1016/j.envpol.2018.02.016
- Patterson, J., Jeyasanta, K.I., Laju, R.L., & Edward, J.K.P. (2021). Microplastic contamination in Indian edible mussels (*Perna perna* and *Perna viridis*) and their environs. *Marine Pollution Bulletin*, 171, 112678. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.112678
- Ramli, Yaqin, K., & Rukminasari, N. (2021). Kontaminasi mikroplastik pada kerang hijau *Perna viridis* di Perairan Pangkajene Kepulauan, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*, 5(1), 1–5. doi: 10.29239/j.akuatikisile.5.1.1-5
- Riisgård, H.U., Egede, P.P., & Barreiro Saavedra, I. (2011). Feeding behaviour of the mussel, *Mytilus edulis*: new observations, with a mini review of current knowledge. *Journal of Marine Biology*, 312459, 13. doi: 10.1155/2011/312459
- Riisgård, H.U., Finch, P. & Larsen, P.S. (2014). The mussel filter-pump—present understanding, with a re-examination of gill preparations. *Acta Zoologica*. 96(3), 273-282. doi: 10.1111/azo.12110
- Rochman, C.M., Tahir, A., Williams, S.L., Baxa, D.V., Lam, R., Miller, J.T., Teh, F.-C., Werorilangi, S., & 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. doi: 10.1038/srep14340.

- Rosa, M., Ward, J.E., & Shumway, S.E. (2018). Selective capture and ingestion of particles by suspension-feeding bivalve molluscs: A review. *Journal of Shellfish Research*, 37: 727–746. doi: 10.2983/035.037.0405.
- Setälä, O., Norkko, J., & Lehtiniemi, M. (2016). Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. *Marine Pollution Bulletin*, 102(1), 95–101. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.11.0
- Sharma, S., & Chatterjee, S. (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 21530–21547. doi: 10.1007/s11356-017-9910-8
- Smith, M., Love, D.C., Rochman, C.M., & Neff, R.A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*. doi: 10.1007/s40572-018-0206-z
- Song, Y.K., Sang, H.H., Soeun, E., Mi, J., Gi, M.H., Atsuhiko, I., & Won, J.S. (2018). Horizontal and vertical distribution of microplastics in Korean coastal waters. *Environmental Science & Technology*, 52 (21), 12188–12197. doi: 10.1021/acs.est.8b04032
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R.U., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Bjorn, A., & Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045. doi: 10.1098/rstb.2008.0284
- Thiele, C.J., Hudson, M.D., & Russell, A.E. (2019). Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 384–393. doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.03.0
- Thushari, G.G.N., & Senevirathna, J.D.M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04709
- Van Cauwenberghe, L., & Janssen, C.R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65–70. doi: 10.1016/j.envpol.2014.06.010
- Wagner, M., & Lambert, S. 2018. Freshwater Microplastics - *The Handbook of Environmental Chemistry* 58, 302. doi: 10.1007/978-3-319-61615-5
- Walkinshaw, C., Lindeque, P.K., Thompson, R., Tolhurst, T., & Cole, M. (2020). Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110066. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.110066
- Ward, J.E., Jennifer, W., Shiye, Z., Bridget, A.H., & Sandra, E.S. (2019a). Selective Ingestion and Egestion of Plastic Particles by the Blue Mussel (*Mytilus edulis*) and Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*): Implications for Using Bivalves as Bioindicators of Microplastic Pollution. *Environmental Science & Technology*, 53, 8776–8784. doi: 10.1021/acs.est.9b02073
- Ward, J.E., Rosa, M., & Shumway, S.E. (2019b). Capture, ingestion, and egestion of microplastics by suspension-feeding bivalves: a 40-year history. *Anthropocene Coasts*, 2(1), 39–49. doi: 10.1139/anc-2018-0027
- Woods, M.N., Stack, M.E., Fields, D.M., Shaw, S.D., & Matrai, P.A. (2018). Microplastic fiber uptake, ingestion, and egestion rates in the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin*, 137, 638–645. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.10.061