



Composition and Spatial Distribution of Marine Debris in the Waters of Inner Ambon Bay : A Multi-Location Study Based on Characteristics of Anthropogenic Activity

(Komposisi dan Distribusi Spasial Sampah Laut di Perairan Teluk Ambon Bagian Dalam : Studi Multi-Lokasi Berbasis Karakteristik Aktivitas Antropogenik)

Laole ¹, Aniesa Nabila ^{1✉}, Kamal Mewar ² dan Salim Souwakil ²

¹ Dosen Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Maluku, Jl. Permi Kelurahan Silale, Kota Ambon, Indonesia.

² Mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kehutanan, Universitas Muhammadiyah Maluku, Jl. Permi Kelurahan Silale, Kota Ambon, Indonesia.

Email: iklumm30des@gmail.com

Article Info:

Received : 14 Spet. 2025

Accepted : 27 Okt. 2025

Online : 28 Okt. 2025

Article type :

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword :

Anthropogenic; Spatial distribution; Marine Debris ; plastic waste; Inner Ambon Bay

Corresponding Author :

Aniesa Nabila

Universitas Muhammadiyah Maluku, Ambon, Indonesia

Email :

iklumm30des@gmail.com

Abstract

Marine debris pollution has become a global threat to coastal ecosystems, especially in tropical regions with high human activity. This study investigates the composition and spatial distribution of marine debris in Inner Ambon Bay waters using a multi-location approach. Sampling was carried out at six stations representing different activity types: ports (Halong), dense river estuaries (Galala), mangrove ecosystems (Waiheru), residential areas (Passo), and areas with mixed characteristics (Poka). Waste composition was analysed based on material classification, including plastic, glass/ceramic, rubber, plastic foam, metal, fabric, paper/cardboard, wood, and other materials. Results showed a dominance of plastic waste, with 1,166 items (61.47%) out of 1,896 total items. The spatial distribution revealed significant heterogeneity, with Poka station recording the highest plastic density (357 items) and Hunuth the lowest (47%). Variability in waste composition reflects specific human influences: port areas mainly contained glass and ceramics (41.3%), densely populated settlements predominantly exhibited domestic plastic waste (67.1%-92.1%), and commercial areas showed a diverse range of materials with a significant rubber presence (15%). Non-biodegradable materials accounted for 94-95% across sites, indicating persistent long-term contamination. The Waiheru mangrove ecosystem experienced the highest pollution levels, with plastics accounting for 92.1%, primarily accumulating through river transport. The clear connection between human activities and pollution patterns emphasises the need for site-specific management strategies. This study provides essential baseline data for creating marine debris management plans focused on human activity profiles in tropical coastal areas and improves understanding of marine debris distribution within sustainable coastal management frameworks.



Copyright©2025, Laole, Aniesa Nabila, Kamal Mewar, Salim Saouwakil

I. PENDAHULUAN

Sampah laut (marine debris) telah menjadi salah satu ancaman lingkungan global yang paling serius di abad ke-21, dengan dampak yang meluas terhadap ekosistem laut, ekonomi maritim, dan kesehatan manusia (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al., 2018). Setiap tahunnya, diperkirakan 8-12 juta ton sampah plastik mencapai lautan dunia, dengan

80% berasal dari aktivitas di daratan (Geyer et al., 2017; UNEP, 2018). Masalah ini semakin mengkhawatirkan mengingat produksi plastik global yang terus meningkat dari 2 juta ton pada 1950 menjadi 368 juta ton pada 2019, dengan proyeksi mencapai 1.124 juta ton pada 2040 jika tidak ada intervensi yang signifikan (Borrelle et al., 2020; MacLeod et al., 2021).

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar dengan garis pantai mencapai 99.093 km, menempati posisi kedua sebagai penyumbang sampah laut terbesar dunia setelah China, dengan estimasi kontribusi 0,48-1,29 juta ton sampah plastik per tahun (Jambeck et al., 2015; Cordova & Nurhati, 2019). Kondisi ini diperparah oleh sistem pengelolaan sampah yang belum optimal, dengan tingkat daur ulang sampah plastik di Indonesia hanya mencapai 9,35% dari total sampah plastik yang dihasilkan (KLHK, 2020; Purwanti et al., 2021). Provinsi Maluku, khususnya Kota Ambon sebagai ibu kota provinsi, menghadapi tantangan serius dalam pengelolaan sampah pesisir akibat keterbatasan infrastruktur dan meningkatnya aktivitas antropogenik di zona pesisir (Setiawan et al., 2020).

Teluk Ambon Bagian Dalam (TAD) merupakan perairan semi tertutup dengan karakteristik oseanografi unik yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi bagi masyarakat lokal (Leatemia et al., 2019; Tuhumury et al., 2018). Kawasan ini berfungsi sebagai pusat aktivitas ekonomi, pelabuhan utama, dan habitat penting bagi berbagai spesies laut tropis. Namun, tekanan antropogenik yang intensif dari pemukiman padat penduduk dengan kepadatan mencapai 6.823 jiwa/km², aktivitas pelabuhan, pasar tradisional, dan pariwisata telah meningkatkan beban sampah laut di kawasan ini (BPS Kota Ambon, 2022; Latumahina et al., 2018).

Karakteristik geografis TAD sebagai perairan semi tertutup dengan sirkulasi air yang terbatas dan waktu tinggal massa air (residence time) mencapai 12-15 hari menciptakan kondisi yang kondusif untuk akumulasi sampah laut (Wenno & Aponno, 2016; Katiandagho et al., 2019). Arus dan gelombang yang lemah dengan kecepatan rata-rata 0,02-0,05 m/s menyebabkan sampah yang masuk ke perairan cenderung mengendap dan terakumulasi di zona litoral, berpotensi merusak ekosistem vital seperti terumbu karang, padang lamun, dan hutan mangrove yang menjadi ciri khas TAD (Patty, 2015; Siahainenia et al., 2018).

Dampak sampah laut terhadap ekosistem TAD sangat beragam dan kompleks. Sampah plastik dapat menyebabkan kematian biota laut melalui ingesti dan entanglement, merusak habitat bentik, dan mengubah struktur komunitas ekosistem (Wilcox et al., 2015; Lynch, 2018). Proses degradasi sampah plastik menghasilkan mikroplastik dengan konsentrasi mencapai 188-7.068 partikel/m³ di perairan Indonesia, yang dapat terakumulasi dalam rantai makanan dan berpotensi

mengancam kesehatan manusia melalui konsumsi hasil laut (Cordova & Nurhati, 2019; Alam et al., 2019). Selain itu, keberadaan sampah laut juga menurunkan nilai estetika kawasan pesisir dan berdampak negatif terhadap sektor pariwisata yang berkontribusi 15-20% terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Ambon (Newman et al., 2015; BPS Kota Ambon, 2022).

Meskipun permasalahan sampah laut di TAD telah menjadi keprihatinan masyarakat dan pemerintah daerah, data ilmiah tentang karakteristik dan distribusi sampah laut di kawasan ini masih sangat terbatas. Penelitian yang telah dilakukan umumnya bersifat deskriptif dan belum memberikan informasi komprehensif tentang jenis, komposisi, densitas, dan pola distribusi spasial sampah laut dengan pendekatan metodologi yang terstandar (Galgani et al., 2013; Cheshire et al., 2009). Keterbatasan data ini menyebabkan strategi pengelolaan sampah laut yang diterapkan belum optimal dan cenderung bersifat reaktif daripada preventif (GESAMP, 2019).

Identifikasi dan karakterisasi sampah laut merupakan langkah fundamental dalam memahami permasalahan sampah laut secara holistik dan merancang strategi pengelolaan yang efektif berbasis bukti ilmiah (Lippiatt et al., 2013; Gago et al., 2016). Informasi tentang jenis dan komposisi sampah laut dapat mengidentifikasi sumber utama polusi dan jalur masuk sampah ke lingkungan laut, sementara data distribusi spasial dapat menentukan area prioritas untuk intervensi pengelolaan (Fleet et al., 2021; Addamo et al., 2017). Selain itu, pemahaman tentang hubungan antara karakteristik oseanografi dengan pola akumulasi sampah laut dapat membantu prediksi dampak jangka panjang dan pengembangan sistem early warning yang akurat (Maximenko et al., 2012; Van Sebille et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi dan distribusi spasial sampah laut di perairan TAD melalui pendekatan multi-lokasi yang mempertimbangkan karakteristik aktivitas antropogenik berbeda. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan baseline data komprehensif untuk pengembangan strategi pengelolaan sampah laut yang efektif dan berkelanjutan di kawasan perairan semi tertutup tropis Indonesia.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2025 di sepanjang pesisir pantai Teluk Ambon Bagian Dalam dengan menetapkan 6

(enam) stasiun pengamatan yang secara representatif mewakili berbagai karakteristik penggunaan lahan dan aktivitas manusia di kawasan tersebut. Penetapan stasiun penelitian dilakukan berdasarkan pertimbangan variabilitas ekosistem dan intensitas aktivitas antropogenik, dimana Stasiun 1 mewakili area muara sungai di Galala, Stasiun 2 berlokasi di area dekat pelabuhan Halong, Stasiun 3 berada di zona pemukiman penduduk BTN Passo Indah di Negri Lama, Stasiun 4 ditempatkan di kawasan mangrove Waiheru, Stasiun 5 terletak di kawasan dekat perkantoran Hunuth, dan Stasiun 6 mewakili area wisata dan pemukiman di Poka. Pemilihan keenam

stasiun tersebut bertujuan untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai kondisi ekosistem pesisir serta dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan perairan Teluk Ambon Dalam.

2.2. Alat dan Bahan

Kegiatan penelitian ini memerlukan sejumlah instrumen dan material pendukung yang penting untuk kelancaran prosedur sampling, pengukuran parameter, dan dokumentasi data di lokasi penelitian. Detail komprehensif mengenai peralatan beserta spesifikasi teknis dan peranannya dalam penelitian tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen dan Material yang Digunakan dalam Penelitian

No	Instrumen	Spesifikasi Teknis	Peranan dalam Penelitian
1	Meteran Gulung	Kapasitas pengukuran 100 m	Penentuan jarak dan penetapan dimensi jalur transek
2	Tali Plastik	Ketebalan 3 mm	Pembatas dan penanda area kuadrat sampling
3	Neraca Elektronik	Kapasitas maksimal 5 kg dengan presisi 0,1 g	Penimbangan massa sampah sesuai klasifikasi jenis
4	Lembar Catatan Lapangan dan Alat Tulis	Material tahan air	Dokumentasi dan pencatatan data observasi langsung
5	Kamera Fotografik	Resolusi minimum 12 megapiksel	Perekaman visual aktivitas penelitian dan spesimen
6	Wadah Pengumpul	Material polietilen dengan volume 50 liter	Tempat penampungan sampel berdasarkan kategori tertentu
7	Penggaris	Dimensi 30 cm dengan ketelitian 1 mm	Pengukuran parameter morfometrik sampel
8	Tongkat Penanda	Ukuran 50 cm dari material kayu	Pembatas fisik area jalur pengamatan

Setiap peralatan dipilih berdasarkan kriteria fungsionalitas, akurasi, dan kesesuaian dengan kondisi lingkungan penelitian untuk memastikan kualitas dan reliabilitas data yang diperoleh.

2.3. Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel menggunakan teknik purposive sampling dengan metode transek yang mengacu pada protokol KLHK (2019) dan UNEP/IOC Guidelines (Cheshire et al., 2009). Pada setiap stasiun, ditetapkan transek sepanjang 100 m sejajar garis pantai dengan lebar 5–50 m tergantung morfologi pantai. Transek dibagi menjadi lima segmen dengan jarak masing-masing 20 m, dan di setiap segmen ditempatkan satu kuadrat sampling berukuran 5×5 m secara systematic random sampling.

Prosedur sampling dilakukan secara sistematis mulai dari segmen pertama hingga

kelima dengan interval waktu 30 menit per kuadrat. Seluruh sampah dalam kuadrat dikumpulkan hingga kedalaman 2 cm dari permukaan substrat, kemudian dikategorisasi berdasarkan klasifikasi UNEP (United Nations Environment Programme) yang terdiri dari sembilan kategori utama, yaitu plastik, busa plastik (foam), kaca dan keramik, kain, logam, kertas dan kardus, karet, kayu, dan bahan lainnya.

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Sampel sampah laut yang telah terkumpul dikelompokkan berdasarkan jenis material sesuai dengan klasifikasi internasional UNEP/IOC untuk penelitian sampah laut (Cheshire et al., 2009). Kategori utama meliputi plastik, busa plastik (foam), kaca dan keramik, kain, logam, kertas dan kardus, karet, kayu olahan, serta bahan lainnya

yang tidak termasuk dalam kelompok utama. Setiap sampel yang diperoleh didokumentasikan secara visual menggunakan kamera digital resolusi minimal 12 MP untuk keperluan verifikasi dan analisis lebih lanjut.

Proses identifikasi dan klasifikasi sampel dilakukan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Muhammadiyah Maluku dalam kondisi terkontrol untuk memastikan akurasi pengelompokan berdasarkan karakteristik fisik dan komposisi material. Setiap kategori sampah ditimbang menggunakan timbangan digital dengan akurasi 0,1 g dan dihitung jumlah itemnya berdasarkan kategori yang telah ditetapkan.

2.5. Teknik Analisis Data

Data hasil pengumpulan sampel dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan protokol pemantauan sampah laut yang ditetapkan oleh KLHK (2020) dan standar internasional GESAMP (2019). Analisis mencakup tiga parameter fundamental: komposisi sampah, kepadatan, dan berat jenis sampah laut untuk setiap kategori material yang teridentifikasi.

Perhitungan persentase komposisi sampah dilakukan menggunakan formula:

$$\text{Komposisi (\%)} = \frac{\text{Jumlah Item Sampah per Kategori}}{\text{Total Jumlah Item Sampah}} \times 100\%$$

Parameter kepadatan sampah dihitung berdasarkan jumlah item sampah per satuan luas area sampling dengan formula:

$$\text{Kepadatan (item/m}^2\text{)} = \frac{\text{Total Jumlah Item Sampah}}{\text{Luas Area Sampling}}$$

Berat jenis sampah untuk setiap kategori material dihitung menggunakan formula:

$$\text{Berat Jenis (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Total Berat Sampah per kategori}}{\text{Luas Area Sampling}}$$

Pengolahan data statistik dilakukan menggunakan software SPSS versi 26.0 dan Microsoft Excel 2019 untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil perhitungan. Visualisasi data disajikan dalam bentuk tabel frekuensi, diagram batang, diagram lingkaran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi Sampah Laut Berdasarkan Jenis Material

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah plastik mendominasi sampah laut di seluruh stasiun penelitian di Teluk Ambon Bagian Dalam dengan total 1.166 item (60,29%) dari 1.934 total sampah yang ditemukan. Temuan ini sejalan dengan tren global dimana plastik menjadi kontaminan utama di ekosistem laut (Jambeck et al., 2015) dan mengindikasikan tingginya penggunaan produk berbahan plastik sekali pakai oleh masyarakat sekitar serta masuknya sampah dari aktivitas antropogenik ke perairan. Dominasi plastik ini konsisten dengan temuan global yang menunjukkan bahwa lebih dari 1.000 sungai menyumbang 80% dari emisi plastik riverine ke laut, dengan estimasi 20 juta metrik ton sampah plastik yang berakhir di lingkungan laut setiap tahunnya (Meijer et al., 2021).

Tabel 2. Jumlah sampah pada lokasi penelitian

Kategori Sampah	Galala	Halong	Negri Lama	Waiheru	Hunuth	Poka	Total	
							Jumlah	%
Plastik	104	111	275	256	63	357	1166	60.29%
karet	14	37	7	7	14	13	92	4.76%
busa plastik	0	0	1	2	0	185	188	9.72%
kertas kardus	0	1	8	1	0	5	15	0.78%
logam	7	9	24	1	7	1	49	2.53%
kaca dan Keramik	87	130	87	2	28	8	342	17.68%
Kain	10	18	3	8	2	0	41	2.12%
kayu	1	2	2	0	1	9	15	0.78%
Bahan Lainnya	9	7	3	1	3	3	26	1.34%

Analisis distribusi spasial menunjukkan heterogenitas yang signifikan antarlokasi penelitian, di mana lokasi Poka memiliki jumlah sampah plastik tertinggi (357 item), diikuti oleh

Negri lama (275 item) dan Waiheru (256 item). Sebaliknya, lokasi Hunuth menunjukkan jumlah sampah plastik yang relatif rendah (63 item), mengindikasikan variabilitas aktivitas

antropogenik dan kondisi hidrodinamika yang berbeda antarstasiun penelitian.

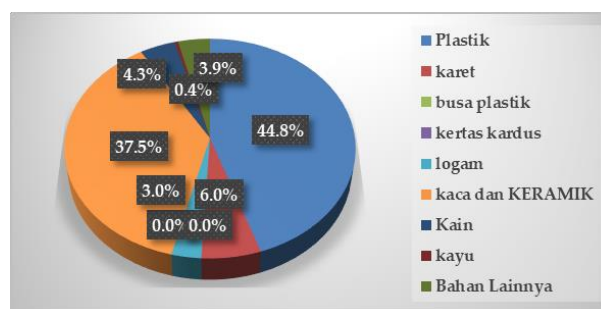
Distribusi busa plastik menunjukkan pola yang unik dengan konsentrasi ekstrem di Poka (185 item) namun hampir tidak ditemukan di lokasi lain, mengindikasikan kemungkinan adanya sumber pencemaran lokal atau kondisi lingkungan spesifik yang memfasilitasi akumulasi jenis sampah tersebut. Kategori kaca dan keramik menempati urutan kedua dengan kontribusi 18,03% (342 item), dengan distribusi terbesar di Halong (130 item), Galala (87 item), dan BTN Passo Indah (87 item). Pola distribusi ini berbeda dengan sampah plastik, menunjukkan variabilitas sumber dan mekanisme transportasi sampah antar kategori. Variabilitas ini konsisten dengan temuan global yang menunjukkan bahwa polusi lingkungan pesisir dan laut oleh sampah antropogenik yang tidak dikelola dengan baik merupakan ancaman global yang memerlukan solusi multilateral yang kompleks dan strategi mitigasi komprehensif (UNEP, 2021).

Kategori karet berkontribusi 4,85% (92 item) dengan konsentrasi tertinggi di Halong (37 item), sementara kategori lain seperti kertas kardus (0,79%), logam (2,58%), kain (2,16%), kayu (0,79%), dan bahan lainnya (1,37%) menunjukkan kontribusi yang relatif minor namun tetap mencerminkan keragaman sumber pencemaran antropogenik. Komposisi yang beragam ini sejalan dengan studi global yang menegaskan bahwa sampah laut antropogenik merupakan polusi lingkungan yang mempengaruhi kehidupan laut, kesehatan manusia, kesejahteraan, dan ekonomi dengan komposisi yang mencerminkan berbagai aktivitas manusia di kawasan pesisir (Rangel-Buitrago et al., 2022).

3.2. Karakterisasi Sampah Laut Berdasarkan Tipologi Aktivitas Antropogenik

3.2.1. Zona Fluvial-Estuari (Stasiun Galala dan Stasiun Waiheru)

Stasiun Galala menunjukkan komposisi sampah yang relatif seimbang antara plastik (44,8%) dan kaca/keramik (37,5%), mengindikasikan pengaruh mixed-source pollution dari aktivitas domestik dan rekreasi di watershed Sungai Wairuhu. Tingginya proporsi kaca/keramik mencerminkan durabilitas material dan akumulasi jangka panjang akibat karakteristik hidrodinamika estuari yang kondusif untuk sedimentasi material padat (Lebreton et al., 2018; Galgani et al., 2015).



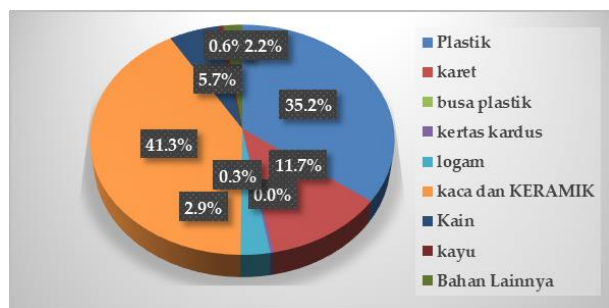
Gambar 1. Persentase sampah di muara sungai Wairuhu Galala

Berbeda dengan Galala, Stasiun Waiheru menunjukkan dominasi ekstrem plastik (92,1%) yang mengindikasikan point-source pollution yang intensif dari aktivitas antropogenik hulu. Kategori sampah lainnya menunjukkan kontribusi yang sangat minimal, dengan kaca dan keramik (2,9%), logam (2,5%), serta kategori-kategori lain yang masing-masing berkontribusi kurang dari 1% (karet 0,7%, kain 0,4%, kertas kardus 0,4%, kayu 0,4%, dan bahan lainnya 0,7%). Rendahnya proporsi sampah organik seperti kayu mengindikasikan bahwa sampah yang terakumulasi di ekosistem mangrove Waiheru didominasi oleh material antropogenik non-biodegradable yang memiliki persistensi tinggi di lingkungan.

Temuan ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove Waiheru mengalami tekanan pencemaran yang serius dan memerlukan intervensi pengelolaan yang komprehensif. Strategi pengelolaan harus meliputi pengendalian sumber sampah dari hulu sungai, peningkatan sistem pengelolaan sampah di pemukiman sekitar, dan upaya restorasi ekosistem untuk mempertahankan fungsi ekologis mangrove sebagai habitat penting dan zona penyangga pesisir.

3.2.2. Zona Maritim-Pelabuhan (Stasiun Halong)

Stasiun Halong menunjukkan pola unik dengan dominasi kaca/keramik (41,3%) yang melampaui plastik (35,2%), fenomena yang tidak umum dalam literatur sampah laut global. Kondisi ini dapat dijelaskan melalui karakteristik spesifik aktivitas pelabuhan yang melibatkan penggunaan intensif wadah kaca/keramik untuk kebutuhan operasional kapal dan fasilitas pelabuhan (Shim et al., 2018). Tingginya proporsi karet (11,7%) mengkonfirmasi kontribusi spesifik dari maritime-derived waste, termasuk fender kapal, seal, dan komponen karet operasional pelabuhan.

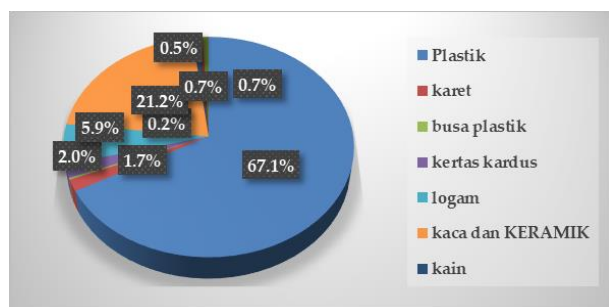


Gambar 2. Persentase sampah di desa Halong

Analisis ini didukung oleh studi Ryan (2013) yang menunjukkan bahwa aktivitas pelabuhan menghasilkan waste signature yang berbeda dari sumber terrestrial, dengan dominasi material durabel dan komponen maritim spesifik. Komposisi non-biodegradable yang mencapai 90,1% mengindikasikan perlunya implementasi Port Waste Reception Facilities (PWRF) sesuai dengan regulasi MARPOL Annex V.

3.2.3. Zona Pemukiman Urban (Stasiun Negri Lama)

Stasiun Negri Lama menunjukkan karakteristik khas polusi urban residential dengan dominasi plastik yang mencapai 67,1%, pola yang konsisten dengan tren global sampah laut dari sumber domestik sebagaimana dikemukakan Jambeck et al. (2015). Rasio plastik terhadap material lain yang tinggi (3,2:1 terhadap kaca/keramik) mencerminkan intensitas konsumsi produk sekali pakai dalam aktivitas domestik sehari-hari, khususnya kemasan makanan, botol minuman, dan kantong belanja yang menjadi komponen utama limbah rumah tangga.



Gambar 3. Persentase sampah di desa Negri lama

Proporsi material non-biodegradable yang mencapai 93,4% mengindikasikan prevalensi material sintetis dalam aliran limbah domestik dan keterbatasan infrastruktur pengelolaan sampah di area pemukiman padat penduduk. Kondisi ini diperburuk oleh sistem drainase yang tidak memadai, sehingga sampah domestik mudah tersapu ke lingkungan perairan melalui surface runoff selama musim hujan. Temuan ini sejalan dengan model prediktif Jambeck et al. (2015) yang

menunjukkan korelasi positif yang signifikan antara kepadatan populasi, tingkat pendapatan per kapita, dan input sampah plastik ke lingkungan laut. Karakteristik demografi kawasan Negri Lama yang didominasi pemukiman padat dengan akses terbatas terhadap layanan pengelolaan sampah formal turut memperburuk kondisi kontaminasi, menciptakan siklus umpan balik yang mengintensifkan akumulasi debris non-biodegradable di zona pesisir.

3.2.4. Zona Komersial-Perkantoran (Stasiun Hunuth)

Stasiun Hunuth menunjukkan waste signature yang khas dari aktivitas komersial dengan dominasi plastik yang moderat (47%) dan proporsi karet yang signifikan (15%). Tingginya proporsi karet mencerminkan kontribusi spesifik dari tire wear particles yang terbawa surface runoff dari area parkir dan akses jalan perkantoran menuju ekosistem mangrove (Kole et al., 2017).

Profil komposisi ini mengindikasikan perlunya implementasi urban stormwater management yang dilengkapi dengan bioretention systems untuk menangkap tire wear particles sebelum mencapai ekosistem pesisir. Tidak adanya komponen kayu (0%) mengkonfirmasi karakteristik waste stream komersial yang berbeda dari sumber domestik atau industri.

3.2.5. Zona Wisata dan Pesisir Terbuka (Stasiun Poka)

Stasiun Tanjung Martafon Desa Poka menunjukkan komposisi sampah laut yang didominasi oleh plastik (61,4%) dan busa plastik (31,8%), mengindikasikan pengaruh kombinasi dari aktivitas berbasis pantai (beach-based activities) dan polusi yang berasal dari laut (marine-derived pollution). Tingginya proporsi busa plastik mencerminkan karakteristik expanded polystyrene (EPS) yang memiliki daya apung tinggi dan kemampuan dispersi yang luas melalui arus laut, sebagaimana dijelaskan oleh Andrady (2017). Material EPS ini umumnya berasal dari aktivitas perikanan (pelampung jaring), transportasi laut (kemasan kargo), dan industri konstruksi pesisir yang terbawa arus dari wilayah sekitarnya.

Wilayah Tanjung Martafon merupakan destinasi rekreasi populer yang sering digunakan untuk aktivitas wisata oleh masyarakat sekitar Poka maupun penduduk Kota Ambon, terutama pada akhir pekan dan hari libur. Aktivitas wisata pantai seperti piknik, berenang, dan olahraga air berkontribusi signifikan terhadap akumulasi

sampah plastik sekali pakai, khususnya botol minuman, kemasan makanan, dan peralatan rekreasi.

Rendahnya proporsi kaca/keramik (0,9%) dan logam (1,5%) dapat dijelaskan melalui karakteristik hidrodinamika zona pesisir terbuka yang tidak kondusif untuk akumulasi material dengan densitas tinggi. Material tersebut cenderung tenggelam ke zona sublittoral atau terdispersi ke perairan yang lebih dalam melalui longshore currents dan cross-shore transport, menciptakan pola segregasi vertikal berdasarkan densitas material dalam kolom air.

3.3. Implikasi Ekologis dan Strategi Manajemen

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh stasiun penelitian memiliki proporsi material non-

biodegradable yang mengkhawatirkan, yaitu lebih dari 90%, dengan Stasiun Poka mencatat persentase tertinggi (99,3%) dan Stasiun Hunuth terendah (91,5%). Dominasi material persisten ini menimbulkan implikasi serius terhadap integritas ekosistem pesisir melalui tiga mekanisme utama: pertama, kejadian physical entanglement dan ingestion oleh biota laut yang dapat menyebabkan kematian organisme; kedua, degradasi habitat melalui efek smothering yang mengurangi ketersediaan oksigen di sedimen; dan ketiga, kontaminasi kimiawi melalui proses leaching additives berbahaya serta adsorpsi senyawa organik persisten (POPs) yang dapat terakumulasi dalam rantai makanan (Rochman et al., 2016).

Tabel 3. Proporsi material non-biodegradable dan biodegradable pada lokasi penelitian

Lokasi	Material Non-biodegradable		Material Biodegradable		Total Sampel
	Jumlah	%	Jumlah	%	
Galala	216	93.1%	16	6.9%	232
Halong	299	94.9%	16	5.1%	315
Negri Lama	383	93.4%	27	6.6%	410
Waiheru	276	99.3%	2	0.7%	278
Hunuth	108	91.5%	10	8.5%	118
Poka	577	99.3%	4	0.7%	581

Stasiun-stasiun dengan dominasi plastik yang tinggi (>60%), yaitu Waiheru, Negeri Lama, dan Poka, berpotensi menjadi zona kritis (hotspot) kontaminasi mikroplastik akibat proses pelapukan (weathering) dan fragmentasi yang intensif. Kondisi iklim tropis di kawasan penelitian, yang dicirikan oleh radiasi ultraviolet tinggi dan fluktuasi suhu yang ekstrem, secara signifikan mempercepat proses fotodegradasi dan degradasi termal material plastik (Andrady, 2017). Ketiga lokasi tersebut memerlukan prioritas tinggi dalam program pemantauan mikroplastik untuk memahami dinamika transfer kontaminan ke dalam jejaring makanan ekosistem pesisir dan mengembangkan strategi mitigasi yang tepat sasaran.

IV. PENUTUP

Distribusi spasial sampah laut di Teluk Ambon Bagian Dalam menunjukkan variabilitas yang signifikan berdasarkan karakteristik aktivitas antropogenik di setiap lokasi pengamatan. Material non-biodegradable mendominasi dengan

persentase lebih dari 90% di seluruh stasiun penelitian, mengindikasikan tekanan antropogenik yang intensif terhadap ekosistem perairan. Stasiun Waiheru menunjukkan kontaminasi plastik yang ekstrem dengan komposisi mencapai 92,1%, yang mengindikasikan adanya sumber polusi titik (point source) dengan intensitas tinggi dari aktivitas domestik dan komersial. Sebaliknya, Stasiun Halong menunjukkan karakteristik limbah maritim yang spesifik dengan dominasi material kaca/keramik dan karet, yang erat kaitannya dengan aktivitas pelayaran dan industri kelautan. Temuan ini mengkonfirmasi hipotesis bahwa karakteristik aktivitas antropogenik secara signifikan mempengaruhi komposisi dan pola distribusi sampah laut di kawasan pesisir. Hasil penelitian ini berimplikasi terhadap perlunya implementasi strategi manajemen berbasis sumber spesifik (source-specific management) untuk mitigasi pencemaran laut yang efektif di kawasan teluk tropis Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana berkat dukungan finansial dari Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui LLDIKTI XII dalam bentuk hibah Penelitian Dosen Pemula

tahun 2025 dengan nomor kontrak 133/C3/DT.05.00.PL/2025. Karya ilmiah ini merupakan luaran dari penelitian berjudul "Identifikasi dan Karakteristik Sampah Laut di Teluk Ambon Dalam."

REFERENSI.

- Addamo, A. M., Laroche, P., & Hanke, G. (2017). Top marine beach litter items in Europe: A review and synthesis based on beach litter data. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1-2), 238-259. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.020>
- Alam, F. C., Sembiring, E., Muntalif, B. S., & Suendo, V. (2019). Microplastic distribution in surface water and sediment river around slum and industrial area in South Jakarta, Indonesia. *Chemosphere*, 233, 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.188>
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., ... & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- BPS Kota Ambon. (2022). *Kota Ambon dalam Angka 2022*. Badan Pusat Statistik Kota Ambon.
- Cappenberg, H. A. W. (2016). Kondisi terumbu karang di perairan Teluk Ambon Bagian Dalam. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(1), 43-52.
- Cheshire, A., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., ... & Unger, B. (2009). *UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter*. United Nations Environment Programme and Intergovernmental Oceanographic Commission.
- 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/s41598-019-54895-2>
- Fleet, D., Vlachogianni, T., & Hanke, G. (2021). A Joint List of Litter Categories for Marine Litter Monitoring. *JRC Technical Reports*, European Commission, Joint Research Centre.
- Gago, J., Carretero, O., Filgueiras, A. V., & Viñas, L. (2016). Synthetic microfibers in the marine environment: A review on their occurrence in seawater and sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1-2), 5-15. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.062>
- Galgani, F., Hanke, G., & Maes, T. (2015). Global distribution, composition and abundance of marine litter. In *Marine anthropogenic litter* (pp. 29-56). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_2
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., Oosterbaan, L., Nilsson, P., Fleet, D., ... & Thompson, R. (2013). Guidance on monitoring of marine litter in European seas. *MSFD Technical Subgroup on Marine Litter*, European Commission.
- GESAMP. (2019). *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean*. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, Rep. Stud. GESAMP No. 99.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Hehanussa, P. E., Hehuwat, F., & Souisa, S. (2017). Keanekaragaman hayati laut di Teluk Ambon Bagian Dalam: Status dan permasalahannya. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 89-102.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Katiandagho, D., Kusmanto, E., & Hehanussa, P. E. (2019). Hidrodinamika perairan Teluk Ambon Bagian Dalam dan implikasinya terhadap kualitas perairan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 157-170.
- KLHK. (2020). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2020*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

- Latumahina, M. S. D., Leatemia, S. P. O., & Sopamena, J. F. (2018). Analisis beban pencemaran dan kapasitas asimilasi perairan Teluk Ambon Bagian Dalam. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 43-52.
- Leatemia, S. P. O., Hehanussa, P. E., & Louhenapessy, J. E. (2019). Karakteristik oseanografi fisik Teluk Ambon Bagian Dalam sebagai dasar pengelolaan wilayah pesisir berkelanjutan. *Jurnal Kelautan*, 12(2), 145-158.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., ... & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Lippiatt, S., Opfer, S., & Arthur, C. (2013). *Marine Debris Monitoring and Assessment: Recommendations for monitoring debris trends in the marine environment*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46.
- Lynch, J. M. (2018). Quantities of marine debris ingested by sea turtles: Global meta-analysis highlights need for standardized data reporting methods and reveals relative risk. *Environmental Science & Technology*, 52(21), 12026-12038. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02848>
- MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., & Jahnke, A. (2021). The global threat from plastic pollution. *Science*, 373(6550), 61-65. <https://doi.org/10.1126/science.abg5433>
- Maximenko, N., Hafner, J., & Niiler, P. (2012). Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters. *Marine Pollution Bulletin*, 65(1-3), 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.04.016>
- Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., ten Brink, P., & Schweitzer, J. P. (2015). The economics of marine litter. In *Marine anthropogenic litter* (pp. 367-394). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_14
- Patty, S. I. (2015). Karakteristik fosfat, nitrat, dan oksigen terlarut di perairan Teluk Ambon Bagian Dalam. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 20(3), 135-142.
- Purwanti, I. F., Faizal, M., & Sunoko, H. R. (2021). Waste management scenario through community based waste bank: A case study of Indonesia. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(1), 49-62.
- Rangel-Buitrago N, Gracia C A, Vélez-Mendoza A, Martínez-Villegas A, Carvajal AF, Contreras-López M. A temporal assessment of anthropogenic marine debris on sandy beaches from Ecuador's southern coast. *Front Mar Sci*. 2022;9:977650. doi: 10.3389/fmars.2022.977650
- Setiawan, H., Herawati, H., & Zulkarnain, M. T. (2020). Pengelolaan sampah pesisir di kawasan wisata bahari Indonesia: Tinjauan kebijakan dan implementasi. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 10(1), 29-42.
- Siahainenia, L., Rotinsulu, C., & Waileruny, W. (2018). Kondisi ekosistem mangrove di Teluk Ambon Bagian Dalam dan strategi konservasinya. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(1), 67-78.
- Tuhumury, S. F., Kusmanto, E., & Hehanussa, P. E. (2018). Distribusi spasial kualitas perairan di Teluk Ambon Bagian Dalam menggunakan analisis komponen utama. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 24(2), 87-98.
- UNEP. (2018). *Single-Use Plastics: A Roadmap for Sustainability*. United Nations Environment Programme. United Nations Environment Programme. From pollution to solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi: UNEP; 2021. Available from: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/36963>
- Van Sebille, E., Aliani, S., Law, K. L., Maximenko, N., Alsina, J. M., Bagaev, A., ... & Wichmann, D. (2020). The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters*, 15(2), 023003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>
- Wenno, L. F., & Aponno, H. S. E. V. (2016). Pola sirkulasi massa air di perairan Teluk Ambon Bagian Dalam pada musim timur. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 21(2), 101-110.
- Wilcox, C., Van Sebille, E., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), 11899-11904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>