

## Kategori dan Emisi Sampah Laut (*Macro-debris*) Pada Muara Sungai Di Teluk Benoa, Bali

Catherina Brighida Br Purba<sup>a\*</sup>, Yulianto Suteja<sup>a</sup>, Ima Yudha Perwira<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

<sup>b</sup>Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

\*Corresponding author, email: [catherinabrighida@gmail.com](mailto:catherinabrighida@gmail.com)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article history:

Received: 14 September 2024

Received in revised form: 19 November 2024

Accepted: 20 Desember 2024

Available online: 28 Februari 2025

#### Keywords:

Macro debris, Plastic, Emissions, River Estuary, Benoa Bay

The worldwide issue of marine garbage negatively impacts the ecosystem, marine life, and people. Waste from the land that reaches the sea through rivers is one of the primary causes of marine trash. This investigation aimed to determine the kind and emission of macro marine debris. The Badung, Loloan, Sama, and Punggawa Rivers are the four river estuaries of Benoa Bay, where the research was carried out in April 2024, during the first transitional season. A net was used to gather macro debris samples for 20 minutes, and the process was repeated thrice. Plastic was the most prevalent macro-debris type in all four river estuaries, with food wrappers, plastic bags, and plastic bottles being the most often discovered types. The four estuaries' daily macro-waste emissions were 13,752 pieces or 139,584 kg. According to the One Way ANOVA statistical test findings, there was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the quantity and weight of macro-waste from each research location. Since the settlement distance and density vary by location. The Punggawa River Estuary had the lowest emission of marine debris, at  $2376 \pm 259.59$  items/day, or  $20.80 \pm 6.59$  kg/day, while the Badung River Estuary had the highest, at  $4824 \pm 792$  items/day, or  $63.40 \pm 23.57$  kg/day. The study's ramifications highlight how urgent trash management is in the Benoa Bay River Estuary. In order to lessen the detrimental effects of trash on Bali's marine ecosystem, particularly in the seas of Benoa Bay, better management practices are required.

### ABSTRAK

Ekosistem, kehidupan laut, dan manusia terdampak secara negatif oleh masalah sampah laut yang mendunia. Sampah dari daratan yang mencapai laut melalui sungai adalah salah satu penyebab utama sampah laut. Mengetahui jenis dan emisi sampah laut makro merupakan tujuan dari penelitian ini. Sungai Badung, Loloan, Sama, dan Punggawa adalah empat muara sungai di Teluk Benoa yang menjadi lokasi penelitian yang dilakukan pada bulan April 2024, selama musim peralihan pertama. Jaring digunakan untuk mengumpulkan sampel sampah makro selama 20 menit, dan proses ini diulang sebanyak tiga kali. Plastik merupakan jenis sampah makro yang paling banyak ditemukan di keempat muara sungai, dengan bungkus makanan, kantong, dan botol plastik yang paling sering ditemukan. Emisi makro harian di keempat muara sungai adalah 13.752 item, atau 139,584 kg. Berdasarkan hasil uji statistik One Way ANOVA, terdapat perbedaan yang signifikan ( $p < 0,05$ ) dalam jumlah dan berat sampah makro di setiap lokasi penelitian. Hal ini diduga karena jarak pemukiman dan kepadatan penduduk yang berbeda. Muara Sungai Punggawa menghasilkan sampah laut terendah, yaitu  $2376 \pm 259,59$  item/hari, atau  $20,80 \pm 6,59$  kg/hari, sedangkan Muara Sungai Badung menghasilkan sampah laut tertinggi, yaitu  $4824 \pm 792$  item/hari, atau  $63,40 \pm 23,57$  kg/hari. Hasil penelitian ini menyoroti betapa mendesaknya pengelolaan sampah di Muara Sungai Teluk Benoa. Untuk mengurangi dampak buruk sampah terhadap ekosistem laut Bali, khususnya di laut Teluk Benoa, diperlukan pengelolaan yang lebih baik.

#### Kata Kunci:

Sampah Makro, Plastik, Muara Sungai, Teluk Benoa

2025 JMRT. All rights reserved.

### 1. Pendahuluan

Material padat buatan manusia atau hasil olahan yang dibuang ke lingkungan laut, baik secara langsung maupun tidak langsung, sengaja maupun tidak sengaja, disebut sebagai sampah laut (NOAA, 2013). Salah satu masalah lingkungan global yang berdampak pada keseimbangan ekologi dan kesehatan manusia adalah sampah laut (Aragaw, 2021). Kaca, logam, kertas, dan plastik adalah bentuk sampah laut yang paling banyak ditemukan

(Zaini *et al.*, 2022). Mega ( $>1$  m), makro ( $>2,5$  cm - 1 m), meso ( $>5$  mm - 2,5 cm), mikro (1  $\mu$ m - 5 mm), dan nano ( $<1$   $\mu$ m) adalah kelompok ukuran sampah laut yang dibagi menjadi beberapa kelompok (Lippiatt *et al.*, 2013).

Diperkirakan 4.281 ton sampah dihasilkan setiap hari di Bali, atau 1,5 juta ton per tahun. Jumlah tersebut terdiri dari 60% sampah organik, 20% sampah plastik, 11% sampah kertas, dan 9% sampah logam, kaca, dan sampah lainnya. Sampah yang tidak terkelola mencapai 52% dari total ini, lebih tinggi dari sampah yang

terkelola (48%) (Bali Partnership, 2019 dalam Utama, 2023). Keberadaan sampah di lingkungan laut ini tentunya tidak lepas dari sumber penghasilnya di lingkungan darat. Hampir 80% sampah daratan masuk ke laut melalui sungai dari daerah industri atau pemukiman padat penduduk (Schwarz *et al.*, 2019). Sungai merupakan salah satu jalur utama masukan sampah dari darat ke laut (Pawar *et al.*, 2016). Menurut Lebreton *et al.* (2017), sungai-sungai di seluruh dunia diperkirakan mengangkut 1,15 hingga 2,41 ton sampah plastik dari daratan ke lautan setiap tahunnya. Studi ini juga menemukan bahwa mayoritas dari 20 sungai yang paling terkontaminasi di dunia berada di Asia. Empat dari 20 sungai tersebut, yaitu Sungai Brantas, Sungai Solo, Sungai Serayu, dan Sungai Progo, berada di Indonesia. Masukan sampah ini menimbulkan ancaman yang semakin besar bagi lingkungan laut karena berdampak negatif pada biota, manusia, dan ekosistem pesisir, termasuk ekosistem mangrove (Assuyuti *et al.*, 2018).

Perairan Teluk Benoa merupakan salah satu wilayah di Provinsi Bali yang rentan terkontaminasi oleh sampah laut. Aktivitas pemukiman penduduk, wisata olahraga air, dan aktivitas Pelabuhan Benoa merupakan beberapa kegiatan yang berlangsung di perairan Teluk Benoa. Keberadaan beberapa sungai yang bermuara di Teluk Benoa, seperti Sungai Badung, Mati, Sama, Punggawa, Bualu, Ngenjung, dan Loloan, diduga turut berkontribusi terhadap sampah laut yang dibawa oleh aktivitas-aktivitas tersebut ke perairan Teluk Benoa (Ernawati dan Restu, 2021).

Adapun penelitian di Indonesia tentang masukan sampah laut dari muara sungai telah dilakukan oleh Cordova dan Nurhati (2019) mengkaji penyebab utama dan fluktuasi bulanan debit sampah laut di sembilan muara sungai di Teluk Jakarta. Selain itu Lebreton *et al.* (2017) juga mengkaji emisi plastik dari sungai secara global. Pada perairan Teluk Benoa telah dilakukan beberapa penelitian untuk mengkaji keberadaan sampah laut, dimana penelitian Nugroho *et al.*, (2018) melaporkan tentang kelimpahan sampah laut dan Raintung *et al.*, (2021) telah mengkaji rasio jumlah sampah laut di Teluk Benoa. Akan tetapi, aspek sumber dari keberadaan sampah laut ini hanya mengkaji pada sampah jenis plastik, dan secara khusus mikroplastik. Studi ini diperlukan untuk mengidentifikasi kategori dan masukan sampah laut di empat muara sungai, yaitu Sungai Badung, Loloan, Punggawa, dan Sama di perairan Teluk Benoa, sebagaimana Suteja *et al.* (2021) juga mencatat bahwa belum ada data mengenai emisi sampah dari sungai-sungai di Bali.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Waktu dan Tempat

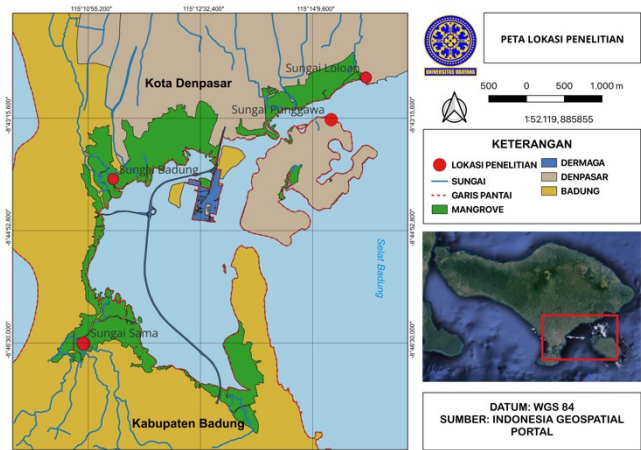
Penelitian dilakukan pada musim peralihan 1 di bulan April 2024 pada Muara Sungai Badung, Sungai Sama, Sungai Loloan, dan Sungai Punggawa. Proses identifikasi jenis sampah laut akan dilakukan di Laboratorium Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Udayana. Lokasi pengambilan sampel sampah laut secara lebih lengkap ditunjukkan pada Gambar 1.

#### 2.1 Pengambilan Sampel Sampah Laut

Pengambilan sampel sampah laut berdasarkan pada penelitian Cordova dan Nurhati, 2019. Pengumpulan sampel menggunakan jaring dengan ukuran mata jaring  $1,5 \times 1,5$  cm. Jaring berukuran panjang 50 meter dan kedalaman 1,5 meter. Untuk memudahkan pengumpulan sampel, sampling dilakukan pada saat air surut. Dari sisi kiri ke kanan muara sungai, jaring dibentangkan secara horizontal. Pengumpulan sampel di setiap sungai dilakukan selama satu hari dengan durasi 20 menit dan diulang sebanyak tiga kali.

#### 2.2 Identifikasi Jenis Sampah Laut

Klasifikasi jenis sampah laut yang dimodifikasi dari NOAA (2013) digunakan untuk mengidentifikasi sampel sampah laut. Plastik, logam, kaca, karet, kayu, dan kain adalah enam kategori yang digunakan untuk mengklasifikasikan sampah laut. Kemudian dibagi lagi menjadi 17 kelompok untuk kategori plastik.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### 2.3 Pengukuran Berat Sampah Laut

Pasir, sampah, dan makanan yang menempel pada sampel dibersihkan, kemudian sampah laut yang telah dikumpulkan dikeringkan. Setelah dikumpulkan dan dikeringkan, sampah laut ditimbang dengan timbangan digital.

### 2.4 Perhitungan Emisi Sampah Laut

Sampel sampah laut yang telah diidentifikasi dan diukur kemudian dianalisis dengan menggunakan persamaan 1 (Cordova & Nurhati, 2019).

$$D = \frac{N}{t} \times \frac{24 \times 60 \text{ menit}}{1 \text{ hari}} \quad 1)$$

Keterangan:

D = pelepasan puing-puing (jumlah (item/hari) atau berat per hari)  
N = jumlah (item) atau berat (gram) sampah yang terkumpul; dan  
t = waktu pengamatan di setiap lokasi (menit)

### 2.5 Analisis data

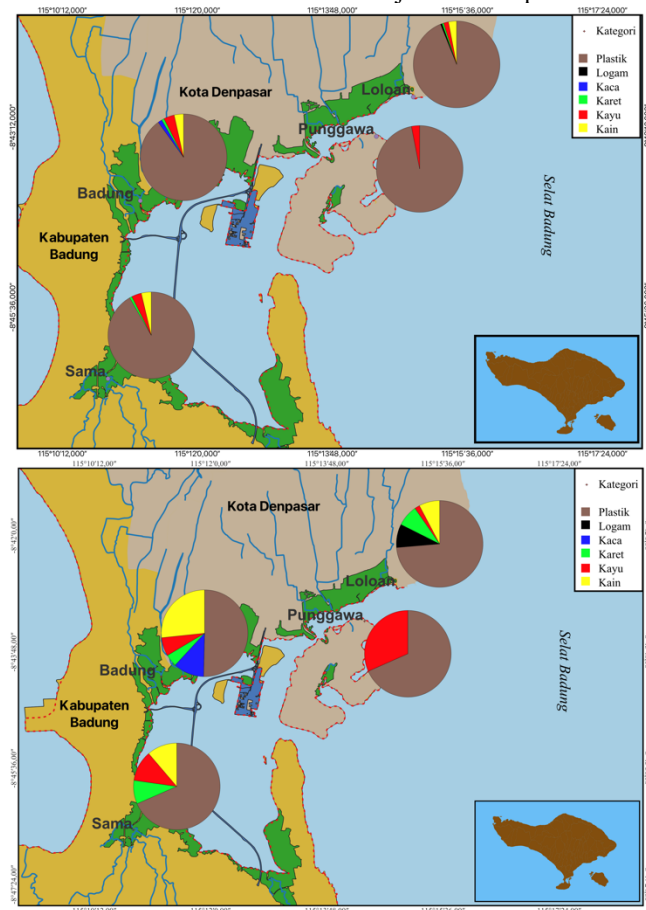
Seluruh hasil penelitian dianalisis secara deskriptif. Proses Analisa data menggunakan program Microsoft Excel dan Past 4.3. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis statistik untuk mengetahui variasi kelimpahan (jumlah item dan berat) antar lokasi pada penelitian ini menggunakan uji ANOVA menggunakan Microsoft Excel.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Kategori Jenis Sampah Laut Makro

Pada penelitian ini, sampah laut yang ditemukan di Muara Sungai Badung, Loloan, Punggawa, dan Sama terdiri dari plastik, logam, kaca, karet, kayu, dan kain. Gambar 2 menunjukkan jenis-jenis sampah laut yang ditemukan. Berdasarkan hasil data menunjukkan bahwa plastik sebagai jenis sampah tertinggi yang masuk ke Muara Sungai Badung (Gambar 2), yang menyumbang 90% dari kelimpahan ( $4.344 \pm 756,28$ ) item/hari atau 50% menurut beratnya ( $31,94 \pm 5,60$ ) kg/hari dari total sampah yang terkumpul. Muara Sungai Loloan, plastik mewakili 94% kelimpahan ( $3.720 \pm 809,26$ ) item/hari atau 74% menurut beratnya ( $24,91 \pm 4,71$ ) kg/hari. Pada Muara Sungai Sama plastik 92% melimpah ( $2.376 \pm 144$ ) item/hari atau 68% menurut beratnya ( $14,76 \pm 3,13$ ) kg/hari dari total sampah yang terkumpul. Sedangkan pada Muara Sungai

Punggawa, plastik mewakili 97% kelimpahan ( $2.304 \pm 249,41$ ) item/hari atau 68% menurut beratnya ( $14,23 \pm 1,72$ ) kg/hari. Korelasi jumlah dan berat dari semua jenis sampah ditemukan nilai sebesar ( $r = 0,98$ ), berdasarkan korelasinya dapat dilihat bahwa plastik menunjukkan korelasi yang kuat dan positif antara jumlah dan berat dari semua jenis sampah lainnya.



**Gambar 2.** Peta kategori sampah menurut jumlah item (atas) dan berat (bawah) di empat Muara Sungai Teluk Benoa

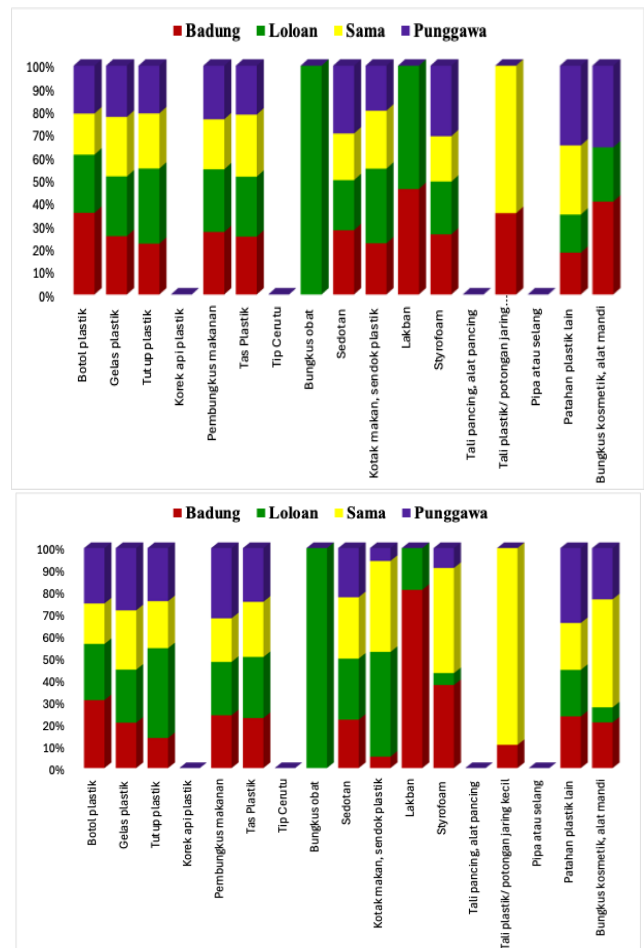
Sampah lain yang mendominasi adalah sampah jenis kayu yang menyumbang 4% dari kelimpahan ( $192 \pm 149,87$ ) item/hari atau 7% menurut beratnya ( $4,36 \pm 1,11$ ) kg/hari yang ditemukan di Sungai Badung. Di Muara Sungai Loloan, sampah kayu mewakili 2% kelimpahan ( $72 \pm 72$ ) item/hari atau 2% menurut beratnya ( $0,64 \pm 0,68$ ) kg/hari. Pada Muara Sungai Sama sampah kayu 4% melimpah ( $96 \pm 41,56$ ) item/hari atau 11% menurut beratnya ( $2,47 \pm 0,23$ ) kg/hari dari total sampah yang terkumpul. Dan Muara Sungai Punggawa, sampah kayu mewakili 3% kelimpahan ( $72 \pm 72$ ) item/hari atau 32% menurut beratnya ( $6,57 \pm 7,55$ ) kg/hari.

Studi ini menunjukkan bahwa sampah laut makro ada di setiap lokasi pengamatan. Menurut hasil penelitian, sampah plastik menyumbang sebagian besar komposisi sampah makro baik dari segi jumlah maupun berat (Gambar 2). Studi ini didukung oleh studi sebelumnya yang dilakukan di Indonesia, yang menemukan bahwa sampah plastik mendominasi jika dibandingkan dengan kategori sampah lainnya, (Purba *et al.*, 2018; Sudirman *et al.*, 2021; Widyarsana *et al.*, 2020; Astuti *et al.*, 2023). Sampah plastik tidak hanya ditemukan mendominasi di Indonesia saja, melainkan juga mendominasi di seluruh dunia (Jang *et al.*, 2014; Kusui and Noda, 2003; Schaduw *et al.*, 2021; Zhou *et al.*, 2011).

Dalam penelitian ini komposisi jenis sampah terendah ditemukan pada jenis logam dan kaca. Sampah logam hanya ditemukan pada Muara Sungai loloan dengan kelimpahan sebesar 1% ( $24 \pm 41,56$ ) item/hari atau 9% menurut beratnya ( $2,95 \pm 4,17$

kg/hari dan sampah kaca hanya ditemukan pada Muara Sungai Badung dengan kelimpahan sebesar 1% ( $72 \pm 72$ ) item/hari atau 12% menurut beratnya ( $7,29 \pm 10,35$ ) kg/hari. Hasil penelitian ini menemukan sampah jenis logam (kaleng aerosol) dan kaca rendah. Hal ini diduga karena penelitian ini menggunakan jaring dimana massa material tersebut yang tinggi, menyebabkan kedua sampah jenis ini lebih cepat tenggelam ke dasar sehingga sulit terperangkap dalam jaring yang dirancang untuk menangkap material yang melayang di kolom perairan sungai.

Korelasi antara berat dan jumlah semua jenis sampah yang ditemukan adalah ( $r = 0,98$ ). Korelasi ini menunjukkan bahwa sampah plastik secara signifikan lebih berat dan jumlahnya lebih banyak daripada jenis sampah lainnya.



**Gambar 3.** Persentase sampah yang dikumpulkan di empat Muara Sungai yang ada di Teluk Benoa dengan 17 kategori plastik berdasarkan jumlah (atas) dan berat (bawah).

Pembungkus makanan mewakili sampah yang paling banyak dalam kategori plastik (Gambar 3). Dengan kelimpahan sebesar, sekitar 24%, 24%, dan 21% dari sampah plastik yang ditemukan pada Muara Badung, Loloan dan Sama. Di Muara Badung barang plastik lainnya yang melimpah tas plastik 15%, patahan plastik lain 13% dan botol plastik. Barang plastik lainnya yang melimpah di Muara Loloan tas plastik 16%, tutup plastik 12% dan patahan plastik lain. Di Muara Sama sampah plastik lainnya yang melimpah tas plastik 17%, patahan plastik lain 14%, gelas plastik dan tutup plastik 10%. Sedangkan pada Muara Punggawa sampah plastik yang melimpah antara lain pembungkus makanan 20%, tas plastik 13%, dan sedotan 9%. Dilihat dari beratnya, plastik yang termasuk dalam kategori botol plastik dominan di Badung (31%), kategori tas plastik dominan di Muara Sungai Loloan (29%), Muara Sungai Sama (29%) dan juga Muara Sungai Punggawa (24%).



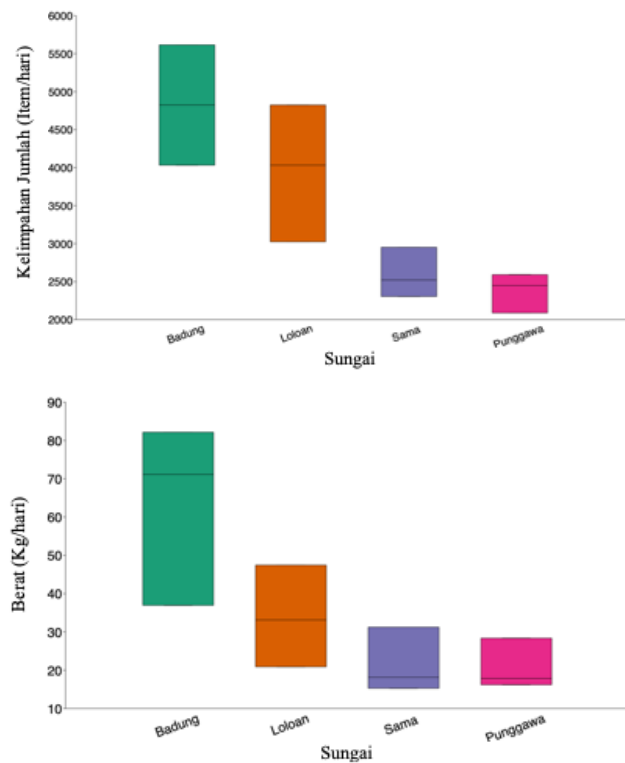
Kategori plastik yang banyak ditemui dalam penelitian ini meliputi pembungkus makanan, tas, dan botol (Gambar 3). Aktivitas antropogenik, termasuk aktivitas rumah tangga dan pariwisata, adalah penyebab sampah jenis ini (Maione, 2021). Sampah jenis ini ditemukan paling banyak, diduga karena DAS (Daerah Aliran Sungai) pada penelitian ini melewati permukiman penduduk sehingga membawa sampah dari hasil kegiatan rumah tangga. Penggunaan plastik yang berlebihan oleh sebagian besar masyarakat, di mana plastik menjadi bahan utama dalam kemasan produk karena harganya yang terjangkau, tahan lama, ringan, dan murah, akan mengakibatkan melimpahnya sampah plastik (Derraik, 2002). Tingginya kelimpahan sampah plastik didukung oleh pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi yang pesat di Indonesia (Shahbaz *et al.*, 2013), di mana aktivitas ini berkontribusi terhadap tingginya jumlah sampah plastik (Olivatto *et al.*, 2019). Selain itu, sifatnya yang tidak mudah terurai menyebabkan jumlah plastik akan terus meningkat di lingkungan (Andrady, 2011). Berdasarkan hasil, sampah plastik ditemukan tinggi pada keseluruhan lokasi dikarenakan jenis ini memiliki daya apung yang tinggi, sehingga plastik mudah untuk terbawa oleh aliran sungai dan kemungkinan untuk terdampar di kawasan lain. Pemerintah Provinsi Bali sendiri sudah menetapkan peraturan pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, hal ini diatur dan disetujui dalam Peraturan Gubernur Provinsi Bali No. 97 Tahun 2018 tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai. Namun tingginya sampah yang ditemukan pada penelitian ini menunjukkan masyarakat belum menerapkan kebijakan ini dengan baik.

### 3.2 Emisi Sampah Laut Makro

Berdasarkan hasil diperkirakan rata-rata total pelepasan sampah setiap hari sebanyak  $(13.752 \pm 1.379,32)$  item/hari atau  $(139,584 \pm 49,14)$  kg/hari sampah laut ke Teluk Benoa melalui empat Muara Sungai (Gambar 4). Selama periode pengambilan data, Muara Sungai Badung memiliki masukan sampah makro tertinggi dan juga memberikan kontribusi terbesar dalam hal kelimpahan dan bobot sampah, dengan rata-rata masukan sampah makro di Muara Badung sebesar  $(4.824 \pm 792)$  item/hari atau berat  $(63,40 \pm 23,57)$  kg/hari. Pada Muara Loloan rata-rata masukan sampah sebesar  $3.960 \pm 902,15$  item/hari atau berat  $(33,81 \pm 13,29)$  kg/hari. Muara Sama rata-rata masukan sampah sebesar  $(2.592 \pm 329,94)$  item/hari atau berat  $(21,55 \pm 8,51)$  kg/hari. Sedangkan Muara Punggawa rata-rata masukan sampah sebesar  $(2.376 \pm 259,59)$  item/hari atau berat  $(20,80 \pm 6,59)$  kg/hari.

Menurut hasil uji statistik *One Way ANOVA* ditemukan bahwa kelimpahan sampah makro dalam jumlah dan berat ditemukan memiliki perbedaan yang signifikan dari masing-masing lokasi penelitian ( $p < 0,05$ ). Hal ini diduga karena masing-masing lokasi penelitian memiliki panjang dan lebar DAS yang berbeda dan memiliki kepadatan permukiman yang berbeda-beda.

Emisi sampah makro yang ditemukan di empat muara sungai Teluk Benoa memiliki masukan sampah sebesar  $(13.752 \pm 1.379,32)$  item/hari atau  $(139,584 \pm 49,14)$  kg/hari. Menggunakan metode yang sama, ditemukan masukan sampah makro dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya pada dua muara sungai Teluk Jakarta, yang mana ditemukan sebesar 10176 item/hari pada bulan April 2020 (Cordova *et al.*, 2021). Tingginya emisi sampah laut pada penelitian ini diduga disebabkan oleh perbedaan jumlah muara sungai yang diamati. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Cordova dan Nurhati (2019), dimana pada sembilan muara sungai di Teluk Jakarta mengalami peningkatan emisi sampah sebesar  $97.098 \pm 28.932$  item atau  $23 \pm 7,10$  ton. Selain itu, musim hujan menyebabkan tingginya emisi sampah. Oleh karena itu, variasi musim diperkirakan juga berdampak pada emisi sampah.



**Gambar 4.** Boxplot pelepasan sampah berdasarkan kelimpahan (atas) dan berat (bawah) dari empat Muara Sungai Teluk Benoa.

Berdasarkan hasil penelitian, emisi sampah laut tertinggi ditemukan pada Muara Sungai Badung. Sungai Badung merupakan salah satu sungai besar, dimana DAS Badung ini melewati kawasan Kota Denpasar dan Kabupaten Badung. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN, 2023), Kota Denpasar merupakan penghasil sampah terbesar dengan timbulan sampah sebesar 980.78 ton/hari atau 357,984.70 ton/tahun dan timbulan sampah pada kabupaten Badung sebesar 534.86 ton/hari atau 195,222.49 ton/tahun. Berdasarkan hal tersebut, kedua kawasan ini diduga menjadi sumber utama masukan sampah laut di area penelitian. Kawasan Kota Denpasar dan Kabupaten Badung ditemukan memiliki permukiman padat sehingga aktivitas masyarakat yang ditemukan di lokasi pengamatan juga tinggi. Berdasarkan pengamatan di lokasi, aktivitas masyarakat yang ditemukan berupa aktivitas rumah tangga, rekreasi, dan aktivitas ekonomi lainnya. Tingginya aktivitas manusia di area pengamatan mempengaruhi jumlah kepadatan sampah di area tersebut (Barnes *et al.*, 2009). Selain itu, faktor lingkungan berupa angin, gelombang, musim, dan karakteristik fisik sungai, seperti lebar dan lekukan sungai, juga dianggap berdampak pada kepadatan dan kelimpahan sampah di sungai (Vincent dan Hoellein, 2017). Pengelolaan sampah, lokasi kota, dan struktur infrastruktur hidrolik seperti bendungan dan perangkap sampah juga berdampak pada distribusi dan kelimpahan sampah di saluran air (Merheb *et al.*, 2016; Calcar dan Emmerik, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian ini melaporkan emisi sampah terendah ditemukan pada sungai Punggawa. Berdasarkan pengamatan di lokasi ditemukan DAS hanya melewati kawasan Suwung yang permukimannya tergolong rendah penduduk dan ditemukan beberapa kawasan industri kecil yang diduga hal ini salah satu penyebab rendahnya emisi sampah yang ditemukan di lokasi tersebut. Selain itu, jauhnya jarak antara permukiman dengan muara Sungai Punggawa juga mempengaruhi jumlah masukan sampah. Hal ini didukung oleh pernyataan World Bank, (2018), bahwa pemukiman yang dekat dengan sungai merupakan penyumbang utama sampah yang masuk ke lingkungan sungai.

Timbulan sampah di lokasi pesisir diyakini disebabkan oleh Timbulan sampah di daerah pesisir diduga disebabkan oleh adanya timbulan sampah yang diangkut oleh sungai. Berdasarkan data dari DLHK Badung dalam (Sudiatmika, 2023), 80% sampah di laut bersumber dari aktivitas di permukiman yang terbawa aliran sungai dan perairan lain yang bermuara ke laut. Menurut Lebreton *et al.*, (2017), sungai-sungai di seluruh dunia membuang 1.152,41 juta ton sampah ke lautan setiap tahunnya, dengan Asia menyumbang 86% dari total produksi sampah dunia. Dipercaya bahwa sampah yang terbawa oleh sungai ke lingkungan laut akan kembali ke pantai saat air pasang dan terdampar saat air surut. Penelitian Megawan dan Suryawan, (2019) di Pantai Candikusuma, Jembrana, menunjukkan bahwa sampah laut yang terdampar di sana berasal dari muara sungai di sekitar pantai. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pantai yang berdekatan dengan muara sungai diyakini meningkatkan jumlah sampah yang terdampar (Suteja *et al.*, 2021; Santos *et al.* 2009; Rech *et al.* 2014; Yusra *et al.* 2021).

### Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis sampah yang mendominasi dari empat muara sungai adalah sampah jenis plastik, baik dalam jumlah maupun berat pada masing-masing lokasi penelitian. Kategori plastik yang paling banyak ditemukan berupa pembungkus makanan, tas plastik, dan botol.
2. Emisi sampah tertinggi ditemukan pada muara sungai Badung sebesar  $(4.824 \pm 792)$  item/hari atau menurut berat  $(63,40 \pm 23,57)$  kg/hari, Sedangkan emisi terendah ditemukan pada muara sungai Punggawa sebesar  $(2.376 \pm 259,59)$  item/hari atau menurut berat  $(20,80 \pm 6,59)$  kg/hari.

### Daftar Pustaka

- [NOAA] National Oceanic and Atmospheric Administration. 2013. Programmatic Environmental Assessment (PEA) for the NOAA Marine Debris Program (MDP). Maryland, USA: National Oceanic and Atmospheric Administration. 168 p.
- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605.
- Aragaw, T. A. (2021). The macro-debris pollution in the shorelines of Lake Tana: First report on abundance, assessment, constituents, and potential sources. *Science of the Total Environment*, 797.
- Assuyuti, Y. M., Zikrillah, R. B., Tanzil, M. A., Banata, A., & Utami, P. (2018). Distribusi dan Jenis Sampah Laut serta Hubungannya terhadap Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Panggang, Air, dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta. *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera: A Scientific Journal*, 35(2), 91–102.
- Astuti, A. D., Frimawaty, E., & Dwiyitno, D. (2023). Karakteristik Sampah Sungai dan Perilaku Masyarakat Pesisir Terhadap Sampah Plastik: Studi Kasus di Sungai Pengarengan, Kabupaten Cirebon. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(1), 76–85.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998.
- 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).
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y. (2021). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268, 129360.
- Derraik, J. G. B. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852.
- Ernawati, N. M., & Restu, I. W. (2021). Kondisi Parameter Fisika Dan Kimia Perairan Teluk Benoa, Bali. *Jurnal Enggano*, 6(1), 25–36.
- Jang, Y. C., Lee, J., Hong, S., Lee, J. S., Shim, W. J., & Song, Y. K. (2014). Sources of plastic marine debris on beaches of Korea: More from the ocean than the land. *Ocean Science Journal*, 49(2), 151–162.
- Kusui, T., & Noda, M. (2003). International survey on the distribution of stranded and buried litter on beaches along the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 47(1–6), 175–179.
- 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.
- Lippiatt, S., Opfer, S., & Arthur, C. (2013). *Marine debris monitoring and assessment: recommendations for Monitoring Debris Trends in the Marine Environment*.
- Maione, C. (2021). Quantifying plastics waste accumulations on coastal tourism sites in Zanzibar, Tanzania. *Marine Pollution Bulletin*, 168, 112418.
- Megawan, M. B., & Suryawan, I. B. (2019). Pengelolaan Sampah Di Daya Tarik Wisata Pantai Candikusuma, Desa Candikusuma, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana. *JURNAL DESTINASI PARIWISATA*, 7(2), 239.
- Merheb, M., Moussa, R., Abdallah, C., Colin, F., Perrin, C., & Baghdadi, N. (2016). Hydrological response characteristics of Mediterranean catchments at different time scales: a meta-analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 61(14), 2520–2539.
- Nugroho, D. H., I Wayan Restu, & Ni Made Ernawati. (2018). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 1, 80–90.
- Olivatto, G. P., Martins, M. C. T., Montagner, C. C., Henry, T. B., & Carreira, R. S. (2019). Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 139, 157–162.
- Pawar, P., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. (2016). *Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity*.
- Purba, N. P., Handyman, D. I. W., Pribadi, T. D., Syakti, A. D., Pranowo, W. S., Harvey, A., & Ihsan, Y. N. (2019). Marine debris in Indonesia: A review of research and status. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 146, pp. 134–144). Elsevier Ltd.
- Raintung, F. A., Hendrawan, I. G., & Widiastuti. (2021). Rasio Jumlah Mikroplastik dan Plankton di Kawasan Perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 4(2), 8–15.
- Rech, S., Macaya-Caquilpán, V., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., Jofre Madariaga, D., & Thiel, M. (2014). Rivers as a source of marine litter - A study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 82(1–2), 66–75.
- Ryan, P. G., Moore, C. J., Van Franeker, J. A., & Moloney, C. L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. In *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 364, Issue 1526, pp. 1999–2012). Royal Society.
- Santos, I. R., Friedrich, A. C., & Ivar do Sul, J. A. (2009). Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 148(1–4), 455–462.
- Schaduw, J. N. W., Bachmid, F., Ronoko, S., Legi, K., Oroh, D., Gedoan, V., Kainde, H. V. F., Pantouw, T., & Tungka, A. (2021). Characteristics of Marine Debris in Malalayang Coastal Area, Manado City, North Sulawesi Province. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 9(1), 89.
- Schwarz, A. E., Ligthart, T. N., Boukris, E., & van Harmelen, T. (2019). Sources, transport, and accumulation of different types of plastic litter in aquatic environments: A review study. *Marine Pollution Bulletin*, 143, 92–100.
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. A., Tiwari, A. K., & Leitão, N. C. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 109–121.

- SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. (n.d.). Retrieved July 18, 2024, from <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- Sudiatmika, I. W. A. (2023). Strategi Pengelolaan Sampah Pantai di Kabupaten Badung. *Jurnal Bali Membangun Bali*, 4(3), 209–219.
- 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.
- Utama, W. I. P. (2023). Policy Paper Kebijakan Pengelolaan Sampah Di Provinsi Bali: Problematika Dan Solusi. *Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 2(1), 175–182.
- Van Calcar, C. J., & van Emmerik, T. H. M. (2019). Abundance of plastic debris across European and Asian rivers. *Environmental Research Letters*, 14(12), 124051.
- Vincent, A. E. S., & Hoellein, T. J. (2017). Anthropogenic Litter Abundance and Accumulation Rates Point to Seasonal Litter Sources on a Great Lakes Beach. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 160(1), 72–84.
- World Bank. (2018). *Indonesia Marine Debris Hotspot*.
- Yusra, Y., Erlini, R., Fakultas, D., Dan, P., Kelautan, I., Hatta, U. B., & Fakultas, M. (2021). Komposisi Dan Kepadatan Sampah Laut (Marine Debris) Pantai Purus, K Ota Padang. *Jurnal Katalisator*, 6(1), 74–82.
- Zaini, I. Y., Sigid, H., & Taryono. (2022). Timbulan Sampah Laut di Daerah Muara Aliran Sungai Cemandiri, Teluk Palabuhanratu. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis*, 6(1), 17–26.
- Zhou, P., Huang, C., Fang, H., Cai, W., Li, D., Li, X., & Yu, H. (2011). The abundance, composition and sources of marine debris in coastal seawaters or beaches around the northern South China Sea (China). *Marine Pollution Bulletin*, 62(9), 1998–2007.