

Distribusi dan Karakteristik Sampah Laut di Ekosistem Mangrove Perancak, Kabupaten Jembrana, Bali

Afri Pradinanta Tarigan^{a*}, I Gede Hendrawan^a, Dwi Budi Wiyanto^a

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: afripradinanta14@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12 September 2024

Received in revised form: 11 November 2024

Accepted: 9 Februari 2025

Available online: 28 Februari 2025

Keywords:

Bali Island,

Perancak Mangrove Ecosystem,

Marine Debris

Kata Kunci:

Pulau Bali

Ekosistem Mangrove Perancak,

Sampah Laut

ABSTRACT

Marine debris is a major source of pollution in mangrove ecosystems. Several studies have suggested that marine debris has a negative impact on biodiversity in mangrove ecosystems. The Perancak mangrove ecosystem in Jembrana Regency, Bali Province, is vulnerable to marine debris pollution. This is because the Perancak mangrove ecosystem is where six rivers flow: the Loloan River, Budeng River, Tibukleneng River, Samblong River, Air Kuning River, and Awen River. The river flows through the urban area of Jembrana Regency before emptying into the Perancak mangrove ecosystem, so there is a high possibility of waste entering the river and emptying into the Perancak mangrove ecosystem. This study aimed to determine the characteristics and distribution of marine debris in the Perancak mangrove ecosystem. Marine debris data collection was conducted by adapting the method developed by the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO). Marine debris was distributed almost throughout the Perancak mangrove ecosystem with a concentration range between 0.22-2.22 items/m² and an average of 0.8 items/m². As much as 89% of the debris was plastic, which was dominated by three main classes, namely soft plastic (72.68%), hard plastic (11.57%), and foam (3.20%). 78.25% of the debris in the Perancak mangrove ecosystem was whole, and the rest were fragments. The dominant size of marine debris in the Perancak mangrove ecosystem is 8-16 cm (33.08%). Marine debris is the residual waste of human activities intentionally dumped or carried by the river flow that empties into the Perancak mangrove ecosystem.

A B S T R A K

Sampah laut merupakan sumber pencemaran utama pada ekosistem mangrove. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa sampah laut memiliki dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati pada ekosistem mangrove. Ekosistem mangrove Perancak yang terletak di Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali, rentan tercemar oleh sampah laut. Hal ini dikarenakan ekosistem mangrove Perancak merupakan tempat bermuaranya enam aliran sungai, yaitu Sungai Loloan, Sungai Budeng, Sungai Tibukleneng, Sungai Samblong, Sungai Air Kuning, dan Sungai Awen. Aliran sungai tersebut melewati area perkotaan Kabupaten Jembrana sebelum bermuara di ekosistem mangrove Perancak, sehingga besar kemungkinan sampah masuk ke aliran sungai dan bermuara pada ekosistem mangrove Perancak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan distribusi sampah laut di ekosistem mangrove Perancak. Pengumpulan data sampah laut dilakukan dengan mengadaptasi metode yang dikembangkan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampah laut terdistribusi hampir di seluruh wilayah ekosistem mangrove Perancak dengan kisaran konsentrasi antara 0,22–2,22 item/m² dan rata-rata 0,8 item/m². Sebanyak 89% dari sampah tersebut adalah jenis plastik, yang didominasi oleh tiga kelas utama, yaitu *soft plastic* (72,68%), *hard plastic* (11,57%), dan *foam* (3,20%). Sebanyak 78,25% dari sampah di ekosistem mangrove Perancak berbentuk utuh (*whole*) dan sisanya adalah fragmen. Ukuran sampah laut yang dominan di ekosistem mangrove Perancak adalah 8-16 cm (33,08%). Sampah Laut tersebut merupakan limbah hasil sisa aktivitas manusia yang sengaja dibuang atau terbawa oleh aliran sungai yang bermuara di ekosistem mangrove Perancak.

2025 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Sampah laut merupakan salah satu permasalahan global saat ini. Asia Timur dan Pasifik menghasilkan 23% limbah padat dunia dengan rata-rata 0,56 kilogram per kapita per hari, mencetak rekor global sebagai penghasil sampah tertinggi (ESCAP, 2022). Sampah laut dengan jenis plastik merupakan yang paling dominan

ditemukan di perairan laut (SCBD-STAP, 2012). Sampah plastik telah ditemukan dalam habitat laut dari kutub ke khatulistiwa dan dari garis pantai ke laut dalam (Browne *et al.*, 2011). Salah satu penyumbang sampah terbesar ke lautan adalah aliran sungai, hal tersebut sejalan dengan pernyataan Lebreton *et al.*, (2017) yang menyebutkan antara 1,15 -2,41 juta ton plastik mengalir dari sistem

sungai global ke lautan setiap tahun, menyumbang lebih dari dua pertiga (67%) dari input tahunan global. Karena merupakan salah satu permasalahan global, isu sampah laut ini pernah diangkat dalam laporan UNEP pada tahun 2011, Konferensi Rio +20 pada tahun 2012 dan Forum Ekonomi Dunia pada tahun 2016, dimana dalam laporan ini menyimpulkan hampir semua sampah laut memiliki dampak negatif terhadap keanekaragaman hayati laut.

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2020, wilayah lautan Indonesia sudah tercemar oleh sekitar 1772,7 g/m². Sistem pengumpulan sampah yang buruk dapat memungkinkan sampah plastik bocor ke perairan (Kaza *et al.*, 2018). Kebocoran sampah plastik ini merupakan masalah khusus bagi banyak negara berkembang yang tidak memiliki sistem, kapasitas, anggaran atau pengetahuan pengelolaan sampah yang memadai (ESCAP, 2022). Hampir Sebagian besar provinsi di Indonesia sudah terkena dampak pencemaran sampah laut, salah satunya adalah Provinsi Bali. Bali Partnership (2019) menyebutkan 4281 ton sampah per hari timbul di Provinsi Bali. Tentunya timbulan sampah tersebut dalam persentase tertentu dapat bocor ke ekosistem perairan Bali. Sampah plastik yang terakumulasi di ekosistem perairan dapat menurunkan kualitas fisik habitat, mengangkut polutan kimiawi, mengancam kehidupan perairan, dan mengganggu kesehatan manusia (Possatto *et al.*, 2011; Klein *et al.*, 2015; Auta *et al.*, 2017; Horton *et al.*, 2018).

Ekosistem mangrove juga merupakan salah satu ekosistem yang terdampak pencemaran sampah laut (Paulus *et al.*, 2020). Ekosistem mangrove merupakan ekosistem penyangga antara lautan dan daratan, serta memiliki peran penting dalam memelihara keseimbangan biologi suatu perairan (Harahap, 2010). Hasil penelitian Paulus *et al.*, (2020) menyebutkan semakin besar ukuran sampah akan berdampak fisik seperti menutupi permukaan sedimen, sehingga menghambat pertumbuhan bibit mangrove yang nantinya menjadi habitat biota tertentu yang memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai habitatnya. Sementara itu semakin kecil ukuran partikel sampah laut maka semakin mudah terdorong masuk ke dalam substrat yang kemudian akan bercampur dengan air organik atau partikel sedimen yang dijadikan makanan bagi biota pemakan partikel tersuspensi atau detritus, dan akan menyebabkan gangguan pencernaan bahkan kematian pada biota tersebut. Mengetahui hal itu tentunya penelitian mengenai sampah laut di ekosistem mangrove menjadi satu hal yang dibutuhkan.

Kawasan mangrove Perancak terletak di Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali, dengan luas 120 hektar yang tersebar di hutan mangrove maupun lahan eks tambak (Proisy *et al.*, 2018). Mangrove tumbuh menyebar di sekitar estuari Perancak, baik tumbuh secara alami (mangrove Alami) maupun ditanam (*plantation*) oleh masyarakat (BROL, 2018). Estuari Perancak merupakan salah satu daerah bermuaranya enam aliran sungai, yaitu Sungai Loloan, Sungai Budeng, Sungai Tibukleneng, Sungai Samblong, Sungai Air Kuning dan Sungai Awen (Wijaya, 2015). Sebagian besar aliran sungai tersebut melewati area perkotaan Kabupaten Jembrana sebelum bermuara di estuari Perancak yang dikelilingi oleh mangrove. Berdasarkan data dari Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup (IKPLDH) Kabupaten Jembrana-Bali tahun 2021, tercatat bahwa hingga tahun 2021, pelayanan persampahan di Kabupaten Jembrana belum mencakup seluruh wilayah secara menyeluruh. Data Bali Partnership (2020) juga menunjukkan bahwa Kabupaten Jembrana menghasilkan timbulan sampah sebesar 228 ton per hari, di mana 178 ton per hari (78%) tidak ditangani dengan baik. Dari jumlah tersebut, sekitar 36 ton per hari (16%) sampah terbuang ke saluran air. Kondisi ini menimbulkan potensi besar pencemaran di ekosistem mangrove Perancak, yang merupakan muara enam

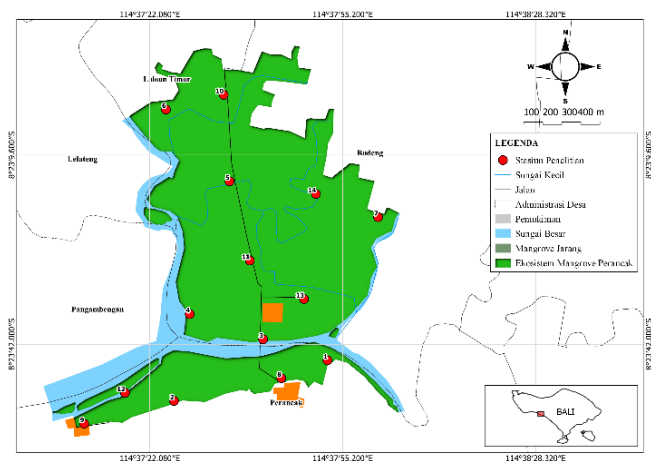
aliran sungai. Hal ini sejalan dengan penelitian Hastuti *et al.* (2014), yang menyebutkan bahwa salah satu sumber utama penyumbang sampah laut pada ekosistem mangrove adalah sampah dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai.

Informasi mengenai pencemaran sampah laut di ekosistem mangrove Perancak masih sangat minim. Informasi mengenai distribusi dan karakteristik sampah laut di ekosistem mangrove Perancak merupakan suatu hal yang penting, dimana distribusi dan karakteristik sampah laut di ekosistem mangrove merupakan informasi kuantitatif dalam menentukan strategi pengelolaan ekosistem mangrove (Hastuti *et al.*, 2014).

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

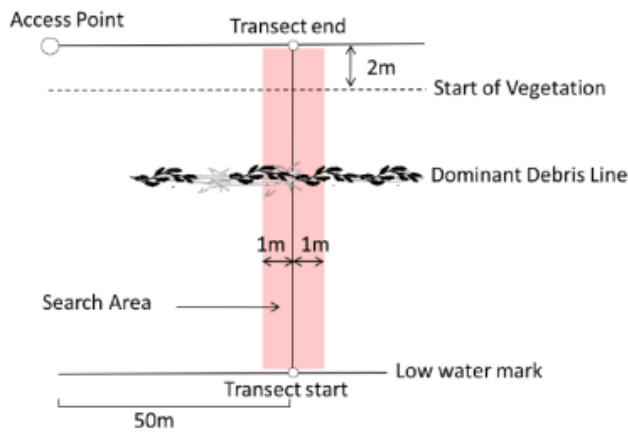
Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2024. Lokasi penelitian ini terletak di estuari Perancak, yang secara administratif berada di Kecamatan Jembrana, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali (Gambar 1). Wilayah penelitian meliputi tiga desa, yaitu Desa Budeng, Desa Perancak, dan Desa Loloan Timur. Dengan koordinat lokasi 8° 23.669 Lintang Selatan dan 114° 37.466 Bujur Timur. Penetapan stasiun pengambilan sampel penelitian dilakukan dengan menerapkan metode *simple random sampling*, di mana setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai sampel. Penelitian dibagi menjadi 14 stasiun yang dianggap dapat mewakili seluruh kawasan ekosistem mangrove Perancak.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic Pollution Project* (Schuyler *et al.*, 2018). Prosedur pengambilan data dilakukan dengan penggelaran transek garis secara tegak lurus ke arah dalam mangrove, dengan melakukan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun penelitian. Pada setiap pengulangan, dilakukan pengukuran pada 3 lokasi transek yang berbeda. Lokasi transek pertama ditentukan dengan jarak 50 m dari *access point* (jalur masuk). Transek-transek berikutnya ditempatkan dengan jarak 50 m dari transek sebelumnya, sesuai dengan metodologi yang telah dijelaskan oleh Schuyler *et al.* (2018).



Gambar 2. Ilustrasi penarikan transek (Schuyler *et al.*, 2018).

Proses pendataan sampah dilakukan melalui pencatatan yang mencakup jenis sampah, kelas sampah, ukuran sampah dan bentuk sampah yang juga diadaptasi dari *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic Pollution Project* (Schuyler *et al.*, 2018), yaitu sebagai berikut ini:

a. Kelas Sampah

Sampah dianalisis berdasarkan kelasnya dan dikategorikan ke dalam 13 kelas sampah, yaitu *hard plastic, soft plastic, plastic straps, metal, glass, rubber, foam, paper, fishing, timber, cloth, miscellaneous, dan other*. Setelah diketahui nilai setiap kelas sampah, kemudian dilakukan perhitungan persentase kelas sampah tersebut menggunakan persamaan 1.

b. Jenis Sampah

Sampah yang telah diketahui kelasnya, kemudian dikelompokkan kembali berdasarkan jenisnya yaitu plastik dan non-plastik. Jenis plastik terdiri dari kelas *hard plastic, soft plastic, plastic straps, foam*. Jenis non-plastik terdiri dari *metal, glass, rubber, paper, fishing, timber, cloth, miscellaneous, dan other*. Setelah diketahui nilai total item plastik dan non-plastik, kemudian dilakukan perhitungan persentase berdasarkan jenis menggunakan rumus (1).

c. Bentuk Sampah

Bentuk sampah dilihat berdasarkan kondisi sampah, terdapat dua kategori penentuan bentuk sampah yaitu *fragment* (tidak utuh) dan *whole* (utuh). Sampah kategori *whole* (utuh) merupakan sampah yang masih memiliki bentuk aslinya secara keseluruhan dan belum mengalami kerusakan atau pecah yang signifikan. Sementara itu, sampah kategori *fragment* (fragmen) adalah sampah yang telah terpecah atau rusak, baik akibat proses degradasi, abrasi oleh gelombang, maupun interaksi dengan lingkungan, dimana ukurannya lebih kecil dari 30% dari bentuk aslinya. Setelah diketahui nilai total item *fragment* (tidak utuh) dan *whole* (utuh), kemudian dilakukan perhitungan persentase berdasarkan bentuk menggunakan persamaan 1.

d. Ukuran Sampah

Ukuran sampah terbagi menjadi 7 kategori, yang mana kategori I berukuran (0-1 cm), II (1-2 cm), III (2-4 cm), IV (4-8 cm), V (8-16 cm), VI (16-21 cm) dan VII (>21 cm). Penentuan ukuran ini juga menggunakan *worksheet* yang telah disediakan oleh *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Global Plastic Pollution Project*. Setelah diketahui nilai total setiap ukuran sampah, kemudian dilakukan perhitungan persentase berdasarkan ukuran menggunakan rumus (1).

Selain itu dilakukan juga pencatatan titik koordinat pada awal dan akhir transek pengamatan, kemudian total panjang garis transek, serta diakhiri dengan dokumentasi pada setiap stasiun penelitian.

2.3 Analisis Data

a. Analisis Karakteristik Sampah Laut

Karakteristik sampah laut dianalisa berdasarkan persentase kelas sampah, jenis sampah, ukuran sampah dan bentuk sampah (utuh/tidak utuh). Adapun perhitungan persentase kelas, jenis, ukuran dan bentuk sampah dihitung dengan menggunakan rumus Lippie *et al.* (2013) (persamaan 1).

$$P_i : \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- P_i : Persentase kelas, jenis, ukuran dan bentuk sampah ke-i,
- x_i : Merupakan total kelas, jenis, bentuk dan ukuran sampah ke-i.

b. Analisis dan Pemetaan Konsentrasi Sampah Laut

Konsentrasi sampah laut dihitung berdasarkan persamaan 2 (Lippiatt *et al.*, 2013):

$$C : \frac{n}{w \times l} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- C : Konsentrasi sampah (buah/m²),
- n : Total sampah,
- w : lebar transek (m),
- l : Panjang transek (m)

Setelah nilai konsentrasi sampah dihasilkan di setiap stasiun penelitian, langkah berikutnya adalah memetakan nilai-nilai tersebut sebagai peta sebaran konsentrasi sampah di kawasan mangrove Perancak menggunakan perangkat lunak Quantum GIS.

c. Generalized Additive Model (GAM)

Hubungan antara sumber pencemar utama dengan konsentrasi sampah relatif pada ekosistem mangrove Perancak dapat diprediksi dengan menggunakan model *regresi Generalized Additive Model (GAM)*. Dalam model ini terdapat dua variabel yang digunakan yaitu variabel terikat y dan variabel bebas x. Variabel terikat y menggambarkan nilai konsentrasi sampah pada setiap titik pengambilan data, sementara variabel bebas x yaitu jarak titik pengambilan sampel terhadap potensi sumber sampah. Variabel bebas x untuk kovariat potensi sumber sampah mencakup jarak antara titik lokasi pengambilan sampel dengan sumber potensial yaitu lokasi pengambilan sampel terhadap sungai dan jalan terdekat. *Model Generalized Additive Model (GAM)* disusun menggunakan perangkat lunak RStudio dengan memanfaatkan pustaka *package mgcv* di dalamnya.

Validasi dan Uji konsistensi dilakukan dengan pengujian *Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP)* dan uji korelasi Pearson. Pengujian *Root Mean Square Error of Prediction (RMSEP)* menggunakan persamaan 3.

$$RMSEP : \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{pred} - Y_{obs})^2}}{n} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

- Y_{obs} : Nilai observasi dilapangan,
- Y_{pred} : Nilai hasil prediksi dan
- n : Jumlah data keseluruhan.

Semakin kecil nilai RMSEP, maka semakin kecil perbedaan antara nilai dugaan dengan nilai aktual, yang berarti model yang dibentuk semakin akurat dalam menghasilkan nilai dugaan (Brockwell & Davis, 2002).

Persamaan dan kriteria untuk menentukan nilai koefisien korelasi Pearson yaitu persamaan 4 (Setiawan, 2004).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

r_{xy} : Koefisien korelasi antara variabel X dan Y,

k : Deviasi dari mean untuk nilai variabel X,

y : Deviasi dari mean untuk nilai variabel Y,

$\sum x.y$: Jumlah perkalian antara nilai X dan Y,

x^2 : Kuadrat dari nilai x ,

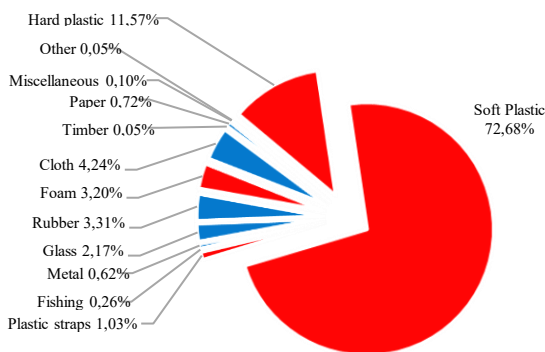
y^2 : Kuadrat dari nilai y .

Pada penelitian ini, koefisien korelasi antara kedua variabel dibandingkan antara variabel asli data lapangan dengan hasil prediksi oleh *Model Generalized Additive Model (GAM)* dari input lokasi yang telah dibuat. Hal ini dilakukan untuk memahami sejauh mana hubungan antara keduanya, serta untuk mengevaluasi apakah hasil prediksi *Model Generalized Additive Model (GAM)* mencerminkan hubungan yang kuat jika dibandingkan dengan data hasil data lapangan, sehingga dapat mengukur kekuatan hubungan di antara keduanya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kelas dan Jenis Sampah Laut Ekosistem Mangrove Perancak

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, ditemukan 13 kelas sampah yang terdapat di kawasan ekosistem mangrove Perancak (Gambar 3). Keseluruhan nilai persentase kelas yang didapat, diperoleh dari 1.936 item sampah yang berhasil dicatat di lapangan, dimana data item sampah tersebut dikumpulkan melalui 42 transek pengamatan. Berdasarkan hasil 13 nilai persentase sampah yang diperoleh, diketahui bahwa sampah plastik merupakan yang paling mendominasi yaitu sebesar 89% (1.718 item sampah). Kelas sampah plastik yang paling dominan adalah dari kelas *soft plastic* (plastik lunak) yaitu sebesar 72,68%, kemudian *hard plastic* (plastik keras) sebesar 11,57%, lalu *foam* (gabus) sebesar 3,20%, *plastic straps* (tali plastik) sebesar 1,03% dan *fishing* (sampah pancing) sebesar 0,26%.



Gambar 3. Kelas Sampah di Kawasan Ekosistem Mangrove Perancak.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Hendrawan *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa sampah yang paling mendominasi di seluruh kawasan pesisir pulau Bali adalah *soft*

plastic, foam, dan hard plastic. Selain itu, penelitian oleh Hastuti *et al.* (2014) di ekosistem mangrove Kapuk, Jakarta, juga menunjukkan dominasi sampah plastik di lingkungan tersebut dengan persentase mencapai 77,7%. Hal ini disebabkan oleh bobot plastik yang lebih ringan atau densitasnya yang lebih rendah, sehingga sampah plastik lebih mudah terbawa atau diangkut oleh aliran air.

Sampah non-plastik memiliki persentase yang jauh lebih kecil dibandingkan sampah plastik, yaitu hanya sebesar 11% atau sebanyak 198 item. *Cloth* (kain) merupakan kelas yang memiliki persentase terbesar pada jenis ini yaitu sebesar 4,24%, kemudian *rubber* (karet) sebesar 3,31%, lalu *glass* (kaca) sebesar 2,17%, *paper* (kertas) 0,72%, *metal* (besi) 0,62%, *miscellaneous* (macam-macam) 0,10% dan *timber* (kayu olahan) serta *other* (lainnya) sebesar 0,05%. Rendahnya persentase sampah kelas non-plastik dikarenakan sampah ini cenderung lebih berat sehingga sulit terdistribusi. Pernyataan ini mendukung temuan dari penelitian Ryan *et al.* (2009) yang mencatat bahwa proporsi sampah non-plastik yang tidak dominan disebabkan oleh densitasnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampah plastik, sehingga membuatnya lebih sulit untuk ditransportasikan melalui aliran air sungai. Ekosistem mangrove Perancak merupakan tempat bermuara lima sungai utama, yaitu Sungai Loloan, Sungai Budeng, Sungai Tibukleneng, Sungai Samblong, dan Sungai Air Kuning (Wijaya, 2015), sehingga sampah plastik dengan densitas lebih rendah memiliki potensi besar untuk tersebar di lingkungan mangrove Perancak. Zhunkov dan Andrew (2017) juga menyebutkan plastik menjadi jenis sampah laut yang paling melimpah karena sifatnya yang tahan lama dan mudah mengapung, sehingga secara global tersebar di seluruh ekosistem perairan.

Tabel 1. 10 Jenis Item Sampah Terbanyak Yang Ditemukan di Kawasan Ekosistem Mangrove Perancak

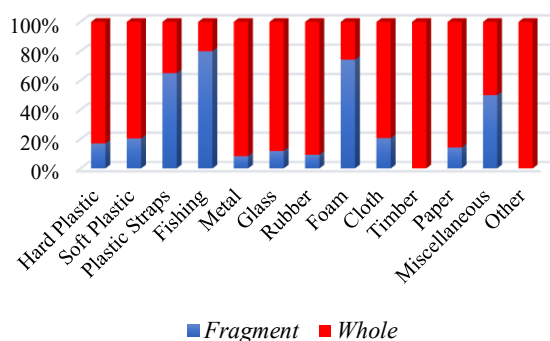
10 Jenis sampah terbanyak yang ditemukan						
Kelas Sampah			Jenis	Urutan		
Soft Plastic	Hard Plastic	Foam	Rubber	Cloth	<i>Unknown/other soft</i>	1
					<i>Food wrapper/label</i>	2
					<i>Other plastic bag</i>	3
					<i>Cup/lid</i>	4
					<i>Unknown/other hard</i>	5
					<i>Other bottle</i>	6
					<i>Other foam</i>	7
					<i>Unknown/other Cloth</i>	8
					<i>Thong/shoe</i>	9
					<i>Beverage bottle <1 L</i>	10

Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui 10 jenis item sampah yang paling mendominasi di ekosistem mangrove Perancak. Sampah tersebut berasal dari 4 kelas yang berbeda yaitu *soft plastic* (plastik lunak), *hard plastic* (plastik keras), *foam* (gabus), *rubber* (karet), dan *cloth* (kain) (Tabel 1). Adapun jenis-jenis sampah tersebut pada urutan pertama adalah *others soft* (plastik lunak lainnya) sebanyak 615 item, *food wrapper/label* (pembungkus makanan/label) sebanyak 345 item, *other plastic bag* (kantong plastik lainnya) sebanyak 255 item, *cup/lid* (gelas/tutup gelas plasti) sebanyak 178 item, *other hard* (plastik keras lainnya) sebanyak 94 item, *Other bottle* (botol plastik lainnya) sebanyak 68 item, *other foam* (busa lainnya) sebanyak 55 item, *thong/shoe* (sendal atau sepatu) sebanyak 50 item, *other cloth* (kain lainnya) sebanyak 50 item dan *beverage bottle* (botol minuman) sebanyak 49 item. Seluruh sampah yang mendominasi

ekosistem mangrove Perancak diduga berasal dari lima aliran sungai, yaitu Sungai Loloan, Sungai Budeng, Sungai Tibukleneng, Sungai Samblong, dan Sungai Air Kuning. Sungai-sungai ini bermuara di ekosistem mangrove Perancak, membawa berbagai jenis sampah dari daratan dan menyebarkannya ke seluruh area ekosistem. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Hastuti *et al.* (2014), yang menyatakan bahwa salah satu sumber utama penyumbang sampah laut di ekosistem mangrove adalah sampah dari daratan yang terbawa melalui aliran sungai. Pawar *et al.* (2016) juga menyatakan bahwa sungai memiliki peran penting dalam alur buangan sampah dari berbagai sumber yang berada di darat. Sungai berfungsi sebagai jalur transportasi alami yang mengalirkan sampah dari berbagai lokasi di sepanjang tepinya. Salah satu mekanisme utama adalah aliran *run-off*, di mana air hujan membawa sampah dari area sekitar tepi sungai ke dalam aliran sungai. Selain aliran sungai sebagai sumber pencemar utama, penyebaran sampah di ekosistem mangrove Perancak juga disebabkan oleh jalan umum yang berdekatan dengan area tersebut. Jalan ini dilintasi oleh banyak pengendara setiap hari, yang diduga berkontribusi pada timbulan sampah harian yang akhirnya masuk ke ekosistem mangrove Perancak. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa daerah dengan aktivitas tinggi dinilai sebagai sumber utama masukan sampah plastik yang berasal dari wilayah daratan. Sebagian besar sampah tersebut berupa kemasan produk bekas pakai (Gregory, 1999 dalam Pawar *et al.*, 2016).

3.2 Bentuk dan Ukuran Sampah Laut Ekosistem Mangrove Perancak

Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa bentuk sampah yang dominan di ekosistem mangrove Perancak adalah *whole* (utuh) sebanyak 1.515 item (78,25%) sementara bentuk *fragmen* mencapai 421 item (21,75%). Pada kelas *hard plastic* (plastik keras), sebanyak 62% sampah ditemukan dalam bentuk utuh dan 38% dalam bentuk fragmen. *Soft plastic* (plastik lembut) juga didominasi oleh sampah utuh dengan persentase 72%, sementara fragmen hanya 28%. Hal serupa terjadi pada kelas *plastic straps* (tali plastik) dan *fishing* (sampah pancing), dimana sampah *whole* (utuh) masing-masing mencapai 87% dan 96%. Kelas *metal* (logam) menunjukkan 89% sampah berbentuk *whole* (utuh) dan 11% fragmen. Sementara itu, pada kategori *glass* (kaca), terdapat 63% sampah utuh dan 37% fragmen. Yang menarik, kategori *rubber* (karet) dan *foam* (busa) memiliki persentase fragmen yang lebih tinggi dibandingkan utuh, masing-masing 56% dan 58%. Kelas *cloth* (kain), 54% sampah ditemukan dalam bentuk utuh dan 46% fragmen. *Timber* (kayu) didominasi oleh sampah utuh sebesar 94%, sedangkan fragmen hanya 6%. Kategori *paper* (kertas) juga memiliki lebih banyak sampah utuh (65%) dibandingkan fragmen (35%).

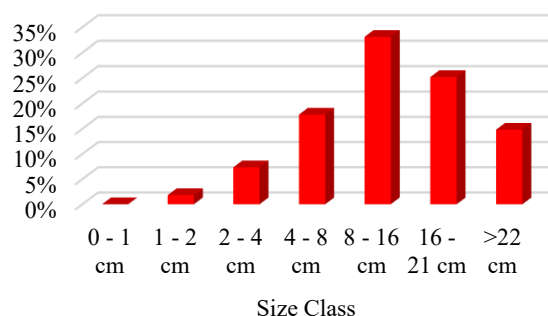


Gambar 4. Persentase bentuk pada setiap kelas sampah

Kategori *miscellaneous* (lain-lain) menunjukkan bahwa 83% sampah ditemukan dalam bentuk utuh dan 17% dalam bentuk fragmen. Sementara itu, kategori *other* (lainnya) hampir seluruhnya berupa sampah utuh, yaitu 99%, dengan hanya 1% fragmen. Keberadaan bentuk sampah ini di lingkungan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk lamanya waktu sampah berada di sana, kondisi lingkungan di sekitarnya, serta keadaan bentuk sampah saat pertama kali masuk ke lingkungan tersebut (Zarfl *et al.*, 2011). Zarfl *et al.* (2011) juga menjelaskan bahwa proses degradasi sampah dalam lingkungan mangrove dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik dan biologis. Paparan sinar UV, pengikisan oleh air dan angin, serta interaksi dengan organisme hidup di sekitarnya dapat menyebabkan perubahan bentuk dan ukuran sampah.

Ukuran sampah dominan yang ditemukan di ekosistem mangrove Perancak adalah sampah dengan ukuran 8-16 cm² (*Size class 5*) sebanyak 33,08%, menunjukkan bahwa sampah berukuran menengah besar mendominasi lingkungan ini. Kemudian, sampah dengan ukuran 16-21 cm² (*Size class 6*) mengikuti dengan persentase sebesar 25,18%, menunjukkan bahwa sampah besar juga cukup umum di area ini. Selanjutnya, sampah dengan ukuran lebih dari 22 cm² (*Size class 7*) ditemukan sebanyak 14,81%, menunjukkan bahwa sampah sangat besar juga memiliki kehadiran yang signifikan di ekosistem mangrove Perancak. Ukuran sampah 4-8 cm² (*Size class 4*) memiliki persentase 17,80%, yang masih cukup besar, menandakan bahwa sampah menengah juga banyak ditemukan di lingkungan ini. Ukuran sampah yang lebih kecil, yaitu 2-4 cm² (*Size class 3*) dan 1-2 cm² (*Size class 2*), ditemukan dengan persentase yang lebih rendah, masing-masing sebesar 7,33% dan 1,81%. Tidak ada sampah yang ditemukan dalam ukuran 0-1 cm² (*Size class 1*), dengan persentase 0%. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sampah di ekosistem mangrove Perancak didominasi oleh sampah berukuran menengah hingga besar, dengan ukuran 8-16 cm² sebagai kategori yang paling banyak ditemukan, sementara sampah yang sangat kecil (1-2 cm² dan 2-4 cm²) lebih jarang (Gambar 5).

Perbedaan ukuran sampah meningkatkan potensi sampah plastik untuk tersebar luas di ekosistem mangrove dan berpotensi masuk ke rantai makanan, sehingga mengancam kesehatan organisme yang hidup di dalamnya. Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Paulus *et al.* (2020) yang menyebutkan semakin besar ukuran sampah akan berdampak fisik seperti menutupi permukaan sedimen, sehingga menghambat pertumbuhan bibit mangrove yang nantinya menjadi habitat biota tertentu yang memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai habitatnya. Sementara itu semakin kecil ukuran partikel sampah laut maka semakin mudah terdorong masuk ke dalam substrat yang kemudian akan bercampur dengan air organik atau partikel sedimen yang dijadikan makanan bagi biota pemakan partikel tersuspensi atau detritus, dan akan menyebabkan gangguan pencernaan bahkan kematian pada biota tersebut.

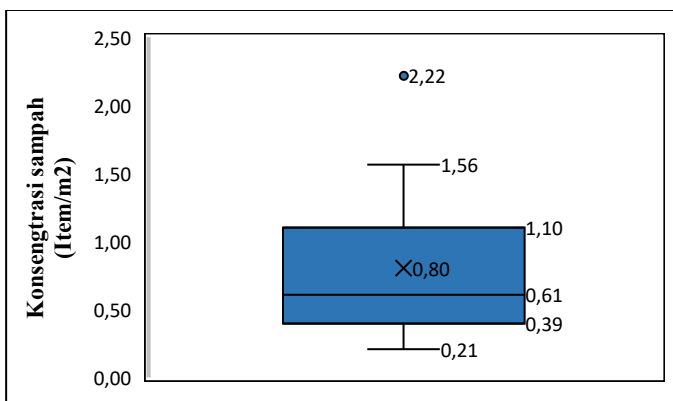


Gambar 5. Ukuran Sampah (*Size Class*)

3.3 Konsentrasi Sampah Laut Ekosistem Mangrove Perancak

Gambar 6 menunjukkan bahwa dari total 42 transek yang diobservasi di 14 titik stasiun pengamatan, didapatkan nilai rata-rata konsentrasi sampah per stasiun sebesar 0,80 item/m², dengan nilai minimum konsentrasi sampah adalah 0,21 item/m² dan nilai maksimum adalah 2,22 item/m². Nilai median konsentrasi sampah adalah 0,61 item/m². Kuartil pertama (Q1) adalah 0,39, sedangkan kuartil ketiga (Q3) adalah 1,10 item/m², dan rentang interkuartil (IQR) adalah 0,71 item/m², menunjukkan variasi konsentrasi sampah di sebagian besar data.

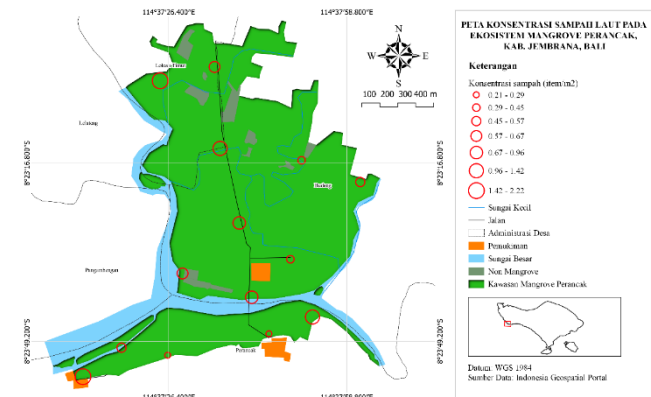
Distribusi konsentrasi sampah pada ekosistem mangrove Perancak per stasiun menunjukkan *skewness positif*. Distribusi yang cenderung positif dapat dilihat dari *whisker* atas pada boxplot yang lebih panjang dibandingkan dengan *whisker* bawah, menunjukkan distribusi data yang condong ke arah kanan (*positive skewness*). Konsentrasi sampah cenderung tersebar pada nilai konsentrasi sampah yang rendah. Kecenderungan distribusi data yang condong ke arah kanan ini mengindikasikan adanya ketidakseimbangan dalam sebaran data. Distribusi yang tidak simetris ini menunjukkan bahwa terdapat lebih banyak data yang memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan nilai yang lebih tinggi. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor karakteristik wilayah tiap stasiun penelitian yang bervariasi ataupun dipengaruhi oleh potensi sumber sampah yang berhubungan langsung dengan stasiun penelitian. Seperti diketahui dari data yang didapat, stasiun penelitian yang langsung berpapasan dengan potensi sumber sampah seperti sungai dan jalan cenderung memiliki nilai konsentrasi yang tinggi daripada stasiun yang jauh dari kedua potensi sumber sampah tersebut.



Gambar 6. Boxplot nilai konsentrasi sampah pada 14 stasiun Distribusi Sampah Laut Ekosistem Mangrove Perancak

Peta sebaran konsentrasi sampah laut di kawasan ekosistem mangrove Perancak (Gambar 7), terlihat adanya variasi distribusi sampah di berbagai lokasi dalam kawasan tersebut. Konsentrasi tertinggi, yakni 1,42 hingga 2,22 item/m², terutama terlihat di area dekat muara sungai besar. Aliran sungai ini merupakan sumber utama penyumbang sampah di kawasan tersebut. Menurut Mongabay (2019), sekitar 452 ton atau 11% dari 52% sampah yang belum dikelola dengan baik di wilayah Provinsi Bali berakhir di saluran air. Dalam kasus ini, jumlah sampah terbanyak ditemukan di sungai, mencapai 20,7 ton per kilometer persegi. Penelitian oleh Hastuti *et al.* (2014) juga menyebutkan bahwa pada ekosistem mangrove, yang menjadi tempat bermuaranya aliran sungai, sumber utama pencemarnya adalah sungai itu sendiri. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya pengelolaan sampah yang lebih baik di daratan untuk mencegah akumulasi sampah di ekosistem mangrove.

Konsentrasi sampah sedang (0,67 - 0,96 item/m²) tersebar di beberapa titik di dalam kawasan mangrove, menunjukkan bahwa sampah tidak terkonsentrasi hanya di satu tempat tetapi menyebar di beberapa area. Berdasarkan penelitian Hastuti *et al.* (2014), hal tersebut biasanya terjadi karena faktor banjir saat musim hujan, di mana debit air yang tinggi dapat mentransportasikan makrodebris hingga batas mangrove terdalam. Konsentrasi sampah yang lebih rendah (0,21-0,29 item/m²) ditemukan di area yang jauh dari potensi sumber sampah. Hasil ini sejalan dengan pernyataan Lattin *et al.* (2004), yang menyebutkan bahwa jarak mempengaruhi kelimpahan makrodebris; semakin jauh dari sumber pencemaran sampah, kelimpahan makrodebris semakin rendah. Penyebaran sampah yang bervariasi ini mencerminkan kompleksitas dinamika lingkungan di ekosistem mangrove. Saat musim hujan, aliran air yang deras tidak hanya membawa sampah dari daerah hulu tetapi juga menyebarkannya ke berbagai bagian pada ekosistem mangrove.



Gambar 7. Peta sebaran konsentrasi sampah laut di kawasan ekosistem mangrove Perancak

3.4 Generalized Additive Model (GAM)

Berdasarkan hasil uji model dengan menggunakan metode *Generalized Additive Model* (GAM) pada penelitian ini, faktor karakteristik wilayah (*backshore type*) di kawasan ekosistem mangrove Perancak tidak signifikan secara statistik dalam mempengaruhi variabel respons, yaitu konsentrasi sampah. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Effendi *et al.* (2022) dalam penelitiannya pada ekosistem mangrove TAHURA Ngurah Rai Bali menemukan bahwa karakteristik wilayah (*backshore type*) di kawasan tersebut tidak secara signifikan mempengaruhi keberadaan sampah di lokasi tersebut. Akan tetapi dalam analisis regresi terhadap uji koefisien determinasi yang digunakan untuk mengukur seberapa jauh model dapat menjelaskan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang dalam penelitian ini yaitu konsentrasi sampah dengan sumber sampah potensial menghasilkan nilai yang signifikan. Model ini menghasilkan nilai adjusted (R²) sebesar 0,319 yang dimana hal ini berarti bahwa 31,9% keberadaan konsentrasi sampah di ekosistem mangrove Perancak dapat dijabarkan oleh variabel sumber potensial sampah yaitu *Dist River* dan *Dist Road*. Dibandingkan dengan penelitian Effendi *et al.* (2022) pada ekosistem mangrove TAHURA Ngurah Rai Bali menghasilkan nilai adjusted (R²) yang lebih kecil yaitu sebesar 25,3%, hal ini tentunya menandakan model yang dihasilkan cukup baik. Selain itu dilakukan juga uji validasi dan konsistensi model dengan menggunakan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP) dan Uji Korelasi Pearson. Nilai RMSEP didapatkan sebesar 0,595 dimana nilai RMSEP yang kecil menandakan model yang dibentuk semakin akurat dalam menghasilkan nilai dugaan (Brockwell & Davis, 2002). Hal ini di validasi Kembali dengan nilai uji korelasi Pearson sebesar 0,65,

dimana menurut Setiawan (2004) rentang nilai korelasi Pearson 0,50-0,69 menandakan nilai dugaan yang di hasilkan memiliki hubungan yang kuat.

Berdasarkan hasil model yang diperoleh dari dua variabel sumber potensial sampah, yaitu *Dist River* dan *Dist Road*, ditemukan bahwa jarak Sungai (*Dist River*) terhadap lokasi penelitian memiliki nilai p-value terkecil sebesar 0.035*, yang berada di bawah ambang batas signifikansi 0,05. Hal ini mengindikasikan adanya hubungan yang signifikan antara jarak Sungai dengan keberadaan sampah di kawasan ekosistem mangrove Perancak. Model ini juga mendukung hipotesis awal yang menyatakan bahwa lima sungai, yaitu Sungai Loloan, Sungai Budeng, Sungai Tibukleneng, Sungai Samblong, dan Sungai Air Kuning, yang bermuara di ekosistem mangrove Perancak, merupakan sumber potensial keberadaan sampah di kawasan tersebut. Temuan ini selaras dengan pernyataan Pawar *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa sungai berperan penting dalam mengalirkan sampah dari berbagai sumber darat. Aliran sungai dapat membawa sampah dari sekitar tepi sungai, serta sampah yang sengaja dibuang melalui jalur sungai, sehingga berkontribusi pada akumulasi sampah di ekosistem sungai dan sekitarnya.

Factor	Estimate	Standart Error	t-value	Pr(> t)
Karakteristik Wilayah (Backshore Type)				
(Intercept)	-0.02763	0.27537	-0.100	0.920656
Backshore type River	-0.18642	0.37520	-0.497	0.622403
Backshore type Road	-0.51766	0.38673	-1.339	0.189342
Backshore type Shrub	-1.39445	0.37724	-3.696	0.000744*
Backshore type Urban Building	0.64260	0.51014	1.260	0.216129
Sumber Potensial				
Covariate	K	edf	k-index	p-value
<i>Dist River</i>	9	1	0.72	0.035*
<i>Dist Road</i>	9	1	1.03	0.620

Catatan: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1

Keberadaan sampah laut yang tidak terkelola dengan baik di lingkungan ini tentunya dapat menjadi sebuah ancaman bagi ekosistem kawasan tersebut. Paulus *et al.*, (2020) menyebutkan semakin besar ukuran sampah akan berdampak fisik seperti menutupi permukaan sedimen, sehingga menghambat pertumbuhan bibit mangrove yang nantinya menjadi habitat biota tertentu yang memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai habitatnya. Sementara itu semakin kecil ukuran partikel sampah laut maka semakin mudah terdorong masuk ke dalam substrat yang kemudian akan bercampur dengan air organik atau partikel sedimen yang dijadikan makanan bagi biota pemakan partikel tersuspensi atau detritus, dan akan menyebabkan gangguan pencernaan bahkan kematian pada biota tersebut. Menurut Smith (2012), makrodebris memberikan dampak secara fisik terhadap kehidupan mangrove seperti menutup permukaan sedimen sehingga memperburuk tumbuh hidup mangrove seperti mencegah pertumbuhan semai mangrove. Maka dari itu penting menjaga kelestarian kawasan ekosistem mangrove Perancak agar bebas dari pencemaran sampah laut.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di kawasan ekosistem mangrove Perancak terkait karakteristik dan distribusi sampah laut, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik sampah laut di ekosistem mangrove Perancak didominasi oleh sampah jenis plastik sebesar 89%. Jenis sampah plastik tersebut merupakan 72% berasal dari kelas *soft plastic* (plastik lunak). Bentuk sampah laut yang dominan pada ekosistem mangrove Perancak adalah *Whole* (utuh) sebesar 78,25% dan didominasi oleh sampah yang berukuran 8-16 cm² (*Size class 5*) sebanyak 33,08%, Sampah tersebut merupakan limbah hasil sisa aktivitas manusia yang sengaja dibuang ataupun terbawa oleh aliran Sungai yang bermuara di ekosistem mangrove perancak.
2. Distribusi konsentrasi sampah tertinggi di ekosistem mangrove Perancak adalah sebesar 2,22 item/m² dengan rata-rata 0,8 item/m². Nilai konsentrasi yang tinggi ini terdapat di lokasi yang langsung berhubungan dengan potensi sumber sampah, yaitu Sungai dan Jalan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada pihak Desa Perancak yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di ekosistem mangrove Perancak.

Daftar Pustaka

- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165–176.
- Bali Partnership. (2019). *Workshop kerjasama pengelolaan sampah plastik pesisir dan laut*. Kantor Gubernur Bali.
- Balai Riset dan Observasi Laut (BROL). (2018). *Panduan Mangrove Estuari Perancak*. Jembrana.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jembrana (BPS). 2020. *Kabupaten Jembrana dalam Angka 2020*. Retrieved from <https://jembranakab.bps.go.id/>. Downloaded 22 february 2024.
- Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. C. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, 45(21), 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- CSIRO. (2014). *Marine Debris Sources, Distribution and Fate of Plastic and Other Refuse – and Its Impact on Ocean and Coastal Wildlife*. www.csiro.au/marine-debris. Downloaded 22 february 2024.
- Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur. (2017). *Dokumen Informasi Kinerja Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur Tahun 2017*. Dinas Lingkungan Hidup.
- ESCAP. (2020). *Changing Sails: Accelerating Regional Actions for Sustainable Oceans in Asia and the Pacific*. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), Bangkok, Thailand.
- Harahap, N. (2010). *Penilaian Ekonomi Ekosistem Hutan Mangrove dan Aplikasi dalam Perencanaan Pesisir*. Yogyakarta.
- Hastuti, A., Yulianda, F., & Wardiatno, Y. (2014). Distribusi spasial sampah laut di ekosistem mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. *Bonorowo Wetlands*, 4(2), 94-107.
- Hendrawan, I. G., Karidewi, M. P., Pratama, G. I. P., Maharta, I. P. R. F., & Adibhusana, M. N. (2019). *Survey dan Monitoring Sampah Laut Pesisir Bali*. Denpasar.
- Hendrawan, I. G., Putra, I. N. G., & Pamungkas, P. B. P. (2019). Karakteristik dan Sebaran Sampah Terdampar di Kawasan Pesisir Taman Nasional Bali Barat. *Journal of Marine Research and Technology*, 4(1), 9-15.
- Horton, A. A., Vijver, M. G., Lahive, E., Spurgeon, D. J., Svendsen, C., Heutink, R., ... & Bass, J. (2018). Acute toxicity of organic pesticides to *Daphnia magna* is unchanged by co-exposure to polystyrene microplastics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 166, 26-34.
- Imran, A., & Efendi, I. (2016). Inventarisasi Mangrove di Pesisir Pantai Cemare Lombok Barat. *JUVE*, 1, 1-5.

- Isman, M. F. (2016). Identifikasi Sampah Laut di Kawasan Wisata Pantai Kota Makassar. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Jang, Y. C., et al. (2014). Sources of plastic marine debris on beaches of Korea: More from the ocean than the land. *Ocean Science Journal*, 49(2), 151-162.
- Karimah, (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 51. <https://doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Publications.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2020). *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.
- Klein, S., Worch, E., & Knepper, T. P. (2015). Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science & Technology*, 49(10), 6070-6076.
- Kustanti, A. (2011). *Manajemen Hutan Mangrove*. IPB Press, Bogor.
- Lattin, G. L., Moore, C. J., Zellers, A. F., Moore, S. L., & Weisberg, S. B. (2004). A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 291-294.
- 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, 1561. <https://doi.org/10.1038/ncomms1561>
- Lestari, D. (2019). Edukasi ecobricks berbasis cinta lingkungan sebagai solusi pengelolaan sampah di Medan Marelan. *Jurnal Kuat*, 1(3), 164-168.
- Lippiatt, S., Opfer, S., & Arthur, C. (2013). *Marine Debris Monitoring and Assessment*. NOAA Technical Memorandum.
- Mongabay. 2019. Inilah data dan sumber sampah terbaru di Bali. <https://www.mongabay.co.id/2019/07/02/inilah-data-dan-sumber>. Downloaded 22 february 2024.
- NOAA. (2015). *Turning the Tide on Trash: A Learning Guide on Marine Debris*. NOAA PIFSC CRED.
- 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>
- Paulus, C. A., Soewarlan, L. C., & Ayubi, A. A. (2020). Distribution of Marine Debris in Mangrove Ecotourism Area in Kupang, East Nusa Tenggara, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 13(5), 2897-2909.
- Pawar, P. R., Shirgaonka, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic marine debris: Sources, distribution, and impacts on coastal and ocean biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40-54.
- Possatto, F. E., Barletta, M., Costa, M. F., do Sul, J. A., & Dantas, D. V. (2011). Plastic debris ingestion by marine catfish: An unexpected fisheries impact. *Marine Pollution Bulletin*, 62(5), 1098-1102.
- Proisy, C., Viennois, G., Sidik, F., Andayani, A., Enright, J. A., Guitet, S., ... & Prospero, J. (2018). Monitoring mangrove forests after aquaculture abandonment using time series of very high spatial resolution satellite images: A case study from the Perancak estuary, Bali, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.056>
- Ryan, P. G., Moore, C. J., Van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 1999-2012. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207>
- SCBD-STAP. (2012). Impacts of Marine Debris on Biodiversity: Current Status and Potential Solutions. Montreal Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Schuyler, Q., Willis, K., Lawson, T. J., Mann, V., & Wilcox, C. (2018). Handbook of Survey Methodology Plastics Leakage (developed for CSIRO Global Plastic Pollution Project). *CSIRO*.
- Setiawan. (2004). *Metode Penelitian Survei*. LP3ES, Jakarta
- Smith, S. D. A. (2012). Marine debris: A proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Marine Pollution Bulletin*, 9, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.06.013>
- Susiana. (2015). Analisis kualitas air ekosistem mangrove di estuari Perancak, Bali. *Agrikan: Jurnal Agribisnis dan Perikanan*, 8(1), 1-10.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2011). *UNEP Year Book 2011: Emerging Issues in Our Global Environment*. UNEP, Nairobi Kenya.
- Wijaya, A. (2015). Karakteristik perairan di estuari Perancak, Jembrana, Bali. BROL, Jembrana
- Zarfl, C. (2011). Microplastics in oceans. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1589-1591.