

KELIMPAHAN MAKRO DEBRIS DI EKOSISTEM MANGROVE MUARA TUKAD MATI, BALI

I Gede Dwian Julihartadi, I Wayan Arthana, Ni Made Ernawati*

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan,
Universitas Udayana, Badung-Bali

*Email: ernawati@unud.ac.id

ABSTRACT

MACRO DEBRIS ABUDANCE IN THE TUKAD MATI ESTUARY MANGROVE ECOSYSTEM, BALI

Macro debris refers to waste materials ranging in size from 2.5 cm to 1 m, commonly found both on the water's surface and on the seabed. The accumulation of such large debris in coastal and marine environments can lead to various consequences, including disturbances to ecosystem stability and threats to the survival of organisms. Additionally, it diminishes the aesthetic quality of the environment. Among the ecosystems most susceptible to becoming repositories for this waste is the mangrove ecosystem. This study aims to quantify the amount, types, and abundance of macro debris scattered in the Tukad Mati Estuary Mangrove Area, Badung Regency, Bali. The research methodology involved several steps, starting with the selection of research stations. Transects measuring 5 x 5 meters were established. Within these designated areas, samples of macro debris were collected and categorized according to their composition, including materials such as plastic, fabric, glass, metal, and rubber. The results revealed that the total mass of macro debris collected in the Tukad Mati Estuary area amounted to 42,630 grams. The types of macro debris found in the Tukad Mati Estuary mangrove ecosystem consist of plastic, fabric, glass, metal, and rubber. Based on their quantity, the composition of macro debris is dominated by plastic at 87.02%, followed by fabric at 4.24%, rubber at 4.17%, glass at 2.67%, and metal being the least at 1.89%. Based on their weight, the composition of macro debris is highest for plastic at 32.33%, followed by rubber at 27.29%, fabric at 20.23%, glass at 14.36%, and metal being the lowest at 5.78%. The abundance of macro debris in the Tukad Mati Estuary mangrove ecosystem ranges from 0.85 items/m² to 10.68 items/m².

Keywords: Marine Debris; Pollution; Tukad Mati Estuary; Mangrove

1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara terbesar kedua di dunia setelah China sebagai penyumbang sampah plastik ke wilayah perairan laut. Timbunan sampah plastik per tahun tercatat mencapai kisaran 1,29 juta metrik ton yang menyebabkan terjadinya pencemaran di seluruh perairan

meliputi wilayah perairan laut maupun wilayah perairan sungai (Jambeck *et al.*, 2015). Seiring berjalannya waktu disertai dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk menyebabkan aktivitas di sekitar wilayah pesisir semakin meningkat, maka semakin besar peluang untuk terjadinya pencemaran di lingkungan pesisir dan laut yang berasal dari limbah sampah laut. Ini didukung

oleh penelitian Barboza *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa lonjakan sampah laut di seluruh dunia diperkirakan akan meningkat pada tahun 2025 jika tidak ditangani dengan serius. Di Indonesia khususnya, masalah ini banyak disebabkan oleh kegiatan manusia di daratan yang kemudian mencapai laut melalui aliran sungai, seperti yang dijelaskan oleh Lebreton *et al.*, (2017).

Menurut NOAA (2013), sampah laut ialah benda padat yang dihasilkan atau diolah oleh manusia, kemudian dibuang ke ekosistem perairan, baik dengan cara langsung maupun tidak langsung. Permasalahan sampah laut menjadi fokus penelitian yang signifikan dan menarik, karena dampak yang diakibatkannya dapat mengancam kelangsungan serta keberlanjutan kehidupan organisme di perairan (Isman, 2016). Apabila situasi tersebut berlangsung secara berkelanjutan, efek merugikan terhadap jaring-jaring makanan, perekonomian, dan kesejahteraan komunitas pesisir di masa depan akan menjadi tidak terelakkan (Citasari *et al.*, 2012).

Potensi dampak kimia dari sampah laut cenderung meningkat sejalan dengan berkurangnya dimensi partikel plastik yang lebih kecil, yang disebut mikro plastik. Sementara itu, efek fisiknya meningkat seiring dengan penambahan ukuran benda besar yang dikenal sebagai makro debris, sebagaimana yang dijelaskan oleh UNEP (2011). Makro debris dapat berdampak secara fisik, contohnya dengan menutupi lapisan sedimen dan menghambat perkembangan

bibit pohon mangrove, seperti yang diungkapkan oleh Smith (2012).

Hutan mangrove ialah suatu sistem ekologi yang menggabungkan karakteristik ekosistem laut dan ekosistem darat, tumbuh khususnya di wilayah tropis dan sub-tropis, yaitu pada tanah dengan kemiringan rendah, di muara sungai, dan di teluk yang terlindungi dari dampak gelombang air laut (Harahab, 2010). Ekosistem hutan mangrove merupakan tempat bermuaranya sampah anorganik dari sepanjang aliran sungai. Penumpukan sampah anorganik menjadi ancaman signifikan bagi pertumbuhan mangrove, terutama pada tahap semai. Hal ini membahayakan kelangsungan hidup tidak hanya mangrove muda, tetapi juga berbagai organisme yang bergantung pada ekosistem vital ini (Fatmalah *et al.*, 2022). Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi jenis serta menganalisis komposisi dan kelimpahan makro debris yang tersebar pada kawasan mangrove muara Tukad Mati. Sehingga, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya pelestarian ekosistem mangrove di Bali, khususnya pada penanganan sampahnya.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel makro debris dilakukan pada empat stasiun penelitian di Ekosistem Mangrove Muara Tukad Mati, Kabupaten Badung, Provinsi Bali. Masing-masing stasiun memiliki 3 titik penelitian dengan total 12 transek (Gambar 1). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juni 2023.



Gambar 1.
Peta Lokasi Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu GPS (*Global Positioning System*), roll meter, kamera, timbangan, tali transek, alat tulis dan *trash bag*.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode purposive sampling dengan mempertimbangkan kemudahan akses ke lokasi penelitian. Sesuai dengan Sugiyono (2012), purposive sampling merupakan pendekatan dalam menentukan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu. Empat stasiun dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel, dengan total dua belas transek penelitian seluas 5 x 5 meter di setiap titik.

Pengambilan sampel makro debris dilakukan pada saat kondisi air laut mulai surut. Hal ini dilakukan dengan memperhatikan perubahan pasang surut perairan untuk memastikan sampel yang dikumpulkan mewakili kondisi ekosistem mangrove secara keseluruhan. Verifikasi jadwal perubahan pasang surut di perairan dilakukan sesuai dengan saran yang diberikan oleh Opfer *et al.* (2012), yang mengindikasikan bahwa variasi ketinggian air (pasang-surut) berkontribusi terhadap jumlah sampah yang ada di suatu wilayah.

Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan berupa massa dan jenis makro debris anorganik. Sampah anorganik terdiri dari bahan-bahan yang tidak memiliki unsur organik, biasanya berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui seperti mineral dan minyak bumi, atau dihasilkan dari kegiatan industri. Contoh-contohnya termasuk wadah kaca, bahan plastik, tas plastik, kaleng, dan logam. Adapun pengambilan sampel makro debris berdasarkan kategori meliputi turunan dari plastik, kain, kaca, logam dan karet.

Data makro debris yang diidentifikasi merupakan sampah dengan skala ukuran > 2,5 cm hingga 1 meter (Smith dan Markic, 2013). Sampel makro debris diambil menggunakan sarung tangan dan dikumpulkan di wadah kantong sampah. Penggunaan sarung tangan bertujuan untuk melindungi tangan peneliti dari benda-benda tajam dan kotor. Wadah kantong sampah digunakan untuk menjaga sampel agar tetap bersih dan terhindar dari kontaminasi. Sampel-sampel yang dikumpulkan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui jenis dan berat makro debris di Ekosistem Mangrove Muara Tukad Mati, Kabupaten Badung, Bali.

2.4 Analisis Data

2.4.1 Jumlah dan Berat Sampah

Sampel makro debris dikumpulkan, selanjutnya dilakukan identifikasi berdasarkan jenis berupa plastik, logam, kaca, karet, kain, kayu dan karet. Berdasarkan jenisnya kemudian dilakukan perhitungan jumlah dan berat sampah laut di masing-masing transek. Adapun persamaan yang digunakan sesuai dengan ketentuan dari NOAA (2013), diantaranya dapat dilihat di (Persamaan 1).

$$JnTot = JnTransek 1 + JnTransek 2 + JnTransek 3 \quad (1)$$

Keterangan:

$JnTot$ = Total jumlah sampah per jenis n (buah)

Jn = Jumlah sampah per jenis n (buah)

Perhitungan rata-rata jumlah sampah per jenis menggunakan persamaan 2 berikut:

$$JnX = \frac{JnTransek 1 + JnTransek 2 + JnTransek 3}{X} \quad (2)$$

Keterangan:

JnX = Rata-rata jumlah sampah per jenis n (buah)

Jn = Jumlah sampah per jenis n (buah)

X = Jumlah transek

Perhitungan total berat sampah per jenis menggunakan persamaan 3 berikut:

$$BnTot = BnTransek 1 + BnTransek 2 + BnTransek 3 \quad (3)$$

Keterangan:

$BnTot$ = Total berat sampah per jenis n (g)

Bn = Berat sampah per jenis n (g)

Perhitungan rata-rata berat sampah per jenis menggunakan persamaan 4 berikut:

$$BnX = \frac{BnTransek 1 + BnTransek 2 + BnTransek 3}{X} \quad (4)$$

Keterangan:

BnX = Rata-rata berat sampah per jenis n (g)

Bn = Berat sampah per jenis n (g)

X = Jumlah transek

2.4.2 Komposisi Keseluruhan

Komposisi keseluruhan dari jumlah dan berat makro debris dihitung menggunakan rumus persentase di (Persamaan 5).

$$(\%) = \frac{x}{\sum_{i=1}^n Xi} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

x = Jumlah atau berat makro debris per jenis (g)

$\sum_{i=1}^n Xi$ = Total jenis atau berat total sampah (g)

2.4.3 Kelimpahan Makro Debris

Data kelimpahan makro debris disajikan dengan di (Persamaan 6).

$$(C) = \frac{N}{L} \quad (6)$$

Keterangan:

C = Kelimpahan sampah plastik (item/m²)

N = Jumlah jenis makro debris yang didapat (item)

L = Luas permukaan transek (m²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Jumlah Makro Debris di Ekosistem Mangrove

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui, bahwa jumlah total makro debris dari keempat stasiun adalah sebanyak 1,533 item, didominasi oleh sampah jenis plastik dengan jumlah total sebesar 1,334 item, diikuti kain 65 item, karet 64 item, kaca 41 item. Adapun total sampah laut per jenis terdapat pada (Tabel 1).

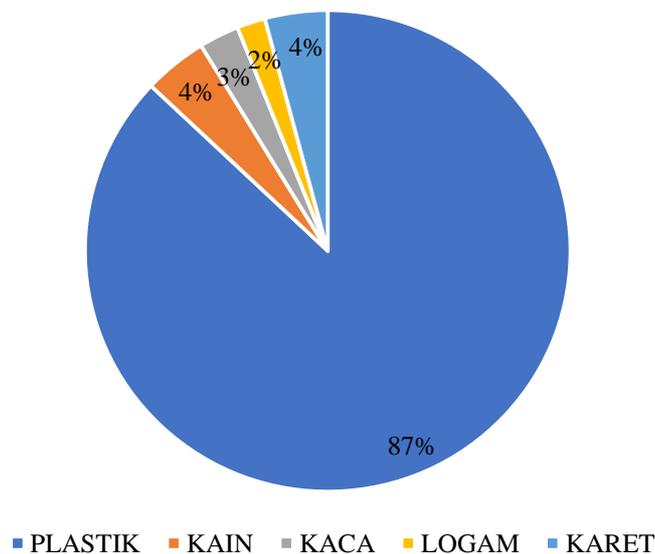
Tabel 1. Jumlah Makro Debris Per Jenis pada Setiap Stasiun

No	Jenis	Jumlah Makro Debris (item)				Jumlah total per jenis	Rata - rata per jenis
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4		
1	Plastik	44	41	742	507	1.334	333,50
2	Kain	6	5	16	38	65	16,25
3	Kaca	5	3	11	22	41	10,25
4	Logam	6	4	6	13	29	7,25
5	Karet	3	9	26	26	64	16,00
Jumlah total per stasiun		64	62	801	606	1.533	
Rata-rata per stasiun		12,8	12,4	160,2	121,2		

Jumlah makro debris yang paling banyak ditemukan berada di stasiun 3, karena letak stasiun 3 berada di *outlet* utama Tukad Mati serta dekat dengan kawasan wisata dan pusat kota. Aktivitas pencemaran menyebabkan adanya makro debris pada ekosistem mangrove di Muara Tukad Mati, Bali disebabkan oleh arus dan aktivitas masyarakat sekitar Tukad Mati. Menurut Yudhantari *et al.* (2019), aktivitas masyarakat memengaruhi jumlah intensitas sampah terlebih pada area pesisir. Selain itu pengaruh arus air memengaruhi intensitas sampah laut, karena arus mampu untuk menyeret

sampah hingga ke daerah tertentu serta arus dan kecepatan angin mampu untuk membawa dan menyeret sampah laut.

Hasil persentase jumlah makro debris pada penelitian yang telah dilakukan di Ekosistem Mangrove Muara Tukad Mati, Bali menunjukkan bahwa persentase komposisi jenis makro debris terbanyak didominasi oleh sampah plastik 87,02%, diikuti kain 4,24%, karet 4,17%, kaca 2,67%, dan yang terendah makro debris jenis logam 1,89%. Adapun grafik persentase jumlah makro debris terdapat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Persentase Jumlah Makro Debris

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan persentase jumlah makro

debris terbanyak didominasi oleh sampah plastik dan persentase terendah terdapat

pada sampah logam. Ryan *et al.* (2009) menyebutkan bahwa tingginya proporsi sampah plastik dibandingkan dengan sampah jenis lainnya karena densitas sampah plastik lebih rendah dibandingkan densitas kaca, logam, dan air yang menyebabkan sampah plastik mudah ditransportasikan. Sampah plastik sendiri merupakan jenis sampah yang paling banyak ditemukan di perairan bahkan di seluruh dunia memiliki masalah yang sama. Menurut NOAA (2016), jenis sampah plastik adalah varietas yang paling sering ditemui dan melimpah serta memiliki potensi dampak yang signifikan terhadap ekosistem laut.

Adapun beberapa penelitian telah menyebutkan bahwa sampah plastik ini merupakan masalah paling serius yang sangat berdampak pada lingkungan. Menurut Hermawan (2017), potensi terbesar dalam mengubah ekosistem lingkungan terletak pada sampah plastik di lautan, dengan dampak negatif yang dapat mempengaruhi organisme laut dan manusia. Hal ini dikarenakan sampah

plastik mengapung di permukaan air, tersebar oleh arus laut, memiliki ketahanan yang berlangsung bertahun-tahun dalam lingkungan, dan sulit diuraikan jika tertelan. Maka oleh sebab itu, Pemerintah Provinsi Bali melarang penggunaan plastik sejak tahun 2018 dan beralih menggunakan barang-barang yang ramah lingkungan, karena ancaman dampak plastik yang begitu nyata bagi lingkungan perairan.

3.2 Berat Makro Debris di Ekosistem Mangrove

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa, berat total makro debris dari keempat stasiun berkisar 42.630 g, berat makro debris pada masing-masing stasiun, yaitu sebesar 2.811 g pada stasiun 1; 2.837 g pada stasiun 2; 14.944 g pada stasiun 3; dan 22.038 g pada stasiun 4. Sampah yang mendominasi di lokasi penelitian adalah sampah plastik dan karet. Adapun berat sampah laut per jenis terdapat pada (Tabel 2).

Tabel 2. Berat Makro Debris Per Jenis Pada Setiap Stasiun

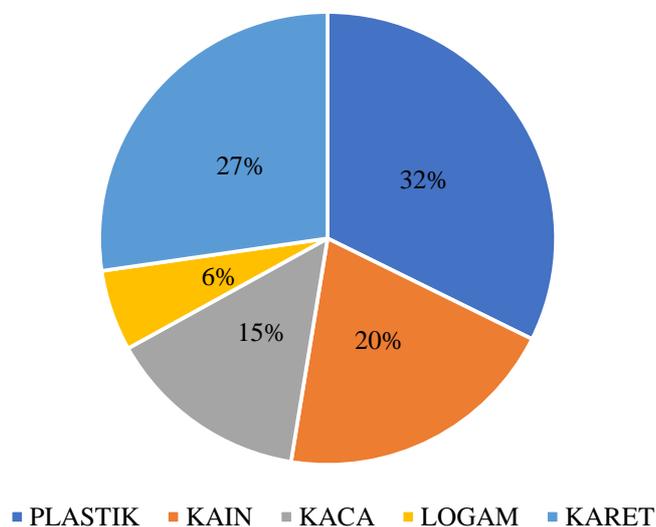
No	Jenis	Berat Makro Debris (g)				Berat total per jenis (g)	Rata-rata berat per jenis (g)
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4		
1	Plastik	869	724	6.035	6.156	13.784	3.446,00
2	Kain	720	663	2.353	4.889	8.625	2.156,25
3	Kaca	263	141	1.926	3.790	6.120	1.530,00
4	Logam	490	274	489	1.213	2.466	616,50
5	Karet	469	1.035	4.141	5.990	11.635	2.908,75
Berat total per stasiun		2.811	2.837	14.944	22.038	42.630	
Rata-rata berat per Stasiun		562,2	567,4	2.988,8	4.407,6		

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di ekosistem mangrove Muara Tukad Mati, Bali dapat diketahui bahwa makro debris yang mendominasi adalah sampah plastik dan karet. Dominasi sampah ini berasal dari botol minuman dan sampah rumah tangga yang terbawa air laut. Menurut Subekti (2017), pengaruh keadaan lingkungan sangat mendominasi jenis sampah laut yang ditemukan. Hasil penelitian yang telah

dilakukan dari 4 stasiun menunjukkan bahwa, makro debris yang paling berat berada pada stasiun ke 4, karena letak stasiun 4 dekat dengan kawasan wisata dan pusat kota. Menurut Murhalis (2014), aktivitas pariwisata dan pusat kota turut menyumbang jumlah sampah laut, sehingga dalam penelitian ini kita bias melihat bahwa sampah laut per jenis paling berat adalah berada di stasiun 4.

Hasil persentase berat makro debris pada penelitian yang telah dilakukan di Ekosistem Mangrove Muara Tukad Mati, Bali menunjukkan komposisi massa makro debris jenis plastik sebesar 32,33%,

karet 27,29%, kain 20,23%, kaca 14,36%, dan logam 5,78%. Adapun grafik persentase berat sampah laut terdapat pada (Gambar 3).



Gambar 3.
Persentase Berat Makro Debris

Massa makro debris yang paling berat berada pada stasiun 4, karena letak stasiun 4 bersebelahan dengan stasiun 3 sama-sama berada di *outlet* utama Tukad Mati serta dekat dengan kawasan wisata dan pusat kota. Menurut Murhalis (2014), aktivitas pariwisata dan pusat kota turut menyumbang jumlah sampah laut, sehingga dalam penelitian ini kita bisa melihat bahwa makro debris per jenis paling berat adalah berada di stasiun 4.

3.3 Kelimpahan Makro Debris

Hasil kelimpahan makro debris yang teridentifikasi dari 4 stasiun pada Ekosistem Mangrove Muara Tukad Mati, Bali memiliki kelimpahan yang berbeda-beda dari 4 stasiun. Kelimpahan adalah banyaknya makro debris berdasarkan jenis dari setiap stasiun. Pada penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat, kelimpahan makro debris setiap stasiun masing-masing sebesar $0,85 \text{ item/m}^2$ pada stasiun 1, stasiun

2 sebesar $0,83 \text{ item/m}^2$, stasiun 3 sebesar $10,68 \text{ item/m}^2$ dan pada stasiun 4 sebesar $8,08 \text{ item/m}^2$. Kelimpahan paling tinggi berada pada stasiun ke 3, yaitu sebesar $10,68 \text{ item/m}^2$. Besarnya nilai kelimpahan pada stasiun tersebut, disebabkan oleh ukuran serpihan makro debris yang cukup besar. Adapun tabel kelimpahan makro debris terdapat pada (Tabel 3).

Jenis makro debris pada ekosistem mangrove Muara Tukad Mati, Bali sebagian besar adalah kantong plastik bekas dan *sterefoam* yang diduga berasal dari aliran muara Tukad Mati. Hasil serupa didapatkan pada hasil Devipriya (2019), dimana kelimpahan jenis sampah di setiap pantai, terutama dalam kategori makro dan meso plastik, mayoritas terdiri dari kantong plastik dan *sterefoam*. Tingginya kelimpahan kedua jenis sampah laut ini diduga berasal dari berbagai aktivitas yang ada di sepanjang Tukad Mati, Bali.

Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Stevenson (2011) yang menyebutkan bahwa sampah laut berasal dari dua sumber utama, yaitu sampah yang dibuang dari aktivitas penangkapan dan sampah dari darat melalui aliran sungai.

Sampah yang berasal dari darat terdiri atas tiga sumber utama, yaitu industri, pengelolaan sampah masyarakat yang tidak teratur, dan kebiasaan masyarakat membuang sampah sembarangan.

Tabel 3. Kelimpahan Makro Debris Pada Setiap Stasiun

No	Jenis	Kelimpahan (item/m ²)			
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4
1	Plastik	0,59	0,55	9,89	6,76
2	Kain	0,08	0,07	0,21	0,51
3	Kaca	0,07	0,04	0,15	0,29
4	Logam	0,08	0,05	0,08	0,17
5	Karet	0,04	0,12	0,35	0,35
Kelimpahan total tiap stasiun		0,85	0,83	10,68	8,08

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai makro debris pada Ekosistem Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali dapat disimpulkan, bahwa:

- 1) Jenis makro debris yang ditemukan di ekosistem mangrove Muara Tukad Mati terdiri dari plastik, kain, kaca, logam, dan karet.
- 2) Komposisi makro debris berdasarkan jumlahnya yang paling banyak adalah jenis plastik yaitu sebesar 87,02%, diikuti jenis kain sebesar 4,24%, jenis karet 4,17%, jenis kaca sebesar 2,67%, dan yang paling sedikit adalah jenis logam sebesar 1,89%.
- 3) Komposisi makro debris berdasarkan beratnya yang tertinggi adalah jenis plastik sebesar 32,33%, diikuti jenis karet sebesar 27,29%, jenis kain 20,23%, jenis kaca 14,36%, dan terendah adalah jenis logam sebesar 5,78%.
- 4) Kelimpahan makro debris masing-masing pada ekosistem mangrove Muara Tukad Mati berkisar antara 0,85 item/m² - 10,68 item/m².

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai makro debris pada Ekosistem Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali, maka saran yang dapat penulis sampaikan yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh makro debris terhadap ekosistem mangrove. Selain itu juga diperlukan upaya lebih baik lagi baik pemerintah maupun masyarakat dalam pengelolaan sampah plastik dan pengurangan penggunaan plastik supaya tidak bermuara ke ekosistem mangrove dan tidak merusak ekosistem mangrove.

DAFTAR PUSTAKA

- Assuyuti, Y. M. Zikrillah, R. B. Tanzil, M. A. Banata, A. Utami, P. 2018. Distribusi dan Jenis Sampah Laut serta Hubungannya terhadap Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka Panggang Air dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta. *Jurnal science taific*, **35(2)**: 91- 102.
- Bangun, S.A., Sangari, J.R., Tilaar, F.F., Pratasik, S.B., Salaki, M., & Pelle, W. 2019. Komposisi sampah laut

- di Pantai Tasik Ria, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Plataz*, **7(1)**: 320-328.
- Barboza, L.G.A., Cózar, A., Gimenez, B.C.G., Barros, T.L., Kershaw, P.J., Guilhermino, L., 2019. Macroplastics Pollution in the Marine Environment, in: *World Seas: An Environmental Evaluation*. Elsevier, pp. 305– 328.
- Cauwenbergh, L. V., and Janssen, C. R. 2014. *Microplastics In Bivalves Cultured For Human Consumption*. Environmental Pollution, 193, 65–70.
- Devipriya, S.P., 2019. Microplastic prevalence in the beaches of Puducherry, India and its correlation with fishing and tourism/recreational activities. *Marine Pollution Bulletin*. 148, 123–133.
- Harahab, N. 2010. *Penilaian Ekonomi Ekosistem Hutan Mangrove dan Aplikasinya Dalam Perencanaan Wilayah Pesisir*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Hermawan, R. 2017. Analisis Jenis Dan Bobot Sampah Laut Di Pesisir Barat Pulau Selayar, Sulawesi Selatan. Bogor Agricultural University (IPB).
- Isman, F.M. 2016. Identifikasi sampah laut di kawasan wisata pantai Kota Makassar [Skripsi]. Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hassanudin.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., & Anthony, A. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, **347(6)**: 622-625.
- Lebreton, L., van der Zwet, J., Damsteeg, J., Slat, B., Andrady, A., and Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the World's Oceans. *Nat. Commun.* 8:15611.
- Murhalis. 2014. Tinjauan Hukum Internasional Terhadap Pencemaran Lingkungan Laut Akibat Sampah di Samudra Pasifik (*The Great Pasific Garbage Patch*). Skripsi. Hukum Internasional Fakultas Hukum Universitas Hasanuddin. Kota Makassar.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2013. *Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP)*. Maryland (US): NOAA. 168 p.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2016. *Marine Debris Impacts on Coastal and Benthic Habitats*. NOAA Marine Debris Habitat Report.
- Opfer, S., Arthur C., and Lippiat, S. 2012. *Marine Debris Shoreline Survey Field Guide*. NOAA.
- Patuwo, N.C., W.E. Pelle., H.W.K. Mangengkey., J.N.W. Schadu., I.S. Manembu., E. L. A. Ngangi. (2020). Karakteristik Sampah Laut di Pantai Tumpaan Desa Tatel Dua Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, **8(1)**: 70-83.
- Ryan, P.G., Moore, C.J., Van Franeker, J.A., Moloney, C.L. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Phil Trans Royal Soc B*. **364**: 1999-2012.
- Smith, S. D. A. and Markic, A. 2013. Estimates of marine debris accumulation on beaches are strongly affected by the temporal scale of sampling. *Plos One*. **8(12)**:1- 6.

- Stevenson, C. 2011. Plastic Debris in the California Marine Ecosystem: A Summary of Current Research, Solution Strategies and Data Gaps. University of Southern California Sea Grant, California Ocean Science Trust. Oakland (US).
- Subekti, S. 2017. Pengelolaan Sampah Rumah Tangga 3R Berbasis Masyarakat. *Jurnal Teknik lingkungan*. **2(1)**: 24-30.
- Sugiyono. 2012. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2011. *UNEP Year Book 2011: Emerging Issues in Our Global Environment*. Nairobi (KE): UNEP. 79 p.
- Yudhantari, C.I., Hendrawan, I.G., Pusphita, N.L. 2019. Kandungan mikroplastik pada saluran pencernaan Ikan Lemuru Protolan (*Sardinella Lemuru*) hasil tangkapan di Selat Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, **2(2)**: 48-52.