

Perbandingan dua metode analisis konsentrasi mikroplastik pada kerang hijau, *Perna viridis* dan penerapannya dalam kajian ekotoksikologi

Comparison of two methods of analyzing microplastic concentrations of green mussels, *Perna viridis*, and their application in ecotoxicological studies

Liestiaty Fachruddin¹, Khusnul Yaqin^{1*}, Reski Iin¹

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Jln. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

*e-mail korespondensi : khusnul@gmail.com

Diserahkan 09 Maret 2020; Diterima: 17 Maret 2020; Diterbitkan 20 Maret 2020

Abstrak

Mikroplastik menjadi persoalan pencemaran yang mendapat perhatian yang serius dari masyarakat awam sampai ilmuan. Ada beberapa metode analisis mikroplastik di dalam daging kerang. Penelitian ini merupakan penelitian yang pertama yang menguji dua metode analisis yaitu, metode non filtrasi dan filtrasi dengan sampel kerang hijau, *Perna viridis* (L). Sembilan puluh sembilan sampel kerang hijau, *Perna viridis*, dikumpulkan dengan tangan dari perairan Pulau Lae-Lae Makassar. Untuk kepentingan analisis, kerang hijau dikelompokkan dalam berbagai rentang ukuran panjang cangkang yaitu 4-5,9 cm (kecil); 6-7,9 cm (sedang) dan 8-10 cm (besar). Untuk mengetahui perbedaan rata-rata konsentrasi mikroplastik di dalam daging kerang dengan dua teknik yang berbeda digunakan uji t-student. Sedangkan untuk melihat perbedaan rata-rata konsentrasi mikroplastik di antara rentang ukuran panjang cangkang yang berbeda digunakan uji ANOVA. Hasilnya menunjukkan bahwa konsentrasi mikroplastik yang ditemukan di dalam daging kerang hijau berbentuk fiber. Dari hasil analisis statistik didapatkan bahwa teknik analisis mikroplastik dengan filtrasi mampu memperoleh konsentrasi mikroplastik lebih banyak dibandingkan dengan teknik non filtrasi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin panjang ukuran cangkang kerang semakin sedikit konsentrasi mikroplastiknya. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa semakin besar ukuran kerang semakin sedikit konsentrasi mikroplastik di dalam dagingnya.

Kata kunci: Mikroplastik, kerang hijau, metode analisis mikroplastik, fiber, Makassar

Abstract

Microplastic has become a pollution problem that has received serious attention from people to scientists. There are several microplastic analysis methods in mussel tissue. This study was the first study that examined two analytical methods, namely non-filtration and filtration methods in tissue of green mussel, *Perna viridis* (L). Ninety nine samples of green mussels, *Perna viridis*, were collected by hand from the waters of Lae-Lae Island in Makassar. For the purposes of the study, green mussels are grouped in various ranges of shell lengths that are 4-5.9 cm (small); 6-7.9 cm (medium) and 8-10 cm (large). T-student test was used to determine the difference in the average concentration of microplastic in the mussel with two different techniques used. The ANOVA parametric test was used to calculate the difference in the average microplastic concentration between different lengths of shell lengths. The results showed that the concentration of microplastics found in the tissue of the green mussel is in the form of fiber. From the results of statistical analysis it was found that microplastic analysis technique with filtration was able to obtain more microplastic concentrations compared to non-filtration technique. The results of this study also showed that the longer the size of the shell the less the

concentration of microplastic shells. Therefore it was concluded that the larger the size of the green mussel the less the concentration of microplastic in the tissue.

Keywords : Microplastic, green mussel, microplastic analysis method, fibre, Makassar.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pencemaran mikroplastik menjadi persoalan yang serius di habitat perairan, terutama perairan laut (Zhang et al., 2017; Woods et al., 2018; Webb et al., 2019). GESAMP, (2015) mendefinisikan mikroplastik sebagai material plastik yang ukurannya kurang dari 5 mm. Diperkirakan paling tidak 250.000 ton plastik mengapung di perairan laut (Eriksen et al., 2014). Hal ini karena kehidupan manusia sepertinya tidak bisa dipisahkan dari bahan plastik, sehingga produksi plastik dari tahun ke tahun meningkat, sedangkan pada saat yang bersamaan kesadaran manusia untuk mendaurulang plastik dan memanfaatkannya seefektif mungkin belum sepenuhnya muncul. Produksi plastik dunia meningkat dari tahun 1950 sebesar 1,5 juta ton menjadi 359 juta ton di tahun 2018 (Plastics Europe, 2018; Statista, 2019). Di Indonesia peningkatan produksi plastik meningkat pada lima tahun terakhir dengan produksi tahunan 4,68 juta ton (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2016). Sampah plastik yang ditangani dengan baik di Indonesia diperkirakan hanya 10,1 % dari jumlah sampah plastik yang ada dan yang berakhir di perairan laut antara 0,48–1,29 juta metrik ton (Jambeck et al., 2015).

Ketika masuk ke perairan laut, mikroplastik akan menjadi ancaman bagi kegiatan perikanan dan budidaya di wilayah pesisir dan laut (Walkinshaw et al., 2020; Baechler et al., 2020). Hal ini karena mikroplastik yang ada di laut dapat mengganggu kehidupan biota laut seperti diatom (*Phaeodactylum tricornutum*) (Guo et al., 2020), cacing laut (*Hediste diversicolor*) (Silva et al., 2020), karang (Savinelli et al., 2020), kerang hijau (*Perna viridis*) (Rahim et al., 2020), kepiting (*Emerita analoga*) (Horn et al., 2020), larva ikan (Pannetier et al., 2020). Gambardella et al., (2018) menemukan bahwa mikroplastik polistiren dapat mengganggu kehidupan produsen (fitoplankton) dan konsumen (rotifera dan bulu babi). Di samping itu mikroplastik secara tidak langsung dapat meningkatkan toksisitas bahan pencemar, seperti pestisida chlorpyrifos (Bellas & Gil, 2020), dan logam (Lu et al., 2018). Mikroplastik juga dapat berperan sebagai vektor bagi bahan pencemar logam (Mota, 2017). Fenomena ini menandakan penting dan urgennya penanganan bahan pencemar mikroplastik di perairan khususnya perairan laut, untuk menjamin kesehatan dan keamanan pangan kita.

Salah satu bagian dari upaya penanganan mikroplastik adalah monitoring mikroplastik baik yang ada di kolom perairan, sedimen dan di dalam tubuh organisme. Terdapat banyak teknik analisis mikroplastik di dalam tubuh organisme perairan yang dapat mendukung program monitoring. Makalah ini mencoba membandingkan dua metode analisis mikroplastik yaitu antara penghitungan langsung mikroplastik pada medium daging biota air yang telah dilarutkan dengan KOH (non filtrasi) dengan teknik penyaringan medium daging yang telah dilarutkan dengan KOH sebelum dilakukan penghitungan jumlah mikroplastik (filtrasi). Hasil penelitian yang dibahas di makalah ini adalah penelitian yang pertama yang membandingkan dua metode itu dengan sampel kerang hijau, *Perna viridis* dan yang pertama pula dalam mengasesmen konsentrasi mikroplastik di dalam tubuh kerang hijau di perairan Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Sampling

Kerang hijau, *Perna viridis* dikumpulkan dari perairan di sekitar Pulau Lae-Lae, Makassar. Kerang hijau ini hidup liar menempel pada bangkai kapal atau benda-benda keras lain di perairan Pulau lae-Lae. Kerang dengan ukuran panjang cangkang 2,16-8,02 cm dikumpulkan dari bangkai kapal yang ada di perairan Pulau Lae-Lae dengan menggunakan tangan ($5^{\circ} 8'11.13''S$; $119^{\circ}23'35.53''T$) (Gambar 1). Kerang yang telah dikumpulkan ditransfer secara kering ke laboratorium dengan menggunakan *coolbox* tanpa media air laut. Pengangkutan secara kering ini dimaksudkan untuk menghindari kematian (Yaqin, 2019).

Setelah sampai di laboratorium, kerang dibersihkan dari *biofouling* dengan menggunakan pisau bedah dan diukur morfometri cangkang, yaitu panjang, lebar dan tinggi (Gambar 2). Setelah itu kerang diklasifikasi menurut rentang ukuran panjang cangkang 4-5,9 cm (kecil); 6-7,9 cm (sedang) dan 8-10 cm (besar). Setiap rentang ukuran panjang terdapat 33 ekor kerang. Bobot total kerang ditimbang dengan timbangan digital.

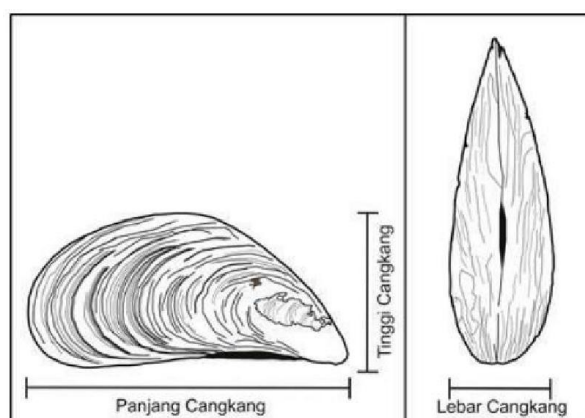
2.2. Analisis mikroplastik

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan dua metode analisis mikroplastik yaitu dihitung secara langsung di bawah mikroskop (non-filtrasi) setelah daging kerang dihancurkan dengan KOH 10 % (Bråte et al., 2018) dan dilakukan penyaringan (filtrasi)

dengan menggunakan kertas saring *membrane sterile* Whatman dengan ukuran pori-pori 0,45 μm dan diameter 45 mm terhadap daging yang telah dihancurkan dengan KOH 10% sebelum mikroplastik dihitung di bawah mikroskop. Volume larutan KOH 10% yang digunakan sebanyak 3 kali dari volume daging. Agar daging tercerna dengan sempurna daging dibiarkan selama dua minggu.



Gambar 1. Peta lokasi pengumpulan kerang hijau, *Perna viridisi* di perairan Pulau Lae Lae, Makassar. Insert adalah Provinsi Sulawesi Selatan (Google earth 2020).



Gambar 2. Konvensi pengukuran panjang, lebar dan tinggi cangkang (Yaqin et al., 2015).

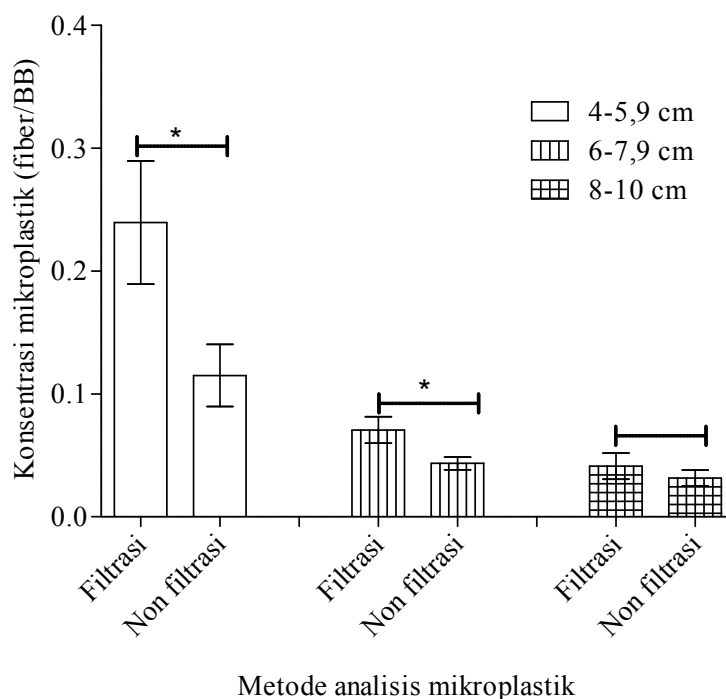
2.3. Analisa data

Untuk membandingkan dua metode yang digunakan, data diuji distribusi normal dan homogenitasnya. Karena data berdistribusi normal dan homogen, maka digunakan uji t student untuk membandingkan dua data mikroplastik yang berasal dari metode dengan filtrasi dan non filtrasi. Selanjutnya data dari analisis yang menggunakan filtrasi digunakan untuk menguji apakah konsentrasi mikroplastik berbeda di antara rentang ukuran panjang cangkang yang berbeda dengan menggunakan ANOVA parametrik. Untuk mengetahui trend dari konsentrasi mikroplastik pada rentang ukuran panjang cangkang yang berbeda digunakan analisis regresi linear.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

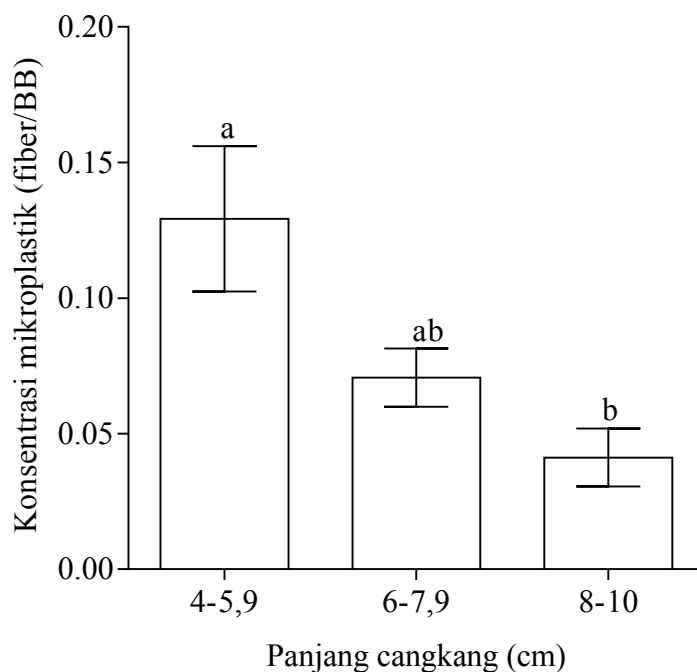
3.1. Hasil

Semua mikroplastik yang ditemukan pada kerang hijau yang hidup di perairan Lae-Lae, Makassar adalah dalam bentuk fiber. Di Tiongkok Xue et al., (2020) dari hasil penelitiannya menemukan bahwa ada korelasi yang signifikan antara jumlah mikroplastik dalam bentuk fiber di perairan dengan kegiatan perikanan tangkap di wilayah yang diteliti. Di Surabaya, Indonesia, Firdaus et al., (2020) menemukan bahwa mikroplastik dalam bentuk fiber mendominasi sedimen perairan laut yaitu sebesar 57%.



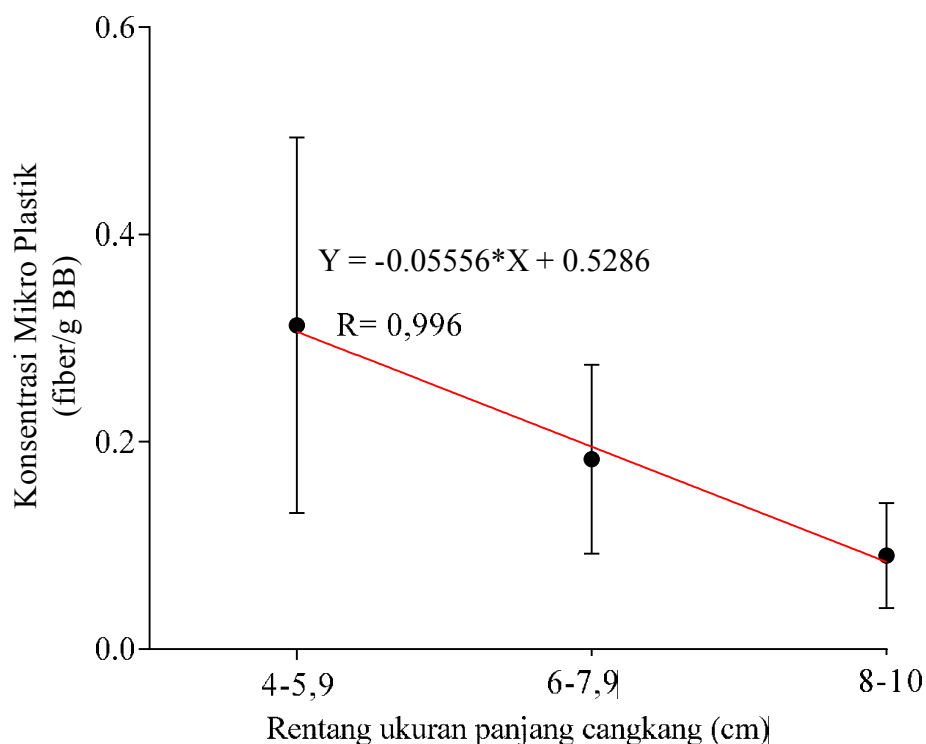
Gambar 3. Hasil analisis konsentrasi mikroplastik pada kerang hijau, *Perna viridis*. Tanda asterik menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik ($p < 0,05$).

Dari dua teknik analisis mikroplastik yang digunakan, terdapat perbedaan konsentrasi mikroplastik jenis fiber yang ditemukan di dalam daging kerang. Teknik penghitungan yang didahului dengan penyaringan menunjukkan jumlah yang berbeda nyata dan lebih besar dibandingkan dengan tehnik non-filtrasi pada kerang ukuran 4-5,9 dan 6-7,9 cm. Akan tetapi pada ukuran 8-10 cm, konsentrasi mikroplastik yang ditemukan tidak berbeda antara teknik filtrasi dan non-filtrasi (Gambar 3). Rata-rata konsentrasi mikroplastik pada rentang ukuran panjang cangkang 4-5,9, 6-7,9, 8-10 cm yang dianalisis dengan teknik filtrasi masing-masing adalah $0,13 \pm 0,08$, $0,07 \pm 0,03$, dan $0,04 \pm 0,02$ fiber/g bobot basah (BB). Sedangkan yang dianalisis dengan teknik non filtrasi, konsentrasi mikroplastik untuk masing-masing ukuran panjang cangkang dari yang paling kecil ke paling besar yaitu $0,12 \pm 0,08$, $0,03 \pm 0,02$, $0,03 \pm 0,01$ fiber/g BB.



Gambar 4. Konsentrasi mikroplastik pada kerang hijau, *Perna viridis*. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik ($p < 0,05$).

Setelah dilakukan uji ANOVA parametrik terhadap data konsentrasi mikroplastik dengan cara filtrasi, terdapat perbedaan yang nyata konsentrasi mikroplastik di dalam daging kerang dengan ukuran cangkang 4-5,9 cm (kecil) dengan ukuran cangkang besar yaitu 8-10 cm. Konsentrasi mikroplastik di dalam daging kerang ukuran cangkang sedang (6-7,9 cm) tidak berbeda nyata dengan yang ukuran kecil maupun besar.



Gambar 5. Analisis regresi antara rentang ukuran panjang cangkang (4-5,9 cm; 6-7,9 cm; 8-10 cm).

Dari hasil analisis regresi rata-rata antara konsentrasi mikroplastik di dalam daging kerang dan rentang ukuran panjang cangkang kerang yang berbeda diketahui bahwa semakin besar kerang yang ditandai dengan ukuran panjang cangkang yang lebih besar, semakin sedikit konsentrasi mikroplastik di dalam tubuhnya (Gambar 5).

3.2. Pembahasan

Belum ada data yang pasti bahwa mikroplastik bentuk fiber mendominasi pencemaran mikroplastik di perairan laut, akan tetapi menurut Woods et al., (2018) hampir 90 % mikroplastik yang tersebar di perairan laut adalah dalam bentuk fiber. Hal ini mungkin berkaitan dengan kegiatan perikanan tangkap maupun budidaya yang peralatannya adalah tali yang terbuat dari bahan plastik, sebagaimana yang ditemukan oleh Xue et al., (2020) di perairan Tiongkok. Qu et al., (2018) melakukan penelitian mikroplastik di media air dan di dalam tubuh kerang biru, *Mytilus edulis* dan kerang hijau, *Perna viridis* yang hidup di pantai Utara dan Selatan Tiongkok dan mereka menemukan bahwa mikroplastik fiber mendominasi di dalam daging kerang. Pada bivalvia jenis Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) dari Laut Salish, USA, ditemukan 96 % mikroplastik jenis fiber (Martinelli et al., 2020).

Dari penelitian sekarang ini didapatkan bahwa analisis mikroplastik baik yang menggunakan teknik filtrasi dan non filtrasi, hanya mikroplastik jenis fiber yang ada di dalam tubuh kerang hijau yang hidup di perairan Pulau Lae-Lae, Makassar. Teknik filtrasi

menunjukkan sebagai teknik analisis yang lebih tepat dibandingkan dengan teknik pengamatan langsung dengan mikroskop. Konsentrasi mikroplastik yang diperoleh dengan teknik filtrasi lebih banyak dibandingkan non filtrasi. Hal ini karena teknik filtrasi dapat meminimalisir bias manusia yang *inheren* dalam teknik analisis mikroplastik non filtrasi.

Dibandingkan dengan hasil penelitian Qu et al., (2018) rata-rata konsentrasi mikroplastik pada tubuh kerang hijau di perairan Pulau Lae-Lae Makassar tergolong rendah yaitu $0,04 \pm 0,02 - 0,13 \pm 0,08$ fiber/g bobot basah. Konsentrasi mikroplastik di dalam tubuh kerang Mytilidae yang hidup di perairan Tiongkok berkisar antara 1,52-5,36 partikel/g bobot basah (Qu et al., 2018). Di India, Dowarah et al., (2020) menemukan bahwa konsentrasi mikroplastik di dalam daging kerang hijau *Perna viridis* yaitu $1,8 \pm 0,54$ partikel/g bobot basah. Di Perairan Kampung Pasir Putih, Malaysia, Maha, (2019) menemukan bahwa konsentrasi mikroplastik di dalam tubuh kerang hijau, *P. viridis* yaitu $0,58 \pm 0,25$ partikel/g bobot basah. Sebagian besar mikroplastik yang ditemukan dalam bentuk fiber.

Dari analisis ANOVA dan regresi linear (Gambar 4 dan 5), diperoleh suatu kesimpulan bahwa semakin panjang cangkang kerang semakin rendah konsentrasi mikroplastik yang ada di dalam daging kerang. Hal ini diduga berkaitan dengan beberapa hal yang berhubungan dengan fisiologi kerang hijau, seperti laju filtrasi. Tantanasarit et al., (2013) menyebutkan bahwa laju filtrasi kerang hijau, *P. viridis* yang berukuran kecil (panjang cangkang 2,8-3,0 cm) lebih besar dibandingkan dengan kerang yang berukuran lebih besar (panjang cangkang 6,8-7,0 cm). Dugaan ini tentunya didasari asumsi bahwa semakin tinggi laju filtrasi maka semakin banyak mikroplastik yang diserap oleh kerang hijau dari perairan.

Bila kita merujuk pada pola pertumbuhan binatang baik yang hidup di darat maupun laut, terutama kerang, kita akan mendapati bahwa pertumbuhan kerang pada saat berukuran kecil (muda) memiliki nilai laju pertumbuhan yang lebih besar dibandingkan dengan organisme yang berukuran lebih besar (tua) (Chatterji et al., 1984; Duinker et al., 2007). Oleh karenanya, untuk memenuhi kebutuhan alaminya yaitu pertumbuhan, kerang yang berukuran lebih kecil menyerap lebih banyak makanan dibandingkan dengan yang berukuran besar. Bersamaan dengan filtrasi atau penyerapan ini, selain bahan pakan seperti plankton, ikut juga mikroplastik yang ada di perairan. Oleh karenanya sangat logis bila konsentrasi mikroplastik pada kerang yang berukuran kecil, lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi mikroplastik pada kerang yang berukuran lebih besar.

Mekanisme lain yang perlu dipertimbangkan dalam menjelaskan konsentrasi mikroplastik di dalam tubuh kerang adalah proses depurasi atau proses pengeluaran bahan pencemar dari tubuh kerang. Depurasi berlangsung melalui dua jalan yaitu melalui mekanisme pengeluaran *feces* dan *pseudofeces*. Jalur pertama melalui *feces* merupakan jalur yang biasa ditemui pada semua organisme laut, makanan masuk ke *tractus digestivus* dan berakhir di anus atau saluran pembuangan yang sejenis. Pada kasus kerang, *feces* dikeluarkan melalui saluran

exhalant. *Pseudofeces* adalah partikel yang juga dikeluarkan melalui *exhalant*, tetapi tidak melalui *tractus digestivus* secara utuh. Partikel yang ada di perairan diserap dan diseleksi serta dibungkus dengan mukosa oleh kerang pada bagian insang dan dikeluarkan melalui saluran *exhalant*. Kerang biru *Mytilus edulis* yang dipapar dengan mikroplastik di laboratorium hanya mencerna 9 % mikroplastik, 70% mikroplastik dikeluarkan dalam bentuk *pseudofeces* dan hanya 1 % yang dikeluarkan dalam bentuk *feces* (Woods et al., 2018).

Adakah perbedaan kemampuan depurasi kerang yang berbeda ukuran panjang cangkang terhadap mikroplastik? Sepengamatan penulis sejauh ini belum ada penelitian yang menelaah perbedaan laju depurasi bahan pencemar mikroplastik pada kerang hijau yang mempunyai ukuran panjang cangkang yang berbeda. Pada bahan pencemar logam ada beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa semakin besar ukuran tubuh kerang semakin rendah kemampuan depurasinya (Boyden, 1974; Cossa et al., 1980; Amiard-Triquet et al., 1986; Martinčić et al., 1992). Ke et al., (2000) mengobservasi dalam penelitiannya bahwa depurasi kerang hijau terhadap logam cesium berbanding terbalik dengan ukuran tubuh (bobot kering daging)-nya. Gilek et al., (1996) menemukan hal yang sama terhadap bahan pencemar PCB (*Polychlorinated Biphenyl*) bahwa depurasi PCB semakin menurun dengan meningkatnya ukuran tubuh. Sebaliknya, Duinker et al., (2007) mendapati bahwa aktivitas depurasi kerang biru *M. edulis* terhadap racun yang diproduksi mikroalga (*diarrhetic shellfish toxins*) tidak dipengaruhi oleh ukuran tubuhnya. Dari penjabaran di atas jelaslah bahwa penting untuk melakukan penelitian tentang depurasi mikroplastik pada kerang hijau dengan berbagai ukuran panjang cangkang yang berbeda sebagai dasar analisis pada studi ekotoksikologi di masa yang akan datang, seperti penentuan laju akumulasi mikroplastik di dalam tubuh kerang.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa teknik analisis mikroplastik di dalam daging kerang dengan menggunakan teknik penyaringan (filtrasi) lebih tepat dibandingkan dengan teknik non filtrasi. Mikroplastik yang ditemukan dalam tubuh kerang hijau adalah mikroplastik dalam bentuk fiber. Semakin panjang ukuran cangkang kerang semakin sedikit konsentrasi mikroplastik yang ada di dalam tubuhnya.

5. SARAN

Penelitian tentang depurasi mikroplastik pada berbagai ukuran panjang cangkang kerang belum dilakukan. Padahal fenomena depurasi pada ukuran kerang yang berbeda adalah suatu hal penting untuk memahami mekanisme bioakumulasi dan mekanisme lainnya yang dipelajari dalam bidang ekotoksikologi. Oleh karena itu penelitian tentang depurasi mikroplastik pada berbagai ukuran kerang hijau penting dilakukan.

PERSANTUNAN

Kepada nelayan Pulau Lae-Lae diucapkan terima kasih karena telah membantu dalam pengumpulan kerang hijau, *Perna viridis*. Kepada Dr. Hasni Y Azis Kepala Laboratorium Produktifitas dan Pengelolaan Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar yang telah memfasilitasi peneliti dengan laboratoriumnya diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiard-Triquet, C. , Berthet, B. , Metayer, C. & Amiard, J.C. 1986. Contribution to the ecotoxicological study of cadmium, copper and zinc in the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*. 92(1):7–13.
- Baechler, B.R. , Stienbarger, C.D. , Horn, D.A. , Joseph, J. , Taylor, A.R. , Granek, E.F. & Brander, S.M. 2020. 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.
- Bellas, J. & Gil, I. 2020. Polyethylene microplastics increase the toxicity of chlorpyrifos to the marine copepod *Acartia tonsa*. *Environmental Pollution*. :114059.
- Boyden, C.R. 1974. Trace element content and body size in molluscs. *Nature*. 251(5473):311–314.
- Bråte, I.L.N. , Hurley, R. , Iversen, K. , Beyer, J. , Thomas, K. V , Steindal, C.C. , Green, N.W. , Olsen, M. & Lusher, A. 2018. *Mytilus* spp. as sentinels for monitoring microplastic pollution in Norwegian coastal waters: A qualitative and quantitative study. *Environmental Pollution*. 243:383–393.
- Chatterji, A. , Ansari, Z.A. , Ingole, B.S. & Parulekar, A.H. 1984. Growth of the green mussel, *Perna viridis* L., in a sea water circulating system. *Aquaculture*. 40(1):47–55.
- Cossa, D. , Bourget, E. , Pouliot, D. , Piuze, J. & Chanut, J.P. 1980. Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*. 58(1):7–14.
- Da Mota, A.H.S.N .2017. The potential of microplastic pellets as a vector to metal contamination in two sympatric marine species. Ph D disertation. Universidade Nova De Lisboa. 38 p.
- Dowarah, K., Patchaiyappan, A., Thirunavukkarasu, C., Jayakumar, S., & Devipriya, S. P. 2020. Quantification of microplastics using Nile Red in two bivalve species *Perna viridis* and *Meretrix meretrix* from three estuaries in Pondicherry, India and microplastic uptake by local communities through bivalve diet. *Marine Pollution Bulletin*. 153:1-9.
- Duinker, A. , Bergslien, M. , Strand, Ø. , Olseng, C.D. & Svardal, A. 2007. The effect of size and age on depuration rates of diarrhetic shellfish toxins (DST) in mussels (*Mytilus edulis* L.). *Harmful Algae*. 6(2):288–300.
- Eriksen, M. , Lebreton, L.C.M. , Carson, H.S. , Thiel, M. , Moore, C.J. , Borerro, J.C. , Galgani, F. , Ryan, P.G. & Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*. 9(12):1–15.
- Firdaus, M. , Trihadiningrum, Y. & Lestari, P. 2020. Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 150:110790.
- Gambardella, C. , Morgana, S. , Bramini, M. , Rotini, A. , Manfra, L. , Migliore, L. , Piazza, V. , Garaventa, F. & Faimali, M. 2018. Ecotoxicological effects of

- polystyrene microbeads in a battery of marine organisms belonging to different trophic levels. *Marine environmental research*. 141:313–321.
- GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: Kershaw, P.J. (Ed.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 90 (96 pp.)
- Gilek, M. , Björk, M. & Näf, C. 1996. Influence of body size on the uptake, depuration, and bioaccumulation of polychlorinated biphenyl congeners by Baltic Sea blue mussels, *Mytilus edulis*. *Marine Biology*. 125(3):499–510.
- Guo, Y. , Ma, W. , Li, J. , Liu, W. , Qi, P. , Ye, Y. , Guo, B. , Zhang, J. & Qu, C. 2020. Effects of microplastics on growth, phenanthrene stress, and lipid accumulation in a diatom, *Phaeodactylum tricornutum*. *Environmental Pollution*. 257:113628.
- Horn, D.A. , Granek, E.F. & Steele, C.L. 2020. Effects of environmentally relevant concentrations of microplastic fibers on Pacific mole crab (*Emerita analoga*) mortality and reproduction. *Limnology and Oceanography Letters*. 5(1):74–83.
- Jambeck, J.R. , Geyer, R. , Wilcox, C. , Siegler, T.R. , Perryman, M. , Andrady, A. , Narayan, R. & Law, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347(6223):768–771.
- Ke, C. , Yu, K.N. , Lam, P.K.S. & Wang, W.-X. 2000. Uptake and depuration of cesium in the green mussel *Perna viridis*. *Marine Biology*. 137(4):567–575.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2016. Industri Plastik dan Karet Hilir Prospektif di Indonesia. <https://kemenperin.go.id/artikel/16079/Industri-Plastik-dan-Karet-Hilir-Prospektif-di-Indonesia>. Dikases pada tanggal 8 Maret 2020.
- Lu, K. , Qiao, R. , An, H. & Zhang, Y. 2018. Influence of microplastics on the accumulation and chronic toxic effects of cadmium in zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere*. 202:514–520.
- Maha, R.R.B. .2019. Microplastic contamination in green mussel aquaculture at Straits of Johor. Master thesis. Universiti Teknologi Malaysia. 63 p.
- Martinčić, D. , Kwokal, Ž. , Peharec, Ž. , Marguš, D. & Branica, M. 1992. Distribution of Zn, Pb, Cd and Cu between seawater and transplanted mussels (*Mytilus galloprovincialis*). *Science of the total environment*. 119:211–230.
- Martinelli, J.C. , Phan, S. , Luscombe, C.K. & Padilla-Gamiño, J.L. 2020. Low incidence of microplastic contaminants in Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) from the Salish Sea, USA. *The Science of the total environment*. 715:136826.
- Pannetier, P. , Morin, B. , Le Bihanic, F. , Dubreil, L. , Clérandeau, C. , Chouvellon, F. , Van Arkel, K. , Danion, M. & Cachot, J. 2020. Environmental samples of microplastics induce significant toxic effects in fish larvae. *Environment international*. 134:105047.
- Plastics Europe, 2018. *Plastics - The Facts: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Association of Plastic Manufacturers, Brussels.
- Qu, X. , Su, L. , Li, H. , Liang, M. & Shi, H. 2018. Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Science of the total environment*. 621:679–686.
- Rahim, N.F. , Yaqin, K. & Rukminasari, N. 2020. Effect of microplastic on green mussel *Perna viridis*: experimental approach. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*. 5(2):89–94.
- Savinelli, B. , Fernández, T.V. , Galasso, N.M. , D’Anna, G. , Pipitone, C. , Prada, F. ,

- Zenone, A. , Badalamenti, F. & Musco, L. 2020. Microplastics impair the feeding performance of a Mediterranean habitat-forming coral. *Marine Environmental Research*. :104887.
- Silva, M.S.S. , Oliveira, M. , Lopéz, D. , Martins, M. , Figueira, E. & Pires, A. 2020. Do nanoplastics impact the ability of the polychaeta *Hediste diversicolor* to regenerate? *Ecological Indicators*. 110:105921.
- Statista, 2019. Global Plastic Production. <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>. Dikases pada tanggal 08 Maret 2020.
- Tantanasarit, 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.
- Webb, S. , Ruffell, H. , Marsden, I. , Pantos, O. & Gaw, S. 2019. Microplastics in the New Zealand green lipped mussel *Perna canaliculus*. *Marine Pollution Bulletin*. 149:110641.
- 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.
- Xue, B. , Zhang, L. , Li, R. , Wang, Y. , Guo, J. , Yu, K. & Wang, S. 2020. Underestimated Microplastic Pollution Derived from Fishery Activities and “Hidden” in Deep Sediment. *Environmental Science & Technology*.
- Yaqin, K. 2019. Petunjuk praktis aplikasi biomarker sederhana. First edition. UPT, Unhas Press., Makassar. 54 p.
- Yaqin, K. , Fachruddin, L. & Rahim, N.. 2015. Studi kandungan logam timbal (pb) kerang hijau, *Perna viridis* terhadap indeks kondisinya. *Jurnal Lingkungan Indonesia*. 3:309–317.
- Zhang, W. , Zhang, S. , Wang, J. , Wang, Y. , Mu, J. , Wang, P. , Lin, X. & Ma, D. 2017. Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*. 231:541–548.