

Komposisi dan Kepadatan Sampah Laut (*Marine Debris*) di Pulau Misool: Studi Kasus Pantai Salafen dan Waigama

Composition and Densities of Marine Debris in the Misool Island: Case Study of Salafen and Waigama Beaches

Duaitd Kolibongso*, Sri Novia Alvianus

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Manokwari, 98314, Indonesia

*Korespondensi: d.kolibongso@unipa.ac.id

ABSTRAK

Sampah laut tersebar luas di lautan di seluruh dunia, termasuk di lokasi yang paling terpencil. Di sini, kami melakukan penelitian akumulasi sampah makro di pantai Pulau Misool, pulau yang berjarak ± 192 km dari daratan utama Sorong. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi, kepadatan, dan laju akumulasi sampah laut di dua lokasi yaitu pantai Salafen dan Waigama pada bulan April-Mei 2023. Total jumlah sampah laut yang dikumpulkan sebanyak 125 item selama survei yang dilakukan di dua pantai dengan berat total 1.498 gram. Kepadatan rata-rata sampah laut adalah 0.12 ± 0.05 item/m² dan berat rata-rata sampah laut adalah 1.49 ± 0.85 gr/m². Sebanyak 93% sampah yang ditemukan merupakan kategori sampah laut berbahan plastik, diikuti sampah logam (3%), karet dan kaca masing-masing sebanyak 2% dari total sampah. Rata-rata laju pertambahan menunjukkan akumulasi sampah tertinggi ditemukan di pantai Salafen (39.9 gr/hari) dibandingkan di pantai Waigama (31.4 gr/hari). Pemantauan jangka panjang sangat penting untuk lebih memahami perubahan temporal, dan jalur untuk upaya pengelolaan sampah laut di masa akan datang.

Kata kunci: Komposisi, Kepadatan, Misool, Plastik, Sampah Laut

ABSTRACT

Marine debris is widespread in oceans around the world, including in the most remote locations. Here, we conducted on the accumulation of macro debris on the Misool Island beach, an island ± 192 km away from the mainland of Sorong. The aim of the research is to examine compositions, densities, and accumulation rates of marine debris in two locations, namely Salafen and Waigama beaches at April-Mei 2023. The total amount of marine debris collected was 125 items during the survey conducted at two beaches with a total of 1.498 grams. The mean of densities marine debris is 0.12 ± 0.05 items/m² and 1.49 ± 0.85 gr/m² based on the weight. As much as 93% of the debris was marine debris categories plastics, followed by metals (3%), glass, and rubber as much as 2% respectively from a total of debris. The mean of debris accumulation rates showed the highest debris accumulations were found in Salafen beach (39.9 gr/days) than in Waigama beach (31.4 gr/days). Long-term monitoring is most important for more understanding of the path and temporal changes for the management of marine debris in the future.

Keywords: *Composition, Densities, Marine debris, Misool, Plastic*

PENDAHULUAN

Plastik adalah bagian tak terpisahkan dari dunia saat ini dan digunakan di berbagai bidang industri dan kehidupan sehari-hari. Kita hidup di era plastik, dan sulit membayangkan kehidupan modern tanpa plastik (Thompson et al., 2009). Setiap tahun, diperkirakan 4 hingga 12 juta ton plastik masuk ke lautan dunia (Jambeck et al., 2015). Total plastik yang diproduksi sejak tahun 1950 telah mencapai 367 juta metrik ton pada tahun 2020 (Plastics Europe, 2021). Bahan-bahan seperti kaca, logam, dan kertas telah digantikan oleh plastik (Thompson et al., 2009). Produksi sampah yang terus menerus meningkat secara proporsional dengan pertumbuhan produksi yang dramatis (Jang et al., 2018). Meskipun ada beberapa kebijakan internasional terkait dengan sampah laut (Jeftic et al., 2009), peraturan tersebut banyak diabaikan, dan jutaan ton sampah tetap dibuang ke laut atau tersapu dari pantai (Derraik, 2002).

Daya apung sampah laut memudahkan perpindahannya dalam jarak yang jauh, dimana angin, arus laut, dan pasang surut sebagai faktor penggerak yang berperan dalam mengakumulasi sampah laut di sepanjang garis pantai, bahkan di pulau-pulau paling terpencil (Lavers & Bond, 2017; Andrades et al., 2018; Grillo & Mello, 2021), di laut terbuka dan laut dalam (Van Sebille et al., 2015; Amon et al., 2020; Purba et al., 2021). Pulau Misool adalah pulau yang terletak jauh (192 km) dari daratan utama pulau Papua-Sorong. Pulau ini memiliki pantai berpasir di sepanjang garis pantainya dan iklimnya sangat dipengaruhi oleh siklus muson (Mangubhai et al., 2012). Pulau Misool juga merupakan daerah yang terdapat berbagai aktivitas seperti pemukiman, aktivitas nelayan, objek wisata, dan jalur transportasi laut (Prasetyo et al., 2020).

Berbagai aktivitas tersebut tentunya berpeluang memberikan kontribusi terhadap adanya penumpukan sampah laut. Penelitian sampah laut pernah dilakukan di pulau Misool tahun 2017.

Dalam penelitian tersebut melaporkan kelimpahan mikroplastik sebesar 0.03 kg/m² (Faizal et al., 2022). Hal ini tentu perlu mendapat perhatian mengingat sampah laut dapat memberikan ancaman terhadap ekosistem pesisir, yang pada akhirnya mempengaruhi mata pencaharian dan kesejahteraan masyarakat (Veiga et al., 2016; Schneider et al., 2018).

Pemantauan dan penilaian sampah laut melalui metode standar untuk mendapatkan data ilmiah yang akurat dapat dilakukan untuk menilai jenis, jumlah dan sumber potensial dan kegiatan yang menghasilkannya, dikombinasikan dengan pendidikan publik dan rencana pengelolaan sampah, bisa menjadi langkah pertama dalam upaya mengurangi sampah (Sheavly, 2010). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi dan kepadatan sampah laut yang terakumulasi di pesisir Misool Utara, khususnya di Pantai Salafen dan Waigama yang terletak berdekatan dan sebagai kampung terbesar di distrik Misool.

METODE PENELITIAN

Area Studi

Survei sampah laut dilakukan di distrik Misool tepatnya di wilayah kampung Salafen dan Waigama (Gambar 1). Dua lokasi pantai disurvei berdasarkan karakteristik yang diduga sebagai kontributor adanya sampah: (i) jumlah penduduk atau kedekatan relatif dengan aliran sungai, (ii) penggunaan pantai atau daerah sekitarnya oleh masyarakat, seperti kegiatan pariwisata dan rekreasi, dan (iii) ada tidaknya penghalang di laut seperti pulau, jeti, dan sebagainya. Kampung Salafen memiliki lebih sedikit jumlah penduduk dan tidak adanya penghalang seperti pulau atau jeti, namun terkadang pantai digunakan oleh masyarakat untuk rekreasi, dan Kampung Waigama memiliki lebih banyak penduduk, lebih dekat dengan aliran sungai, dan terdapat penghalang yaitu pulau karang disekililing pantai. Dalam

penelitian ini, semua bahan limbah padat yang diproduksi atau diproses yang masuk ke lingkungan laut dari sumber manapun dianggap sebagai sampah laut (Coe & Rogers, 2012).

Metode Survei

Luas area pengamatan sampah di pantai Salafen (315 m²) dan di pantai Waigama (105 m²) digunakan untuk mengetahui kepadatan dan komposisi sampah laut. Sampah yang diamati yaitu ukuran >2.5 cm (*makro debris*). Perbedaan luas area pengamatan diantara lokasi disesuaikan dengan panjang dan lebar masing-masing pantai. Pengambilan sampah dilakukan sebanyak tiga periode pengamatan dengan interval 7 hari selama 21 hari untuk masing-masing pantai. Survei dimulai pada tanggal 21 April – 4 Mei 2023. Lokasi pengambilan sampel dikelilingi oleh fitur-fitur alami seperti vegetasi pantai yang lebat, yang berfungsi sebagai batas. Seluruh area dari setiap pengambilan sampel disurvei dari batas surut terendah hingga batas pasang tertinggi.

Klasifikasi jenis sampah laut mengacu pada (Cheshire et al, 2009). Sampah laut dikategorikan menjadi empat kelompok besar berdasarkan bahan penyusun: plastik, logam, kaca, dan karet. Semua sampah laut diambil, dibersihkan dan dikumpulkan ke dalam karung yang berukuran besar. Selanjutnya sampah disortir menurut jenis dan sesuai lokasi. Kemudian dianalisis jumlah dan bobot kering sampah laut tersebut.

Analisis Data

Data sampah laut yang telah disortir kemudian dihitung seperti jumlah potongan (item), berat kering (gr), komposisi (%) dan kepadatan sampah (item/m²) dan (gr/m²). Karena luas area keduanya bervariasi antara lokasi, data distandarisasi dengan membagi berat total dan jumlah setiap kategori sampah dengan luas area masing-masing lokasi,

sehingga menghasilkan nilai yang sebanding dengan m². Kepadatan sampah laut dihitung dengan menggunakan persamaan (Lippiatt et al., 2013): $CM = n / (w * l)$, dimana CM adalah kepadatan sampah dalam meter persegi; 'n' adalah jumlah sampah laut yang dikumpulkan; dan lebar (m) dan panjang (l) transek. Kebersihan kedua pantai juga dihitung dengan menggunakan *Clean Coast Index* (CCI) (Alkalay et al., 2007): $CCI = CM * K$, di mana CM adalah kepadatan sampah laut per m²; dan "K" adalah konstanta sebesar 20. Menurut skala CCI: nilai dari 0 hingga 2 berarti sangat bersih, 2-5 bersih, 5-10 cukup bersih, 10-20 kotor, dan >20 sangat kotor. Untuk menentukan apakah perbedaan karakteristik pantai berdampak pada akumulasi sampah laut maka kuantitas sampah laut dibandingkan antar lokasi, dan uji signifikansi dengan Mann-Whitney test (Mann & Whitney, 1947).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi sampah laut

Total jumlah sampah laut yang dikumpulkan sebanyak 125 item selama survei yang dilakukan di dua pantai distrik Misool. Jumlah berat total sampah laut adalah 1.498 gram. Sebanyak 93% sampah yang ditemukan merupakan kategori sampah berbahan plastik, diikuti sampah logam (3%), karet dan kaca masing-masing sebanyak 2% dari total sampah yang dikumpulkan (Gambar 2). Berdasarkan berat, kelompok plastik paling dominan sebesar 84%, diikuti oleh karet sebesar 8.1%, logam 4.8%, dan kaca 3.2%.

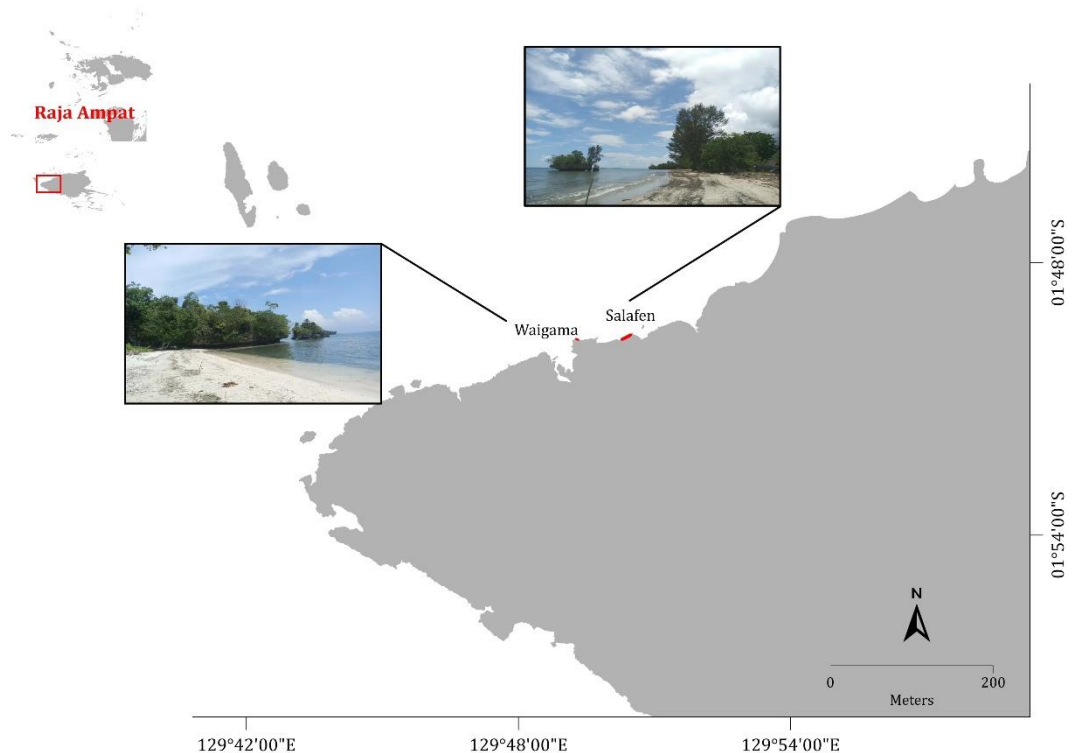
Tiga kategori teratas jenis sampah yang ditemukan dan menyumbang 79.2% dari total kategori sampah yang dikumpulkan dan semuanya terbuat dari bahan plastik (Tabel 1). Botol plastik (PL02) adalah jenis sampah dominan dalam jumlah (56 item) dengan presentase 44.8% dari total sampah yang tercatat. Berikutnya, peralatan minuman

(PL05) dengan 24%, dan kantong plastik (PL07) dengan 10.4%. Studi ini mengungkapkan dominasi kategori tertentu yang merupakan sebagian besar sampah yang dikumpulkan, seperti yang telah diamati di pantai-pantai Indonesia lainnya (Maharani et al., 2018; Pamungkas et al., 2021; Purba et al., 2018; Suteja et al., 2021; Amri et al., 2023). Kondisi ini juga menjadi indikasi kategori sampah tersebut belum dikelola dengan baik dalam berbagai aktivitas di wilayah sekitar. Berikutnya, sampah berbahan plastik merupakan yang paling banyak ditemukan di kedua pantai di distrik Misool (Gambar 2). Berbagai penelitian yang telah dilakukan menempatkan Indonesia sebagai negara penyumbang sampah plastik terbesar kedua di lautan setelah Tiongkok (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al.,

2017). Hasil ini sama dengan penelitian-penelitian sebelumnya di Indonesia yang menemukan sampah berbahan plastik merupakan yang paling mendominasi (Purba et al., 2018; Sur et al., 2018; Cordova & Nurhati, 2019; Fajriah et al., 2020; Hayati et al., 2020; Dobler et al., 2022). Namun tidak hanya Indonesia, plastik juga menjadi permasalahan lingkungan pada pantai di seluruh dunia dan pulau-pulau kecil yang jauh dari daratan utama, seperti dalam beberapa penelitian yang dilakukan pada pantai-pantai lain di dunia, sampah plastik masih mendominasi, seperti: pantai Sri Lanka (Jang et al., 2018); pulau Trindade, Atlantik Selatan (Andrades et al., 2018); pantai Maroko (Mghili et al., 2020); Kepulauan Fernando de Noronha, Atlantik (Grillo & Mello, 2021).

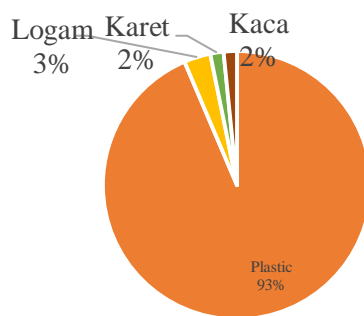
Tabel 1. Tiga kategori teratas jenis sampah yang ditemukan di pulau Misool

No	Jenis Bahan	Kode	Klasifikasi sampah	Item	% item
1	Plastik	PL02	Botol < 2 Liter	56	44.8
2	Plastik	PL06	Wadah makanan	30	24.0
3	Plastik	PL07	Kantong plastik (buram dan bening)	13	10.4



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Polusi plastik di Pulau Misool dapat menjadi ancaman bagi keanekaragaman hayati penting. Dampak negatif sampah laut, terutama plastik, terhadap satwa liar dan ekosistem telah banyak didokumentasikan dengan baik (Gall & Thompson, 2015; Thompson et al., 2009). Sampah laut juga mempengaruhi mata pencaharian (McIlgorm et al., 2008), seperti berkurangnya hasil tangkapan nelayan dan rusaknya alat tangkap yang terbelit sampah, maupun sampah yang merusak baling-baling kapal; dan kesehatan masyarakat seperti konsumsi biota laut yang terkontaminasi sampah plastik (Rochman et al., 2015).



Gambar 2. Presentase komposisi jenis sampah laut di distrik Misool.

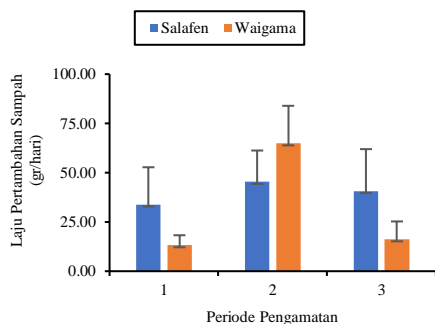
Kepadatan Sampah Laut

Kepadatan rata-rata sampah laut adalah 0.12 ± 0.05 item/ m^2 dan 1.49 ± 0.85 gr/ m^2 menurut beratnya (Tabel 1). Rata-rata kepadatan sampah laut lebih tinggi di pantai Waigama dari di pantai Salafen ($p > 0.05$, Mann-Whitney U test). Kelimpahan sampah menunjukkan variasi antara periode pengamatan (Tabel 2). Secara umum, sampah laut yang dikumpulkan menunjukkan botol plastik dan wadah makanan plastik mendominasi di tiap periode pengamatan. Nilai indeks kebersihan pantai (CCI) dihitung pada kedua Pantai (Tabel 2). Nilai yang diperoleh pada umumnya rendah dan kebersihan pantai masih dalam kategori sangat bersih.

Rata-rata kepadatan sampah laut di pulau Misool (0.12 items/ m^2) lebih tinggi dari yang ditemukan dalam penelitian sebelumnya (Faizal et al., 2022), dimana menemukan rata-rata kepadatan 0.03 items/ m^2 . Kepadatan sampah yang ditemukan dalam penelitian ini sebanding dengan jumlah rata-rata kepadatan yang tercatat di beberapa pantai pulau, seperti pulau Taiwan (Kuo & Huang, 2014); dan pulau Mauritius (Seeruttun et al., 2021). Pada saat yang sama, kepadatan sampah yang ditemukan lebih rendah dari pantai-pantai di pulau Tunda, Banten (Maharani et al., 2018); kepulauan Fernando de Noronha (Grillo & Mello, 2021); pulau Trindade, Atlantik Selatan (Andrades et al., 2018); dan pulau Tidung (Hayati et al., 2020). Perbedaan kepadatan sampah laut antara kedua lokasi tidak hanya dipengaruhi oleh aktivitas manusia, namun diduga merupakan kombinasi dari berbagai faktor. Pantai Salafen memiliki ukuran luasan yang lebih besar dibandingkan dengan pantai Waigama, sehingga permukaan laut memiliki pengaruh dalam mengakumulasi sampah. Tinggi dan rendahnya pasang surut disuatu wilayah juga akan berpengaruh terhadap akumulasi sampah laut (Asensio-Montesinos et al., 2019). Berikutnya, kontribusi dari masukan sungai yang biasanya banyak dijadikan tempat pembuangan sampah, bisa menjadi alasan lain kepadatan sampah laut. Kedekatan pantai dengan sungai akan meningkatkan kepadatan sampah di pantai (Rech et al., 2014).

Banyaknya botol plastik (minuman) yang ditemukan dalam penelitian ini sangat sesuai dengan tipologi sebuah pulau. Masyarakat di pulau Misool umumnya cukup kekurangan dengan air minum segar, sehingga mengakibatkan adanya ketergantungan pada air segar dari botol plastik yang kemudian sering menjadi sampah laut. Kondisi serupa juga ditemukan di kepulauan Spermonde, dimana volume sampah botol plastik menjadi permasalahan akibat kurangnya ketersediaan air minum segar (Sur et al., 2018). Kecenderungan yang sama juga ditemukan untuk kemasan plastik sekali

pakai (misalnya bungkus keripik, bungkus permen, wadah makanan, wadah minuman) yang menjadi jenis sampah utama yang ditemukan. Fasilitas desalinasi air laut di pulau mungkin akan menjadi solusi untuk permasalahan, tetapi seperti yang diketahui, adanya fasilitas desalinasi mungkin gagal karena kurangnya keterampilan teknis di pulau, pendanaan yang tidak mencukupi, serta adanya konflik sosial. Selain itu, fasilitas daur ulang sampah terdekat berada di kota Sorong yang terletak cukup jauh, sehingga menjadi tidak efektif bagi masyarakat untuk mengirimkan sampah daur ulang ke Sorong. Keterbatasan ekonomi dan teknis adalah masalah umum yang menjadi rintangan dalam mengelola sampah di seluruh Indonesia dan negara berkembang lainnya (McIlgorm et al., 2008).



Gambar 3. Laju pertambahan sampah laut (gr/hari \pm SE)

Laju Pertambahan Sampah Laut

Laju pertambahan sampah laut menunjukkan variasi dalam berat sampah yang dikumpulkan selama periode pengamatan (Gambar 3). Laju akumulasi sampah laut merupakan penambahan (baik dalam jumlah maupun berat) sampah plastik pada kecepatan (rentang waktu) tertentu. Rata-rata laju pertambahan menunjukkan bahwa akumulasi sampah tertinggi ditemukan di pantai Salafen (39.9 gr/hari) dibandingkan di pantai Waigama (31.4

gr/hari). Variasi laju pertambahan diantara lokasi dan periode pengamatan diduga dipengaruhi oleh karakteristik pantai, seperti jumlah penduduk dan jarak dari kampung dan sungai. Walaupun kampung Salafen memiliki jumlah penduduk yang lebih sedikit dibandingkan Waigama namun pantai Salafen terkadang dijadikan sebagai lokasi rekreasi masyarakat sekitar karena akses yang lebih mudah, dimana hal ini kemudian berpengaruh terhadap adanya sampah yang dibuang dari aktivitas rekreasi. Berikutnya, pantai Salafen juga lebih terbuka terhadap laut dengan tidak adanya penghalang seperti jeti atau pulau yang mengakibatkan sampah yang hanyut lebih mudah diendapkan di pantai. Sebaliknya, pantai Waigama meskipun memiliki jumlah penduduk yang lebih besar, namun kurang adanya aktivitas masyarakat yang memanfaatkan pantai dan terdapatnya penghalang berupa pulau-pulau karang juga kuat diduga menjadi penyebab rendahnya akumulasi sampah. Aktivitas pariwisata dan rekreasi dari masyarakat biasanya menjadi salah satu penyumbang utama sampah laut yang terdeposit di pantai (Vlachogianni et al., 2018). Faktor lain yang mempengaruhi penambahan (akumulasi) sampah laut dan akibatnya terdampar di pantai-pantai pulau juga bergantung pada beberapa faktor kompleks (misalnya, kedekatan dengan sumber polusi dan faktor oseanografi). Arus permukaan yang digerakkan oleh angin memainkan peran kunci dalam akumulasi sampah di zona samudera, termasuk pantai pulau dan habitat dekat pantai (Baztan et al., 2014; Monteiro et al., 2018). Selain itu, akumulasi sampah laut juga sangat dipengaruhi oleh kemiringan pantai. Pantai dengan kemiringan lereng rendah cenderung lebih rentan untuk mengakumulasi sampah laut di pantai (Embulaba et al., 2022).

Tabel 2. Kepadatan sampah laut (item/m² dan g/m²) dan Clean-coast indeks (CCI) di dua pantai pulau Misool.

Stasiun (Pantai)	Mean (SD)		Periode I			Periode II			Periode III		
	Item/m ²	g/m ²	Item/m ²	g/m ²	CCI ^a	Item/m ²	g/m ²	CCI ^a	Item/m ²	g/m ²	CCI ^a
Salafen	0.08 (0.04)	0.89 (0.13)	0.09	0.75	1.8	0.11	1.01	2.2	0.04	0.9	0.8
Waigama	0.15 (0.10)	2.09 (1.93)	0.1	0.88	2	0.27	4.32	5.4	0.09	1.08	1.8
Mean	0.12 (0.05)	1.49 (0.85)	0.10	0.82		0.19	2.67		0.07	0.99	

^a 0-2 sangat bersih, 2-5 bersih, 5-10 cukup bersih, 10-20 kotor, dan >20 sangat kotor

KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan data penting tentang keberadaan, dan komposisi jenis sampah laut di pulau Misool. Kepadatan rata-rata yang ditemukan oleh penelitian ini sedikit lebih tinggi dari kepadatan yang dilaporkan oleh penelitian lain di pulau Misool dan sekitarnya. Studi ini menunjukkan adanya distribusi dan akumulasi sampah yang tidak merata di kedua pantai yang dipengaruhi oleh karakteristik pantai. Pengelolaan dan kontrol terhadap terhadap sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia sangat diperlukan. Disamping itu, peran pasang surut dan sungai dalam mendistribusikan sampah laut juga dapat dijadikan sebagai subyek berikutnya dalam penelitian di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Konservasi Alam Nusantara (YKAN) yang telah mendukung dan memfasilitasi selama penelitian dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Alkalay, R., Pasternak, G., & Zask, A. (2007). Clean-coast index-A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean and Coastal Management*, 50(5-6), 352-362. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman>

.2006.10.002

- Amon, D. J., Kennedy, B. R. C., Cantwell, K., Suhre, K., Glickson, D., Shank, T. M., & Rotjan, R. D. (2020). Deep-Sea Debris in the Central and Western Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 7(May), 1-15. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00369>
- Amri, R., Kholifiyanti, C., Wijayanti, E. S., Bayan, S., Hidayat, R. R., & Hidayati, N. V. (2023). Komposisi dan Distribusi Sampah Laut di Pantai Pasir Putih Losari, Brebes, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(1), 135-147. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i1.15770>
- Andrades, R., Santos, R. G., Joyeux, J. C., Chelazzi, D., Cincinelli, A., & Giarrizzo, T. (2018). Marine debris in Trindade Island, a remote island of the South Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 137(October), 180-184. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.10.003>
- Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Randerson, P., & Williams, A. T. (2019). Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). *Ocean & Coastal Management*, 181, 104914.
- Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J. E., Huck, T., Jaffrès, L., Jorgensen, B., Miguelez, A., Paillard, C., & others.

- (2014). Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1–2), 302–311.
- Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., & Evans, S., Jarayabhand, S., Jetic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. (2009). UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. In *2022 IEEE 11th IFIP International Conference on Performance Evaluation and Modeling in Wireless and Wired Networks, PEMWN 2022* (Issue 83).
- Coe, J. M., & Rogers, D. (2012). *Marine debris: sources, impacts, and solutions*. Springer Science & Business Media.
- Cordova, M. R., & Nurhati, I. S. (2019). Major sources and monthly variations in the release of land-derived marine debris from the Greater Jakarta area, Indonesia. *Scientific Reports*, 9(1), 18730. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55065-2>
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Dobler, D., Maes, C., Martinez, E., Rahmania, R., Gautama, B. G., Farhan, A. R., & Dounias, E. (2022). On the Fate of Floating Marine Debris Carried to the Sea through the Main Rivers of Indonesia. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/jmse10081009>
- Embulaba, O., Kolibongso, D., Tapilatu, R. F., Saleh, F., & Bawole, R. (2022). Distribution and types of microplastics on the coast of Aipiri and Andai Beaches, District, Indonesia. *Smujo.Id*, 6(1), 10–16. <https://doi.org/10.13057/oceanlife/060102>
- Faizal, I., Anna, Z., Utami, S. T., Mulyani, P. G., & Purba, N. P. (2022). Baseline data of marine debris in the Indonesia beaches. *Data in Brief*, 41, 107871. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107871>
- Fajriah, N., Fauzi, M., & Sumiarsih, E. (2020). Composition and Density of Marine Debris in the Mangrove Ecosystems of the Sungai Rawa Village, Sungai Apit Subdistrict, Siak Regency, Riau Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 2(1), 29–38. <https://doi.org/10.31258/ajoa.2.1.29-38>
- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- Grillo, A. C., & Mello, T. J. (2021). Marine debris in the Fernando de Noronha Archipelago, a remote oceanic marine protected area in tropical SW Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 164(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112021>
- Hayati, Y., Adrianto, L., Krisanti, M., Pranowo, W. S., & Kurniawan, F. (2020). Magnitudes and tourist perception of marine debris on small tourism island: Assessment of Tidung Island, Jakarta, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 158(June), 111393. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111393>
- 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. <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/>

- 10.1126/science.1260879%0Ahttps://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1260352
- Jang, Y. C., Ranatunga, R. R. M. K. P., Mok, J. Y., Kim, K. S., Hong, S. Y., Choi, Y. R., & Gunasekara, A. J. M. (2018). Composition and abundance of marine debris stranded on the beaches of Sri Lanka: Results from the first island-wide survey. *Marine Pollution Bulletin*, 128(January), 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.018>
- Jeftic, L., & others. (2009). *Marine litter: a global challenge*.
- Kuo, F.-J., & Huang, H.-W. (2014). Strategy for mitigation of marine debris: analysis of sources and composition of marine debris in northern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 70–78.
- Lavers, J. L., & Bond, A. L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(23), 6052–6055. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>
- Lebreton, L. C. M., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Lippiatt, S., Opfer, S., & Arthur, C. (2013). *Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment*. November.
- Maharani, A., Purba, N. P., & Faizal, I. (2018). Occurrence of beach debris in Tunda Island, Banten, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184704006>
- Mangubhai, S., Erdmann, M. V., Wilson, J. R., Huffard, C. L., Ballamu, F., Hidayat, N. I., Hitipeuw, C., Lazuardi, M. E., Muhajir, Pada, D., Purba, G., Rotinsulu, C., Rumetna, L., Sumolang, K., & Wen, W. (2012). Papuan Bird's Head Seascape: Emerging threats and challenges in the global center of marine biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2279–2295. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.024>
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 18(1), 50–60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- McIlgorm, A., Campbell, H. F., & Rule, M. J. (2008). Understanding the economic benefits and costs of controlling marine debris in the APEC region (MRC 02/2007). *A Report to the Asia-Pacific Economic Cooperation Marine Resource Conservation Working Group by the National Marine Science Centre (University of New England and Southern Cross University), Coffs Harbour, NSW, Australia, December*.
- Mghili, B., Analla, M., Aksissou, M., & Aissa, C. (2020). Marine debris in Moroccan Mediterranean beaches: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine Pollution Bulletin*, 160(September), 111692. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111692>
- Monteiro, R. C. P., do Sul, J. A. I., & Costa, M. F. (2018). Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 238, 103–110.
- Pamungkas, P. B. P., Hendrawan, I. G., & Giri Putra, I. N. (2021). Karakteristik dan Sebaran Sampah Terdampar di Kawasan Pesisir Taman Nasional Bali Barat. *Journal of Marine Research and*

- Technology, 4(1), 9.
<https://doi.org/10.24843/jmrt.2021.v04.i01.p02>
- Plastics Europe. (2021). Plastics Europe Association of Plastics Manufacturers Plastics—The Facts 2021 An analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. *Plastics - the Facts 2021*, 34.
<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Prasetyo, N., Carr, A., & Filep, S. (2020). Indigenous Knowledge in Marine Ecotourism Development: The Case of Sasi Laut, Misool, Indonesia. *Tourism Planning and Development*, 17(1), 46–61.
<https://doi.org/10.1080/21568316.2019.1604424>
- Purba, N. P., Apriliani, I. M., Dewanti, L. P., Herawati, H., & Faizal, I. (2018). Distribution of Macro Debris at Pangandaran Beach, Indonesia. *International Scientific Journal*, 103(7), 144–156.
www.worldscientificnews.com
- Purba, N. P., Faizal, I., Cordova, M. R., Abimanyu, A., Afandi, N. K. A., Indriawan, D., & Khan, A. M. A. (2021). Marine Debris Pathway Across Indonesian Boundary Seas. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 82–98.
<https://doi.org/10.12911/22998993/132428>
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Madariaga, D. J., & Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter--a study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 82(1–2), 66–75.
- 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(April), 1–10.
<https://doi.org/10.1038/srep14340>
- Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A., & McManus, M. C. (2018). Collected marine litter — A growing waste challenge. *Marine Pollution Bulletin*, 128(August 2017), 162–174.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.011>
- Seeruttun, L. D., Raghbor, P., & Appadoo, C. (2021). First assessment of anthropogenic marine debris in mangrove forests of Mauritius, a small oceanic island. *Marine Pollution Bulletin*, 164(October 2020), 112019.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112019>
- Sheavly, S. B. (2010). National marine debris monitoring program: lessons learned. *Report to the US Environmental Protection Agency*, 28.
- Sur, C., Abbott, J. M., Ambo-Rappe, R., Asriani, N., Hameed, S. O., Jellison, B. M., Lestari, H. A., Limbong, S. R., Mandasari, M., Ng, G., Satterthwaite, E. V., Syahid, S., Trockel, D., Umar, W., & Williams, S. L. (2018). Marine debris on small Islands: Insights from an educational outreach program in the spermonde archipelago, Indonesia. *Frontiers in Marine Science*, 5(FEB), 1–5.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00035>
- Suteja, Y., Atmadipoera, A. S., Riani, E., Nurjaya, I. W., Nugroho, D., & Purwiyanto, A. I. S. (2021). Stranded marine debris on the touristic beaches in the south of Bali Island, Indonesia: The spatiotemporal abundance and characteristic. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 113026.
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & Vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1973–1976.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>

- Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., Van Franeker, J. A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F., & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, *10*(12).
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>
- Veiga, J. M., Vlachogianni, T., Pahl, S., Thompson, R. C., Kopke, K., Doyle, T. K., Hartley, B. L., Maes, T., Orthodoxou, D. L., Loizidou, X. I., & Alampei, I. (2016). Enhancing public awareness and promoting co-responsibility for marine litter in Europe: The challenge of MARLISCO. *Marine Pollution Bulletin*, *102*(2), 309–315.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.031>
- Vlachogianni, T., Fortibuoni, T., Ronchi, F., Zeri, C., Mazziotti, C., Tutman, P., Varezić, D. B., Palatinus, A., Trdan, Š., Peterlin, M., Mandić, M., Markovic, O., Prvan, M., Kaberi, H., Prevenios, M., Kolutari, J., Kroqi, G., Fusco, M., Kalampokis, E., & Scoullou, M. (2018). Marine litter on the beaches of the Adriatic and Ionian Seas: An assessment of their abundance, composition and sources. *Marine Pollution Bulletin*, *131*(March), 745–756.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.006>
- Williams, A. T., & Rangel-Buitrago, N. (2022). The past, present, and future of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, *176*, 113429.